

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL



TESIS

“Comparativa en precisión de dos tecnologías en el levantamiento topográfico para ampliación del sistema de agua potable y alcantarillado del distrito de Huariaca – Pasco, 2024”

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR: Suarez Lastra, Luye

ASESOR: Navarro Vasquez, Llermé

HUÁNUCO – PERÚ

2025

U

D

H

**TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:**

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

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Estructuras**AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2020)****CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:****Área:** Ingeniería, Tecnología**Sub área:** Ingeniería civil**Disciplina:** Ingeniería civil**DATOS DEL PROGRAMA:**

Nombre del Grado/Título a recibir: Título

Profesional de Ingeniero Civil

Código del Programa: P07

Tipo de Financiamiento:

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

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 73302007

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 42669761

Grado/Título: Título de maestra en agronomía
(ciencia del suelo)

Código ORCID: 0000-0003-0147-362X

DATOS DE LOS JURADOS:

| Nº | APELLIDOS Y NOMBRES | GRADO | DNI | Código ORCID |
|----|---------------------------------------|--|----------|---------------------|
| 1 | Tuanama Lavi, Jose Wicley | Maestro en gerencia pública | 05860064 | 0000-0002-5148-6384 |
| 2 | Malpartida Valderrama, Yenerit Pamela | Grado de magíster en medio ambiente y desarrollo sostenible mención en gestión ambiental | 22516875 | 0000-0003-2705-4300 |
| 3 | Chiguala Contreras, Yasser Everet | Maestro en ciencias económicas, mención: proyectos de inversión | 18081080 | 0000-0001-5877-9377 |



UDH
UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
www.udh.edu.pe

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

**PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL
FILIAL LEONCIO PRADO**

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO(A) CIVIL**

En la ciudad de Tingo María, siendo las 17:15 pm horas del día **jueves 04 de diciembre de 2025**, en el Aula 301 – EDIF2 de la Filial Leoncio Prado, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron los Jurados Calificadores integrado por los docentes:

| | |
|--|------------|
| • MG. JOSE WICLEY TUANAMA LAVI | PRESIDENTE |
| • MG. YENERIT PAMELA MALPARTIDA VALDERRAMA | SECRETARIO |
| • MG. YASSER EVERET CHIGUALA CONTRERAS | VOCAL |

Nombrados mediante la RESOLUCIÓN N° 2591-2025-D-FI-UDH, para evaluar la Tesis intitulada: “COMPARATIVA EN PRECISIÓN DE DOS TECNOLOGIAS EN EL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO PARA AMPLIACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y ALÇANTARILLADO DEL DISTRITO DE HUARIACA – PASCO, 2024”, presentado por el (la) Bachiller Luye, SUAREZ LASTRA para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil.

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

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) Aprobado por unanimidad con el calificativo cuantitativo de 14... y cualitativo de Suficiente... (Art. 47).

Siendo las 17:56.. horas del día jueves 04 de diciembre de 2025, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.

Presidente

MG. JOSE WICLEY TUANAMA LAVI
DNI 05860064
COD ORCID 0009-0000-5148-6384

Secretario

MG. YENERIT PAMELA MALPARTIDA VALDERRAMA
DNI 22516875
COD ORCID 0000-0003-2705-4300

Vocal

MG. YASSER EVERET CHIGUALA CONTRERAS
DNI 18081080
COD ORCID 0000-0001-5877-9377



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: LUYE SUAREZ LASTRA, de la investigación titulada "COMPARATIVA EN PRECISIÓN DE DOS TECNOLOGÍAS EN EL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO PARA AMPLIACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DEL DISTRITO DE HUARIACA - PASCO, 2024", con asesor(a) LLERME NAVARRO VÁSQUEZ, designado(a) mediante documento: RESOLUCIÓN N° 169-2025-R-UDH del P. A. de INGENIERÍA CIVIL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del 19 % verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el Software Turnitin.

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

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

Huánuco, 02 de octubre de 2025



RICHARD J. SOLIS TOLEDO
D.N.I.: 47074047
cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



MANUEL E. ALIAGA VIDURIZAGA
D.N.I.: 71345687
cod. ORCID: 0009-0004-1375-5004

INFORME DE ORIGINALIDAD

| | | | |
|---------------------|---------------------|---------------|-------------------------|
| 19% | 19% | 5% | 5% |
| INDICE DE SIMILITUD | FUENTES DE INTERNET | PUBLICACIONES | TRABAJOS DEL ESTUDIANTE |

FUENTES PRIMARIAS

| | | |
|---|---|----|
| 1 | www.yellowscan.com Fuente de Internet | 3% |
| 2 | Submitted to Instituto de Educación Superior Tecnológico Privado de la Construcción CAPECO S.A.C. Trabajo del estudiante | 2% |
| 3 | repositorio.usmp.edu.pe Fuente de Internet | 2% |
| 4 | dspace.ups.edu.ec Fuente de Internet | 1% |
| 5 | repositorio.udh.edu.pe Fuente de Internet | 1% |
| 6 | repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet | 1% |
| 7 | repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet | 1% |



RICHARD J. SOLIS TOLEDO
D.N.I.: 47074047
cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



MANUEL E. ALIAGA VIDURIZAGA
D.N.I.: 71345687
cod. ORCID: 0009-0004-1375-5004

DEDICATORIA

A mis queridos padres y hermanos.

Este trabajo de investigación es un regalo para ustedes, un reflejo del amor y el apoyo que me han brindado durante todos estos años. Su presencia en mi vida ha sido fundamental para que yo pudiera alcanzar mis metas y perseguir mis sueños. Gracias por ser mi guía, motivación y fuente de inspiración, con todo mi amor y gratitud.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi agradecimiento a la Universidad de Huánuco, por haberme proporcionado conocimientos valiosos para mi desarrollo profesional con la capacidad de superar cualquier obstáculo en la vida profesional.

A mi asesora Llerme, Navarro Vásquez, por ser el apoyo y guía sobre el inicio, proceso y finalización de esta investigación.

Y finalmente, quiero agradecer a los docentes de la facultad de Ingeniería Civil, quiero reconocer su dedicación, pasión y compromiso con la educación. Su trabajo es invaluable y ha cambiado mi vida para siempre.

ÍNDICE

| | |
|--|------|
| DEDICATORIA | II |
| AGRADECIMIENTO | III |
| ÍNDICE..... | IV |
| ÍNDICE DE TABLAS | VII |
| RESUMEN..... | VIII |
| ABSTRACT..... | IX |
| INTRODUCCIÓN..... | X |
| CAPÍTULO I | 12 |
| PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN | 12 |
| 1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA | 12 |
| 1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA | 14 |
| 1.2.1. PROBLEMA GENERAL | 14 |
| 1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS..... | 14 |
| 1.3. OBJETIVOS..... | 14 |
| 1.3.1. OBJETIVO GENERAL | 14 |
| 1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 14 |
| 1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN | 15 |
| 1.4.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA | 15 |
| 1.4.2. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA..... | 15 |
| 1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA..... | 15 |
| 1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN | 16 |
| 1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN..... | 16 |
| CAPÍTULO II | 17 |
| MARCO TEÓRICO | 17 |
| 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN | 17 |
| 2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES | 17 |
| 2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES | 19 |
| 2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES..... | 21 |
| 2.2. BASES TEÓRICAS | 24 |
| 2.2.1. LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS..... | 24 |
| 2.2.2. CONFIABILIDAD DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO ... | 24 |
| 2.2.3. PRECISIÓN DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO | 25 |

| | |
|---|----|
| 2.2.4. TECNOLOGÍAS EN EL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO . | 26 |
| 2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES | 30 |
| 2.4. HIPÓTESIS..... | 32 |
| 2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL | 32 |
| 2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS | 33 |
| 2.5. VARIABLES..... | 33 |
| 2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE | 33 |
| 2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE..... | 33 |
| 2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES..... | 33 |
| CAPÍTULO III | 34 |
| METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN..... | 34 |
| 3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN | 34 |
| 3.1.1. ENFOQUE | 34 |
| 3.1.2. ALCANCE O NIVEL | 34 |
| 3.1.3. DISEÑO | 34 |
| 3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA | 35 |
| 3.2.1. POBLACIÓN | 35 |
| 3.2.2. MUESTRA..... | 35 |
| 3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS | 36 |
| 3.3.1. PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS..... | 36 |
| 3.3.2. PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS..... | 36 |
| 3.3.3. PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS | 37 |
| CAPÍTULO IV..... | 38 |
| RESULTADOS..... | 38 |
| 4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS | 38 |
| 4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS..... | 60 |
| 4.2.1. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS GENERAL..... | 60 |
| 4.2.2. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS ESPECÍFICA N° 1..... | 60 |
| 4.2.3. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS ESPECÍFICA N° 2..... | 61 |
| CAPÍTULO V..... | 62 |
| DISCUSIÓN DE RESULTADOS..... | 62 |
| 5.1. PRESENTAR LA CONTRASTACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN | 62 |

| | |
|----------------------------------|----|
| CONCLUSIONES | 65 |
| RECOMENDACIONES | 66 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 67 |
| ANEXOS | 72 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1 Operacionalización de variables | 33 |
| Tabla 2 Resultado de fotogrametría..... | 38 |
| Tabla 3 Resultado de LiDAR..... | 41 |
| Tabla 4 Costo de pre test para la topografía LiDAR | 44 |
| Tabla 5 Tiempo: Cronograma de actividades en el pre test..... | 46 |
| Tabla 6 Costo del post test para topografía LiDAR | 48 |
| Tabla 7 Tiempo: Cronograma de actividades del post test para topografía LiDAR | 50 |
| Tabla 8 Costo del pre test para la fotogrametría..... | 52 |
| Tabla 9 Tiempo: Cronograma de actividades de pre test para fotogrametría..... | 53 |
| Tabla 10 Presupuesto para post test para el estudio de fotogrametría..... | 56 |
| Tabla 11 Cronograma de actividades de post test para la fotogrametría.... | 58 |

RESUMEN

La presente investigación tuvo como título: Comparativa en precisión de dos tecnologías en el levantamiento topográfico para ampliación del sistema de agua potable y alcantarillado del distrito de Huariaca – Pasco, 2024. Asimismo, el objetivo general fue el comparar la precisión de dos tecnologías en el levantamiento topográfico para ampliación del sistema de agua potable y alcantarillado del distrito de Huariaca - Pasco, 2024. Se desarrolló con la metodología de tipo aplicada, con un enfoque cuantitativo, así mismo contó con nivel explicativo- descriptivo y diseño experimental. La población estuvo conformada por 64 levantamientos topográficos realizados en la localidad de Huariaca para la ampliación del sistema de agua potable y alcantarillado, para la muestra se tomó los 64 levantamientos topográficos realizados en la población. La técnica para la recolección de datos fue la observación directa, y el instrumento fue la ficha de recolección de datos. Al comparar la precisión de dos tecnologías en el levantamiento topográfico para ampliación del sistema de agua potable y alcantarillado, se observó que ambas tecnologías presentan resultados altamente comparables, con una precisión del 95%. Las pequeñas diferencias en las altitudes entre ambos métodos, como la diferencia de 0.295 m en el punto BM47, son mínimas y no afectan significativamente los resultados finales. Por lo tanto, se puede concluir que ambas tecnologías son igualmente viables para los fines del proyecto, y la elección de una u otra dependerá de factores adicionales como costos, disponibilidad de equipos y tiempos de ejecución, ya que en términos de precisión no presentan una diferencia significativa.

Palabra claves: Altimetría, fotogrametría, GNSS, LiDAR, MDT.

ABSTRACT

The present investigation was entitled: Comparative accuracy of two technologies in the topographic survey for the expansion of the drinking water and sewerage system of the Huariaca - Pasco district, 2024. Likewise, the general objective was to compare the accuracy of two technologies in the topographic survey for the expansion of the drinking water and sewerage system of the Huariaca - Pasco district, 2024. It was developed with the applied type methodology, with a quantitative approach, it also had an explanatory-descriptive level and experimental design. The population consisted of 64 topographic surveys carried out in the town of Huariaca for the expansion of the drinking water and sewerage system, for the sample the 64 topographic surveys carried out in the population were taken. The technique for data collection was direct observation, and the instrument was the data collection form. When comparing the accuracy of two technologies in the topographic survey for the expansion of the drinking water and sewerage system, it was observed that both technologies present highly comparable results, with an accuracy of 95%. The small differences in altitudes between both methods, such as the difference of 0.295 m at point BM47, are minimal and do not significantly affect the final results. Therefore, it can be concluded that both technologies are equally viable for the purposes of the project, and the choice of one or the other will depend on additional factors such as costs, equipment availability and execution times, since in terms of accuracy they do not present a significant difference.

Keywords: Altimetry, GNSS, LiDAR, photogrammetry, MDT.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, se dispone de una variedad de tecnologías para el levantamiento topográfico, incluyendo la utilización de estaciones totales y el Sistema Global de Navegación por Satélites (GNSS). Cada una de estas tecnologías presenta beneficios y limitaciones en términos de precisión, costo, tiempo de trabajo y capacidad de adaptación a las condiciones geográficas de la región. La variabilidad en los resultados derivados de cada método puede influir de manera significativa en la calidad de la información requerida para la toma de decisiones en proyectos de infraestructura crítica, como es el caso del suministro de agua potable y sistemas de alcantarillado (Pinto, 2012).

En el campo de la ingeniería, uno de los elementos de mayor importancia es la salvaguarda de los seres humanos. En el presente escenario, las tecnologías de software y los progresos tecnológicos están experimentando un desarrollo continuo, adquiriendo una relevancia cada vez mayor. Estas innovaciones resultan esenciales, particularmente en el contexto contemporáneo, para el análisis continuo de la información gráfica, la investigación y la optimización de las estrategias de búsqueda. Adicionalmente, los principios de vida y de agrimensura inherentes a las tareas de construcción se consideran fundamentales para la realización exitosa de las obras, asegurando su adecuada ejecución (Geodesical, s.f.).

En el distrito de Huariaca, Pasco, la creciente demanda de servicios básicos ha puesto de manifiesto la necesidad de emplear tecnologías de levantamiento topográfico que aseguren la exactitud y fiabilidad de los datos obtenidos. La falta de un estudio comparativo entre estas tecnologías en el contexto de Huariaca crea un vacío en la literatura técnica y limita la capacidad de los profesionales en la toma de decisiones informadas. Además, dado que el distrito presenta características geográficas particulares, es fundamental determinar qué tecnología ofrece mejores resultados en términos de precisión y eficiencia, por lo que se llegó al problema general ¿Cuál es la predominancia de precisión al comparar dos tecnologías en el levantamiento topográfico para ampliación del sistema de agua potable y alcantarillado del distrito de Huariaca – Pasco, 2024? siendo desarrollado en los siguientes capítulos:

En el primer capítulo se encuentra todo lo relacionado con el problema de investigación en sus niveles, la formulación de problemas, los objetivos de investigación, la justificación, las limitaciones y la viabilidad.

En el segundo capítulo se presenta el marco teórico en tres niveles: bases teóricas, definiciones conceptuales, hipótesis y la operacionalización de variables.

En el tercer capítulo se muestra la metodología de investigación empleada, la población y muestra trabajada, y el instrumento aplicado.

En el cuarto capítulo se evidencian los resultados de la investigación.

En el quinto capítulo se realizó la discusión de resultados y su contraste con los antecedentes.

Por último, se presentan las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y los anexos correspondientes.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La fotogrametría se define como el proceso de medición de un objeto en términos de su forma y ubicación mediante fotografías del mismo. Este método puede clasificarse en fotogrametría aérea y terrestre, dependiendo del lugar donde se tomen las imágenes. En el caso de la fotogrametría aérea, es ampliamente utilizada para la medición de la superficie terrestre y su representación mediante mapas y cartas topográficas. Además, las fotografías aéreas no solo se emplean para mediciones, sino también para la interpretación de su contenido, conocido como fotointerpretación, útil en campos como la geología, la arqueología, la vegetación y otras disciplinas. Sus métodos permiten obtener representaciones geométricamente precisas del objeto fotografiado, especialmente para terrenos planos o cuando se requieren detalles tanto en planimetría como en altimetría (Andrade, 1980).

La planificación y ejecución de proyectos de infraestructura, como la ampliación de sistemas de agua potable y alcantarillado, dependen en gran medida de levantamientos topográficos precisos. Estos trabajos permiten obtener información planimétrica y altimétrica esencial para garantizar la factibilidad del proyecto, optimizar el diseño, cuantificar volúmenes de obra y determinar costos. En el caso de proyectos hidráulicos, los datos topográficos son fundamentales para el mejor aprovechamiento del recurso hídrico y la adecuada colocación de tuberías. Sin la topografía, no sería posible iniciar ni desarrollar con precisión ninguna obra civil (Collazo, 2010).

En la actualidad, existen diversas tecnologías disponibles para el levantamiento topográfico, como el uso de estaciones totales y Sistema Global de Navegación por Satélites (GNSS). Cada una de estas tecnologías presenta ventajas y desventajas en términos de precisión, costo, tiempo de trabajo y adaptabilidad a las condiciones geográficas de la región. La variabilidad en los resultados que se pueden obtener a partir de cada método puede afectar

significativamente la calidad de la información necesaria para la toma de decisiones en proyectos de infraestructura crítica, como es el caso del agua potable y alcantarillado (Pinto, 2012).

En el distrito de Huariaca, Pasco, la creciente demanda de servicios básicos ha puesto de manifiesto la necesidad de emplear tecnologías de levantamiento topográfico que aseguren la exactitud y fiabilidad de los datos obtenidos. Sin embargo, se observó una falta de estudios comparativos que analicen la precisión de diferentes tecnologías en este contexto específico, lo que podría comprometer la efectividad del diseño y la implementación de tales sistemas. La falta de un estudio comparativo entre estas tecnologías en el contexto de Huariaca crea un vacío en la literatura técnica y limita la capacidad de los profesionales en la toma de decisiones informadas. Además, dado que el distrito presenta características geográficas particulares, es fundamental determinar qué tecnología ofrece mejores resultados en términos de precisión y eficiencia. Este análisis no solo contribuyó a la mejora de los procesos de levantamiento topográfico, sino que también optimizó los recursos asignados para la ampliación de los sistemas de agua y saneamiento, asegurando así un impacto positivo en la comunidad.

Por lo tanto, en esta investigación se propuso realizar una comparativa en precisión de las dos tecnologías más utilizadas en el levantamiento topográfico: Sistema Global de Navegación por Satélites (GNSS) Fotogrametría y levantamiento LiDAR. Estas herramientas fueron evaluadas en el contexto del proyecto de ampliación del sistema de agua potable y alcantarillado del distrito de Huariaca. Al abordar este problema, se buscó generar información valiosa que apoye la implementación de estrategias más efectivas y adaptadas a las necesidades del distrito, así como contribuir al desarrollo sostenible de la infraestructura local, garantizando la calidad de vida de sus habitantes.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cuál fue la predominancia de precisión al comparar dos tecnologías en el levantamiento topográfico para ampliación del sistema de agua potable y alcantarillado del distrito de Huariaca - Pasco, 2024?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

¿De qué manera se verificó la precisión en relación a la tecnología GNSS sensor LiDAR con la tecnología GNSS fotogrametría en el levantamiento topográfico para ampliación del sistema de agua potable y alcantarillado del distrito de Huariaca – Pasco, 2024?

¿De qué manera se verificó el costo y tiempo con ambas tecnologías en el levantamiento topográfico para ampliación del sistema de agua potable y alcantarillado del distrito de Huariaca – Pasco, 2024?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Comparar la precisión de dos tecnologías en el levantamiento topográfico para ampliación del sistema de agua potable y alcantarillado del distrito de Huariaca – Pasco, 2024.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Verificar la precisión con relación a la tecnología GNSS sensor LiDAR con la tecnología GNSS fotogrametría en el levantamiento topográfico para ampliación del sistema de agua potable y alcantarillado del distrito de Huariaca – Pasco, 2024.

Verificar costo y tiempo con ambas tecnologías en el levantamiento topográfico para ampliación del sistema de agua potable y alcantarillado del distrito de Huariaca – Pasco, 2024.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

En la ingeniería, se ha estado desarrollando y sofisticando la tecnología de software, así como los avances tecnológicos, para la investigación continua de la información gráfica, la mejora de las estrategias de búsqueda y, a través de esto, la protección de la vida humana, lo cual se considera lo más importante. Se requiere aplicar principios de trabajo y topográficos para lograr los objetivos previstos al realizar un levantamiento topográfico.

1.4.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

La elección de la tecnología más precisa para el levantamiento topográfico fue crucial. Una comparativa entre dos tecnologías permitió identificar la opción más eficiente en términos de costos y tiempo, garantizando así un uso óptimo de los recursos disponibles. Esto no solo facilitó una planificación más efectiva, sino que también contribuyó a la sostenibilidad del proyecto, minimizando posibles sobrecostos y retrasos que podrían afectar a la comunidad.

Además, la implementación de la tecnología adecuada impactó directamente en la gestión y distribución de los recursos hídricos, lo que es esencial para el desarrollo socioeconómico del distrito.

1.4.2. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

La precisión del levantamiento topográfico fue crucial para garantizar que los diseños se adapten adecuadamente a las características del terreno y a las necesidades de la comunidad. Al evaluar tecnologías avanzadas, como el uso de equipos de escaneo láser o Sistema Global de Navegación por Satélites (GNSS), se buscó identificar cuál de ellas proporciona los mejores resultados en términos de precisión y eficiencia operativa, asegurando así una planificación adecuada y sostenible.

1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA

Radica en la necesidad de seleccionar la herramienta más

adecuada para la ampliación del sistema de agua potable y alcantarillado en Huariaca. Para ello, se empleó un enfoque experimental que permitió evaluar y contrastar la precisión, eficiencia y costo de ambas tecnologías en un entorno real. Mediante la recolección de datos cuantitativos y cualitativos, se lograron identificar las ventajas y desventajas de cada método, asegurando que la decisión final esté basada en evidencia objetiva y relevante para el contexto local.

1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

En esta investigación se presentó como limitación a las bases teóricas en la metodología de trabajo de posprocesamiento de la tecnología LiDAR, puesto que sí se encuentra información sobre las variables de estudio; sin embargo, no se evidenció autores que respalden dichos conceptos.

1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

En base a la carencia de conceptos o bibliografía relacionado a precisión de funcionamiento y densidad de puntos de datos se efectuó la búsqueda de manera integral en base de datos con otros idiomas en los cuales se subsane la dificultad de base teórica.

Asimismo, es importante resaltar que resultó viable la presente investigación porque se contó con los recursos económicos para costear la investigación, de igual manera con los recursos humanos porque existió la disposición del tesista y de la muestra a participar, también se contó con el recurso tiempo para recolectar información y llevar a cabo la ejecución de este proyecto de tesis.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Ojeda (2023), en su investigación titulada: *Estudio comparativo entre la topografía clásica con estación total y la fotogrametría digital mediante vehículos aéreos no tripulados (VANT) en minería a cielo abierto*, presentada para optar al título de Ingeniero Civil de Minas en la Universidad de Concepción. Tuvo como objetivo analizar comparativamente las ventajas y desventajas de estas tecnologías con enfoque en la minería a cielo abierto. La metodología incluyó un posicionamiento relativo diferencial GNSS para obtener datos fiables de puntos necesarios para la comparación, analizando las precisiones, tiempos y costos de ambos métodos. Los resultados indicaron que la fotogrametría presentó mayor precisión, con errores inferiores a 10 cm en coordenadas horizontales y 35 cm en la vertical, mientras que los tiempos requeridos fueron similares para ambas técnicas, dependiendo del área de trabajo y los puntos a determinar. Por otro lado, los costos de inversión en fotogrametría superaron en un 7% a la topografía con estación total, aunque esta diferencia se justificó por la calidad de la información obtenida. La investigación concluye que la fotogrametría es una alternativa rápida y económica para levantamientos en áreas extensas, con precisiones centimétricas y ventajas significativas como el acceso a zonas inaccesibles, la no interrupción de procesos productivos y la reducción de riesgos para el capital humano.

Martínez y Bermeo (2023), en su investigación titulada: *Análisis comparativo de precisión y eficiencia de tecnologías topográficas para levantamientos: Fotogrametría y LiDAR aerotransportado con Dron y receptor GNSS (Modo RTK), aplicado al parque El Paraíso de la ciudad de Cuenca*, para optar el Título de Ingeniero en la Universidad

Politécnica Salesiana - Ecuador. Tuvieron como objetivo evaluar comparativamente la precisión y eficiencia de diversas tecnologías topográficas utilizadas en levantamientos, para ello evaluaron tres tecnologías principales: fotogrametría y LiDAR aerotransportado con dron y receptor GNSS en modo RTK. El estudio fue realizado en el parque El Paraíso de la ciudad de Cuenca. La metodología empleada incluyó la selección de puntos de control en el parque El Paraíso y la toma de datos utilizando las tres tecnologías de medición. Los datos recogidos se procesaron y analizaron utilizando un software especial de procesamiento de datos topográficos. Los resultados obtenidos permitieron una comparación exhaustiva de las tecnologías topográficas, destacando sus puntos fuertes y débiles determinando así cual es la más adecuada para la topografía en el Parque de El Paraíso. Como conclusión esta investigación contribuye a la comunidad topográfica proporcionando información actualizada sobre las tecnologías topográficas más eficaces y eficientes, adicional a ello los resultados podrán ser utilizados por profesionales e instituciones implicadas en la planificación y gestión de áreas geográficas.

Yamasqui (2022), en su tesis titulada *Evaluación y valoración de levantamientos topográficos mediante aerofotogrametría y métodos tradicionales, utilizando estación total o GPS diferencial*, para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil en la Universidad Nacional de Chimborazo de Riobamba – Ecuador. Tuvo como objetivo evaluar y valorar la utilización de la aerofotogrametría en levantamientos topográficos, en base a resultados obtenidos mediante métodos tradicionales como la estación total o el GPS diferencial; con la finalidad de determinar el método más adecuado para realizar estudios topográficos en proyectos de ingeniería. En la metodología empleó un enfoque cuantitativo, de tipo aplicada, el diseño fue no experimental, el estudio topográfico lo realizó en las comunidades de Uyuntza, Suntsuntza y Pikiur de la parroquia Sevilla Don Bosco, cantón Morona, provincia Morona Santiago, localizada en el centro sur de la Región Amazónica. Los resultados obtenidos indican que, en los procesos

técnicos aplicados en el trabajo de campo y oficina, el uso de la aerofotogrametría con puntos de control es más factible, mostrando una eficiencia del 63,23% en tiempo y del 66,09% en costo. La evaluación de la precisión planimétrica demuestra que el levantamiento aerofotogramétrico es confiable. Sin embargo, en los levantamientos altimétricos alcanzó precisión centimétrica promedio de 45 cm, lo que no cumple con los requisitos del proyecto. Esta situación fue debido a varios factores, entre los cuales destaca la falta de puntos de control, que intentó compensarse con la ausencia de un sistema de posicionamiento en el dron utilizado. En conclusión, la tecnología y la metodología empleadas deben utilizarse en la fase de anteproyectos, ya que facilitan el análisis de prefactibilidad. Sin embargo, es importante señalar que estos análisis no son definitivos para los estudios realizados en los proyectos.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Quispe (2024), en su tesis titulado Análisis comparativo de coordenadas topográficas obtenidos con dos metodologías: Equipos GNSS y estación total para el proyecto vía expresa Cusco 2023, para obtener el Título Profesional de Ingeniero Geográfico, en la Universidad Nacional Federico Villareal. El objetivo principal de este estudio fue realizar un análisis comparativo de las coordenadas topográficas obtenidas mediante dos metodologías: equipos GNSS y estación total, aplicadas en el Proyecto Vía Expresa Cusco 2023. La metodología utilizada fue de tipo aplicada con un enfoque cuantitativo. Los resultados mostraron que la diferencia de errores en las coordenadas X (Este) varió entre 0.003 m y 0.016 m, mientras que en las coordenadas Y (Norte) la variación estuvo entre 0.001 m y 0.020 m. Se concluye que no existe una diferencia significativa entre ambas metodologías, por lo que se puede optar por utilizar cualquiera de ellas. Además, en términos de tiempo y costo, se observará una diferencia de 2 días y S/ 2.562,65 respectivamente, destacando que los equipos GNSS ofrecen un mejor rendimiento en cuanto a tiempo y costo.

Delgado y Sánchez (2022), en su investigación titulada: *Levantamiento topográfico con estación total y vehículo aéreo no tripulado para evaluar la precisión, costo y tiempo en un proyecto de drenaje pluvial, en el centro poblado, Ciudad de Dios en el distrito de San José, provincia y departamento de Lambayeque*, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil en la Universidad San Martín de Porres. El objetivo del estudio fue analizar la influencia de la precisión, el costo y el tiempo en un levantamiento topográfico utilizando estación total y un vehículo aéreo no tripulado (dron) en un proyecto de drenaje pluvial en el centro poblado Ciudad de Dios, ubicado en el Distrito de San José, Lambayeque. La investigación empleó una metodología aplicada con enfoque cuantitativo. Se realizaron vuelos fotogramétricos del área de estudio con el dron modelo Phantom 4 Pro para el método directo, mientras que el levantamiento tradicional se llevó a cabo con una estación total. Los resultados revelaron que el uso del dron mostró una variación máxima de -0.137 m en el eje Este y -0.199 m en el eje Norte, en comparación con las variaciones mínimas de 0.003 m en el Este y 0.004 m en el Norte obtenidas con la estación total en la planimetría. En cuanto a la altimetría, únicamente el dron presentó una variación máxima de 0.183 m sobre el nivel del mar. Se concluye que, aunque el uso del vehículo aéreo no tripulado reduce los costos, presenta una menor precisión. Para mejorar la exactitud, se recomienda incorporar más puntos de control con GPS diferencial para compensar dichas variaciones.

Llanos (2021), en su investigación titulada: *Análisis comparativo de resultados obtenidos de un levantamiento topográfico haciendo uso de drones y método tradicional Trujillo 2021*, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil en la Universidad Privada del Norte. El objetivo de este estudio fue realizar un análisis comparativo entre los resultados obtenidos mediante un levantamiento topográfico utilizando drones y el método tradicional. La metodología empleada fue aplicada, con un enfoque cuantitativo y un diseño de investigación transversal no experimental. La técnica utilizada fue la observación, a través de fichas

de recolección de datos. Para la ejecución del estudio, se utilizaron tres equipos topográficos: el GPS Trimble R8, que permitió obtener datos precisos de los puntos de control que sirvieron como base para el análisis comparativo; la Estación Total Sur N4, que se empleó en la metodología tradicional; y el dron DJI Mavic 3 Enterprise, que se utilizó para la metodología fotogramétrica. Los resultados mostraron que el levantamiento topográfico con la Estación Total Sur N4 presentó una precisión de 0.0314%, un costo de S/1,860.00 y un tiempo de 23 horas, mientras que el levantamiento realizado con el dron DJI Mavic 3 Enterprise mostró una precisión de 0.1901%, un costo de S/1,250.00 y un tiempo de 35.5 horas. En conclusión, la metodología tradicional evidencia una mayor precisión y un menor tiempo de ejecución, pero a un mayor costo.

2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES

Vásquez (2021), en su tesis titulada: *Análisis comparativo del levantamiento topográfico utilizando la fotogrametría con dron y levantamiento topográfico tradicional en la urbanización Buena Vista, distrito Amarilis, 2021*, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil en la Universidad de Huánuco. El objetivo de esta investigación fue determinar las diferencias en los resultados obtenidos de un levantamiento topográfico utilizando fotogrametría con dron y el método tradicional en la Urbanización Buena Vista, ubicada en el distrito de Amarilis. El estudio se caracterizó por ser no experimental, descriptivo, con enfoque cuantitativo y diseño transversal. Para su desarrollo, se emplearon tanto métodos tradicionales, utilizando equipos como GPS diferencial y estación total, como métodos aerofotogramétricos con dron. El análisis se centró en las dimensiones de precisión, tiempo y costo. La unidad de estudio fue la Av. Miraflores en la Urbanización Buena Vista, con 99 puntos de verificación georreferenciados. Los resultados mostraron que la precisión del levantamiento tradicional (Estación Total) fue de 0,29959 m, mientras que el levantamiento con dron presentó una precisión de 0,27120 m, y el diferencial GPS obtuvo 0,28797 m. La

diferencia en precisión con respecto al diferencial GPS fue de 0.01162 m para la Estación Total y 0.01677 m para el dron. En términos de costo, el diferencial GPS tuvo un gasto de S/ 660.00, el método tradicional (Estación Total) S/ 310.00, y el uso de drones S/ 360.00. En cuanto al tiempo, el GPS diferencial requirió 277,75 minutos, el método tradicional 119 minutos, y el vuelo con drones tomó una mediana de 111,845 minutos. Se concluyó, mediante análisis estadísticos de pruebas de muestras independientes, que existen diferencias significativas en precisión, costo y tiempo entre los tres tipos de levantamiento topográfico, siendo favorable el levantamiento tradicional (Estación Total) en comparación con el levantamiento utilizando un dron.

Amaringo y Mundaca (2020), en su tesis de investigación: *Evaluación y comparación de un levantamiento topográfico con estación total y drone en la elaboración del expediente de situaciones de riesgos potenciales del km 184+400 y km 184+700 en la Carretera dv. Cerro de Pasco – Huánuco*, para optar el título de ingeniero civil en la Universidad Nacional Hermilio Valdizan. El objetivo de este estudio fue evaluar y comparar técnicamente y económicoamente el levantamiento topográfico realizado con estación total y con dron, en el marco de la elaboración de expedientes sobre situaciones de riesgo potencial en los kilómetros 184+400 y 184+700 de la carretera Desviación. Cerro de Pasco – Huánuco, lo cual es crucial para el control de los trabajos de conservación vial en esta vía. El levantamiento topográfico con estación total fue llevado a cabo por un operador especializado, quien se encargó tanto de la planificación del levantamiento como de las actividades en campo. Por otro lado, el levantamiento aerofotogramétrico con el dron Phantom 4 Pro se realizó bajo la supervisión de un piloto RPAS acreditado por Proviñas Nacional, quien también supervisó la planificación del vuelo y las operaciones en el campo. Los datos obtenidos con ambos métodos fueron procesados en oficina utilizando el software AutoCAD Civil 3D y Pix4Dmapper para el caso del levantamiento con dron, con el objetivo de generar la superficie del terreno y calcular el volumen de corte. Finalmente, se elaboraron los expedientes de Situación de Riesgo

Potencial para ambos sectores, eligiendo el método con dron para el cálculo del volumen debido a que proporcionaron planos topográficos más precisos y un cálculo de volumen de corte más exacto, además de ser una opción más rentable. desde el punto de vista económico para la elaboración de dichos expedientes.

Alvarado (2020), en su investigación titulada: *Análisis de la precisión entre los levantamientos aerofotogramétrico realizado con el Dron EBEE Plus y Topográfico realizado con el GPS diferencial en la Universidad Nacional Hermilio Valdizán Huánuco*, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil en la Universidad Nacional Hermilio Valdizán. El objetivo de este estudio fue determinar la precisión del levantamiento aerofotogramétrico realizado con el dron Ebee Plus, utilizando puntos de control, y compararlo con los resultados obtenidos a través de un levantamiento topográfico realizado con GPS diferencial. Además, buscó identificar la cantidad de puntos de control necesarios a lo largo y ancho del área de trabajo para garantizar una buena precisión y exactitud. El primer paso del procedimiento consistió en la recolección de información visual del terreno, seguida de la ubicación de los puntos de control (benchmark) en diversas partes del área de estudio. Luego, diseñó el plan de vuelo para el dron utilizando el software Emotion 3. Posteriormente, realizó el levantamiento aerofotogramétrico con el dron Ebee Plus, que estaba equipado con cámaras digitales para la captura de imágenes. Durante cada vuelo, utilizó una ficha técnica para registrar los datos de campo, los cuales fueron procesados posteriormente con el software Pix4D. Este procesamiento de datos incluyó la fotometría y la creación del modelo digital (ortofoto), desde el cual se obtuvieron las coordenadas de Norte, Este y Elevación de todos los puntos del terreno. Además, llevó a cabo un levantamiento geodésico de los puntos de control mediante un GPS diferencial para procesar los datos en el software Pix4D. El segundo procedimiento consistió en realizar un levantamiento topográfico con el GPS diferencial utilizando la técnica RTK (Real Time Kinematic), o navegación cinemática satelital en tiempo real, en el área de estudio, lo que permitió obtener puntos topográficos

que incluyeron las coordenadas de Norte, Este y Elevación.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS

Según Rincón et al. (2018), mencionan que es una investigación técnica y descriptiva del suelo, teniendo en cuenta la geografía, geología y características físicas del suelo, reflejándolas detalladamente y utilizándolas como material auxiliar para la planificación del trabajo.

También es el proceso de medir y representar en un plano las características físicas de un terreno, incluyendo su relieve, dimensiones, y elementos naturales y artificiales. Este trabajo se realiza mediante técnicas y herramientas específicas, como estaciones totales, con el objetivo de obtener información precisa que sirva para la planificación y diseño de proyectos de ingeniería, arquitectura y urbanismo. Además, permite crear mapas y modelos digitales del terreno, facilitando la toma de decisiones en diversas disciplinas (Del Rio et al., 2020).

2.2.2. CONFIABILIDAD DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

La confiabilidad es la capacidad esperada de un objeto o sistema operativo para realizar una función requerida en condiciones específicas durante un período de tiempo determinado. Logrando la estabilidad necesitada cuando un objeto o sistema operativo hace lo que esperamos que haga y cuando hace lo que queremos que haga (Mesa et al., 2006).

La confiabilidad está directamente relacionada con la probabilidad de que un sistema realice su función correctamente en un momento dado y bajo ciertas condiciones. La teoría que se ocupa de las fallas del sistema es la teoría de la probabilidad, pero es una teoría estadística más que una teoría física porque especifica la frecuencia de ocurrencia en lugar de la causa de la falla (Mesa et al., 2006).

Es por ello por lo que, en los proyectos de ingeniería, especialmente en los trabajos topográficos se espera que, con un

protocolo ya establecido, y en un tiempo determinado, se obtengan resultados confiables, para la continuidad de las siguientes actividades (Mesa et al., 2006).

2.2.3. PRECISIÓN DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

Se refiere a la exactitud y consistencia de las mediciones y datos obtenidos durante un levantamiento o estudio geográfico. Esta propiedad es fundamental para garantizar que las representaciones del terreno, como planos y mapas, reflejen fielmente las características del espacio físico. La precisión se ve influenciada por factores como la calidad de los instrumentos utilizados, la metodología aplicada y las condiciones ambientales, siendo esencial para aplicaciones en ingeniería, planificación urbana y gestión de recursos naturales. Esto se mide cuantitativamente la diferencia es entre el valor medido y el valor verdadero (Miguel, 2014).

2.2.3.1. TIEMPO

Esto se refiere a las condiciones atmosféricas y climáticas que pueden influir en la precisión de las mediciones y en la ejecución de trabajos en el terreno. Esto incluye factores como la visibilidad, la temperatura, la humedad y la presencia de precipitaciones, que pueden afectar tanto la estabilidad de los equipos de medición como la visibilidad de los puntos de referencia. Por ello, el tiempo es un elemento crítico para considerar en la planificación y realización de proyectos topográficos, ya que puede alterar los resultados y la calidad de los datos recopilados (Melo et al., 2019).

2.2.3.2. COSTO

Es la inversión económica necesaria para llevar a cabo actividades de levantamiento y análisis del terreno, que incluyen la adquisición y mantenimiento de equipos, la remuneración de profesionales capacitados, y los gastos relacionados con la obtención de datos precisos sobre las características físicas y

geográficas de un área determinada. Este costo puede variar según la complejidad del proyecto, la extensión del terreno a estudiar y las tecnologías empleadas, como la fotogrametría o el uso de sistemas de posicionamiento global (Lozano et al., 2017).

2.2.4. TECNOLOGÍAS EN EL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

Estos son conocidos como los métodos y herramientas avanzadas utilizadas para recopilar, analizar y representar datos sobre la superficie terrestre. Esto incluye el uso de instrumentos tradicionales como teodolitos y niveles, así como tecnologías modernas como la fotogrametría, el escaneo láser 3D y los sistemas de posicionamiento global. Estas tecnologías permiten obtener mediciones precisas y detalladas del terreno, facilitando la creación de mapas topográficos, modelos digitales del terreno y análisis geoespaciales que son fundamentales en proyectos de ingeniería, urbanismo y planificación territorial (Mamani, 2020).

2.2.4.1. GNSS – SENSOR LiDAR

Es una tecnología de teledetección que utiliza pulsos de luz láser para medir distancias y crear representaciones tridimensionales del entorno. Al enviar una serie de pulsos láser hacia la superficie terrestre y medir el tiempo que tardan en regresar al sensor, LiDAR puede generar datos altamente precisos sobre la topografía, la vegetación y las estructuras en un área determinada. Esta tecnología es especialmente valiosa en aplicaciones como la cartografía, la gestión de recursos naturales y la planificación urbana, ya que proporciona información detallada y rápida que permite un análisis profundo del terreno y su uso (Zamora, 2017).

2.2.4.2. GNSS – FOTOGRAFÍA

Es una técnica de medición que utiliza fotografías, ya sean aéreas o terrestres, para obtener información precisa sobre la

geometría y características de objetos y superficies. Mediante el análisis de imágenes tomadas desde diferentes perspectivas, se pueden extraer datos tridimensionales que permiten crear modelos digitales del terreno y elaborar mapas detallados. Esta metodología es esencial en campos como la topografía, la cartografía, la planificación urbana y la conservación del patrimonio, ya que proporciona una forma eficiente y precisa de capturar y representar información geoespacial (Santamaría y Sanz, 2011).

2.2.4.3. LiDAR VS FOTOGRAFETRÍA: PRINCIPALES DIFERENCIAS Y APLICACIONES

LiDAR y fotogrametría son tecnologías ampliamente utilizadas para crear mapas y modelos 3D. Aunque pueden parecer similares a primera vista porque ambos pueden producir resultados similares, pero en realidad tienen más diferencias que similitudes.

La fotogrametría incluye una variedad de técnicas para capturar, medir e interpretar fotografías para crear modelos 3D, mapas y otros datos espaciales. Pueden ser imágenes aéreas y terrestres capturadas por diferentes tipos de cámaras en diferentes plataformas. Al igual que la captura LiDAR, puede ocurrir tanto en plataformas aéreas (drones y aviones) como en plataformas terrestres fijas o móviles (YellowScan, 2024).

Los principios básicos de la tecnología LiDAR se desarrollaron en la década de 1960, mientras que la fotogrametría se originó a mediados del siglo XIX. La fotogrametría se desarrolló mucho durante la Primera Guerra Mundial y la Segunda Guerra Mundial, cuando se utilizó ampliamente en cartografía y planificación militar. La llegada de las computadoras permitió un procesamiento de imágenes más automatizado y condujo a avances en fotogrametría (YellowScan, 2024).

Asimismo, los avances en tecnología láser y electrónica en las décadas de 1970 y 1980 llevaron al desarrollo de sistemas

LiDAR más prácticos y portátiles. La década de 1990 vio nuevos avances tecnológicos en la tecnología LiDAR, como aumentos en la resolución y la resolución, así como la aparición y adopción de sistemas LiDAR comerciales en la industria. Estos y otros logros allanaron el camino para su uso generalizado en las décadas siguientes (YellowScan, 2024).

2.2.4.4. COMPARACIÓN ENTRE LiDAR Y FOTOGRAFETRÍA

Según YellowScan (2024), la recopilación de datos, la naturaleza de los datos obtenidos, el costo, la precisión y la aplicación son algunas de las diferencias clave entre las dos tecnologías:

- **Recolección de datos:** La principal diferencia entre LiDAR y fotogrametría radica en el método de recopilación de datos. LiDAR utiliza pulsos láser para medir distancias y es un sistema activo de detección remota, lo que significa que el propio sistema genera energía (luz). En cambio, la fotogrametría se basa en la detección pasiva de fotografías, donde los sensores detectan la energía emitida o reflejada por un objeto. LiDAR puede operar en la oscuridad, mientras que la fotogrametría depende de la luz ambiental externa y requiere buenas condiciones de iluminación. Aunque la fotogrametría generalmente no puede penetrar la vegetación densa, los pulsos de LiDAR pueden atravesar los huecos de las hojas y llegar al suelo, similar a la luz del sol.
- **Atributos de los datos:** LiDAR recopila información diferente a la fotogrametría. En general, LiDAR registra las coordenadas x, y, z y los valores de densidad, que son números enteros dependiendo de la composición de la superficie que refleja el rayo láser. El escáner láser genera una nube de puntos 3D que contiene todas las mediciones de esos puntos. Por otro lado, la fotogrametría crea una imagen 2D, y luego el software de fotogrametría utiliza un

método llamado triangulación para generar mediciones de puntos 3D, de modo que se conozcan las coordenadas x, y, z de cada punto. Las imágenes fotogramétricas también incluyen información de color en forma de valores RGB (rojo, verde, azul), lo que permite crear modelos 3D visualmente ricos. Aunque LiDAR puede integrar cámaras RGB para capturar información de color a través de puntos 3D, esta no es la opción predeterminada.

- **Despliegue:** En comparación con la fotogrametría, LiDAR es generalmente más costoso y requiere experiencia en el procesamiento y análisis de datos. Sin embargo, los tiempos de implementación y procesamiento de LiDAR son significativamente mejores que los de la fotogrametría.
- **Casos de uso:** LiDAR y fotogrametría se utilizan a menudo para diferentes propósitos debido a las características y datos únicos que cada uno captura. Sin embargo, puede haber casos en los que ambos sean adecuados para una tarea específica. En general, LiDAR es útil para aplicaciones que requieren alta resolución y la capacidad de capturar datos a través de la vegetación. Al igual que los rayos de luz pasan a través de pequeñas aberturas en las plantas, LiDAR puede ver a través del denso follaje y mapear el terreno subyacente. Por otro lado, la fotogrametría es más adecuada para aplicaciones que requieren modelos 3D texturizados y detallados, con una reproducción cromática realista. Según YellowScan (2024), la preferencia por una tecnología sobre otra depende de varios factores, entre ellos:
 - Coste
 - Tiempo
 - Tamaño del área que hay que cartografiar
 - Plataforma elegida
 - Producción necesaria, entre otros factores.

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

- **Cálculos altimétricos:** Una de las partes principales de la altimetría es la curva de nivel, que representa la elevación según la topografía del área que se estudia o describe. Esto se obtiene al leer el altímetro utilizando un teodolito, un nivel o una estación total. Para calcular estas alturas, es necesario determinar la distancia entre las curvas de nivel.
- **Calibración:** Se refiere al proceso mediante el cual se ajustan y calculan los parámetros necesarios para transformar las mediciones obtenidas, tales como la proyección, transformación de datum, ajuste horizontal y ajuste vertical. Estos ajustes permiten mejorar la precisión y la exactitud de los datos obtenidos, asegurando que los resultados reflejen correctamente la realidad geoespacial (Instituto de Información Estadística y Geográfica de Jalisco, 2020).
- **Control de Calidad:** Para garantizar la exactitud del resultado final, es importante verificar la calidad y precisión espacial del monumento fotográfico.
- **Divisoria:** Es la línea que desmarca una elevación en el terreno y a la vez sirve para dividir el curso de las aguas.
- **Estación Total:** La estación total es un instrumento topográfico que combina la medición precisa de ángulos y distancias con la capacidad de procesar datos en tiempo real. Ha reemplazado a los tránsitos y teodolitos gracias a su eficiencia, precisión y versatilidad, siendo ampliamente utilizada en levantamientos topográficos, hidrográficos, catastrales y de construcción (Wolf y Ghilani, 2015).
- **Fotogrametría:** Es el arte, ciencia y tecnología dedicada a la obtención de información precisa sobre objetos físicos y su entorno mediante procesos de registro, medición e interpretación de imágenes fotográficas, patrones de energía electromagnética radiante y otros fenómenos relacionados. Esta disciplina combina técnicas tradicionales y avanzadas para analizar y representar características del medioambiente de manera

detallada y exacta (Instituto de Información Estadística y Geográfica de Jalisco, 2020).

- **Fotointerpretación:** Procedimiento utilizado para identificar y analizar los rasgos visibles en una fotografía, interpretando su significado mediante el apoyo de la visión estereoscópica. Este proceso permite comprender y clasificar elementos del entorno capturados en imágenes aéreas o satelitales, facilitando la toma de decisiones en campos como la geografía, la cartografía y la topografía (Instituto de Información Estadística y Geográfica de Jalisco, 2020).
- **GNSS (Global Navigation Satellite System):** El GNSS, o Sistema Global de Navegación por Satélite, engloba todas las técnicas de posicionamiento mediante satélites, incluyendo aquellos sistemas de aumentación. Este sistema permite determinar la posición en cualquier parte del mundo con alta precisión, siendo utilizado en aplicaciones como topografía, navegación y geodesia (Instituto de Información Estadística y Geográfica de Jalisco, 2020).
- **GPS:** Sistema de posicionamiento global basado en satélites que proporciona información precisa y continua sobre posición, tiempo y condiciones climáticas en cualquier lugar del mundo, las 24 horas del día. Es ampliamente utilizado en aplicaciones de navegación, topografía, geodesia y múltiples áreas relacionadas con la localización y el monitoreo geoespacial (Instituto de Información Estadística y Geográfica de Jalisco, 2020).
- **Hardware:** El procesamiento fotogramétrico es intensivo en recursos. Un buen equipo con una GPU potente y suficiente memoria RAM acelerará el proceso.
- **Levantamiento topográfico:** Es el conjunto de operaciones realizadas tanto en campo como en gabinete, cuyo propósito es determinar la posición, forma y dimensiones de los elementos de un terreno, considerando sus características detalladas y sin incluir la curvatura terrestre debido a sus dimensiones. Este proceso es esencial en la

planificación y ejecución de proyectos de infraestructura y construcción (Instituto de Información Estadística y Geográfica de Jalisco, 2020).

- **Método de compensación lineal:** Las latitudes y longitudes calculadas se modifican y ajustan para que su suma algebraica sea cero. Existen varios métodos, siendo los más conocidos el método de la brújula y el método de la mira. La revisión propuesta en este estudio tiene como objetivo presentar el método COMPASS
- **RTK (Real Time Kinematic):** Es un procedimiento diferencial del sistema GNSS que permite la transmisión en tiempo real de correcciones de fase desde una estación de referencia a un receptor móvil. Este proceso, que utiliza enlaces de radio entre la base y el móvil, garantiza la precisión centimétrica en las mediciones, lo que lo convierte en una herramienta fundamental en aplicaciones topográficas y geodésicas (Instituto de Información Estadística y Geográfica de Jalisco, 2020).
- **Topografía:** Es una ciencia utilizada en diversas tareas de ingeniería que mejoran la calidad de vida de las personas y optimizan el uso de los territorios en los que habitan. La topografía es tanto una disciplina profesional y administrativa como una rama específica de la construcción.
- **Vaguada:** Es una línea que define la pendiente del terreno por donde fluye el agua natural de un río. La curva es convexa hacia la corriente.

2.4. HIPÓTESIS

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

Al comparar la precisión de dos tecnologías se determina que existe predominancia en precisión al 95% uno frente al otro en el levantamiento topográfico para ampliación del sistema de agua potable y alcantarillado del distrito de Huariaca – Pasco, 2024.

2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

Se logra verificar la precisión con relación a la tecnología GNSS sensor LiDAR con la tecnología GNSS fotogrametría en el levantamiento topográfico para ampliación del sistema de agua potable y alcantarillado del distrito de Huariaca – Pasco, 2024.

Se logra verificar costo y tiempo con ambas tecnologías en el levantamiento topográfico para ampliación del sistema de agua potable y alcantarillado del distrito de Huariaca – Pasco, 2024.

2.5. VARIABLES

2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE

Dos tecnologías en el levantamiento topográfico

2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE

Precisión

2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 1

Operacionalización de variables

| Variables | Dimensión | Indicadores |
|--|----------------------|------------------------------|
| Variable independiente Precisión | Tiempo | Recolección de datos |
| | | Procesamiento de datos |
| | Costo | Costo total del proyecto |
| | | Costos operativos |
| Variable dependiente Dos tecnologías en el levantamiento topográfico | | Precisión de medición |
| | GNSS – SENSOR LiDAR | Densidad de puntos de datos |
| | | Precisión de posicionamiento |
| | GNSS - FOTOGRAFETRIA | Resolución de imágenes |

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Fue de tipo aplicada, según Rivero et al. (2021) indican que con este tipo de investigación busca conocer la realidad del problema identificado con su desarrollo donde buscó mejorar el bienestar de que los trabajos se realicen adecuadamente para ello se requirió un marco teórico con el fin de tener un entendimiento claro sobre la problemática identificada.

3.1.1. ENFOQUE

La investigación se desarrolló con un enfoque cuantitativo. Al respecto Hernández et al. (2014), indican que se caracterizó por su orientación hacia la recolección y análisis de datos numéricos. Permitiendo así en comprender la problemática con mayor precisión sobre la problemática. Buscando así alternativas de solución adecuadas.

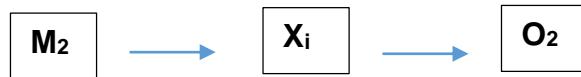
3.1.2. ALCANCE O NIVEL

Se desarrolló con el alcance explicativo - descriptivo porque se centró en detallar y caracterizar fenómenos o situaciones a través de ello se buscó establecer relaciones de causa y efecto entre variables que permitió comprender la problemática identificada (Hernández et al., 2014).

3.1.3. DISEÑO

Se desarrolló un diseño cuasi-experimental con preprueba y post prueba, ya que permitirá realizar una evaluación del grupo experimental antes y después de la intervención. Este enfoque facilita el análisis de los logros a lo largo del tiempo y la evaluación de posibles cambios significativos tras la intervención (Arias y Covinos, 2021).

El diagrama del diseño de estudio se presenta a continuación:



Donde:

M₁ = Muestra 1

O₁ = Resultados

M₂ = Muestra 2

X_i = Levantamiento topográfico

O₂ = Resultados

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

De acuerdo con Rivero et al. (2021) mencionan que la población es el conjunto de objetos, elementos e individuos que posee una información relevante que está buscando el investigador y en ellas se realiza el estudio de manera específica.

En ese contexto la población estuvo conformada por los 64 levantamientos topográficos realizados en la localidad de Huariaca para la ampliación del sistema de agua potable y alcantarillado.

3.2.2. MUESTRA

Según Rivero et al. (2021) la muestra es el subconjunto de la población identificada y teniendo las mismas características, en esta investigación fue seleccionada empleando un tipo de muestreo.

El tipo de muestreo fue el no probabilístico de tipo censal es decir que se tomaron los 64 levantamientos topográficos de la población.

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1. PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

TÉCNICA: Se utilizó la observación directa para recopilar datos (Anexo 3), lo que implica observar y registrar comportamientos, eventos o fenómenos en el entorno natural sin interferir ni manipular las variables estudiadas.

INSTRUMENTO: Fue la ficha de recolección de datos porque se organizó y sistematizó la información que se va a recopilar en un estudio (Anexo 2) y también se empleó la guía de observación ya que proporcionó un marco estructurado para llevar a cabo observaciones sistemáticas en un contexto determinado (Anexo 3).

3.3.2. PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS

Las imágenes se adquirieron mediante fotogrametría con drones en el distrito de Huariaca y utilizando el software de procesamiento de imágenes autorizado llamado Metashape. Este software permitió procesar miles de imágenes, corregir automáticamente errores sistemáticos de imágenes y generar ortomosaicos georreferenciados de alta resolución.

El procesamiento de datos llevó a cabo tres etapas. La primera tarea fue alinear las imágenes y crear una nube de puntos para enfocar y clasificar. En el paso dos, creó un modelo digital del terreno (MDT) y como paso tres, se creó un marcador para medir el costo y el tiempo en función a los objetivos específicos, detallada en los siguientes pasos:

- a) Planificación de vuelos Drone para fotogrametría y LiDAR
- b) Vuelos de drones
- c) Descarga de datos de los drones
- d) Corrección de precisión con software REDtoolbox (fotogrametría)
- e) Procesamiento de datos en el Software Agisoft Metashape professional (fotogrametría)

- f) Alineación de las imágenes y generación de nube de puntos - (fotogrametría)
- g) Efectuar la creación del Modelo Digital del Terreno (MDT) - (fotogrametría)
- h) Crear el Ortomosaico -(fotogrametría)
- i) Procesar con REDcatch REDtoolbox – (LiDAR)
- j) Conversión a nube de puntos DJI Terra – (LiDAR)
- k) Procesamiento de nube de puntos con MicroStation 2023 – TerraScam – (LiDAR)
- l) Efectuar la creación del Modelo Digital del Terreno (MDT) – (LiDAR)
- m) Procesamiento del MDT en el software Global Mapper 25.1
- n) Comparación de precisión en el Civil 3D 2025 Metric

Todos los datos que se hallaron fueron organizados en el Excel donde en ello se pudo realizar las tablas de acuerdo con la necesidad que se requiere permitiendo así contrastar los resultados y las conclusiones relevantes mediante los hallazgos.

3.3.3. PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS

- **SPSS:** Es un software que se utilizó en el procesamiento avanzado de datos, creando gráficos, tablas, estadísticas, etc., con la información o datos brindados.
- **EXCEL:** Es un software que pudo procesar grandes cantidades de datos dando como resultado información significativa, entre ellas, gráficas, tablas, fórmulas, etc.
- **Word:** Mediante este office fue realizado las interpretaciones de los resultados encontrados.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

El presente ítem estará presentado en base a los objetivos de la investigación:

Verificar la precisión con relación a la tecnología GNSS sensor LiDAR con la tecnología GNSS fotogrametría en el levantamiento topográfico para ampliación del sistema de agua potable y alcantarillado del distrito de Huariaca – Pasco, 2024.

Tabla 2

Resultado de fotogrametría

| Fotogrametría | | | | |
|---------------|------------|-------------|----------|-------------|
| Punto | Este | Norte | Altitud | Descripción |
| 1 | 369456.430 | 8846133.554 | 3010.020 | Bm47 |
| 2 | 369475.254 | 8846134.835 | 2999.303 | BM46 |
| 3 | 369723.890 | 8846067.640 | 2913.825 | BMA02 |
| 4 | 369464.809 | 8845534.480 | 3056.414 | BMA12 |
| 5 | 370041.854 | 8845899.867 | 3074.055 | BM12 |
| 6 | 369969.604 | 8845781.428 | 3019.354 | BM16 |
| 7 | 369959.992 | 8845844.917 | 3032.495 | BM13 |
| 8 | 369753.267 | 8845728.731 | 2937.705 | BMA09 |
| 9 | 369688.650 | 8845675.246 | 2975.920 | BMA08 |
| 10 | 369497.954 | 8845636.743 | 3041.238 | BM40 |
| 11 | 369495.798 | 8845671.988 | 3037.774 | BM41 |
| 12 | 369476.818 | 8845720.344 | 3033.509 | BM42 |
| 13 | 369440.029 | 8845721.879 | 3029.149 | BM43 |
| 14 | 369423.655 | 8845900.934 | 3009.969 | BM44 |
| 15 | 369539.079 | 8845988.563 | 2971.928 | BMA06 |
| 16 | 369649.606 | 8845965.042 | 2934.119 | BM45 |
| 17 | 369635.395 | 8846041.605 | 2927.280 | BMA04 |
| 18 | 369479.707 | 8845526.742 | 3049.007 | BM39 |
| 19 | 369709.044 | 8845528.630 | 2962.515 | BMA22 |
| 20 | 369864.435 | 8845595.754 | 2944.268 | BMA11 |
| 21 | 369883.927 | 8845624.786 | 2940.870 | BMA10 |
| 22 | 369940.513 | 8845480.080 | 2942.985 | BM17 |
| 23 | 369909.605 | 8845392.797 | 2946.301 | BMA24 |
| 24 | 369859.923 | 8845394.579 | 2953.437 | BMA25 |
| 25 | 369692.819 | 8845406.810 | 2965.929 | BMA19 |
| 26 | 369713.737 | 8845339.188 | 2971.580 | BMA17 |

| | | | | |
|----|------------|-------------|----------|----------|
| 27 | 369522.152 | 8845342.593 | 3005.208 | 1010756 |
| 28 | 369334.609 | 8845148.291 | 3128.458 | BMA15 |
| 29 | 369786.214 | 8845033.467 | 3090.651 | BM38 |
| 30 | 369995.059 | 8844882.861 | 3092.325 | BM37 |
| 31 | 369991.756 | 8845346.726 | 2943.330 | BM18 |
| 32 | 370067.448 | 8845254.605 | 2942.240 | BM19 |
| 33 | 370234.491 | 8845401.428 | 3027.954 | BMA28 |
| 34 | 370339.197 | 8845155.041 | 2984.835 | BM21 |
| 35 | 370315.190 | 8845134.764 | 2960.629 | BM20 |
| 36 | 370134.331 | 8845135.913 | 2941.060 | BMA29 |
| 37 | 370221.901 | 8845046.659 | 2942.073 | BMA30 |
| 38 | 370234.712 | 8844828.693 | 3009.685 | BM36 |
| 39 | 370188.043 | 8844725.726 | 3045.968 | BMA36 |
| 40 | 370156.590 | 8844596.553 | 3081.758 | BMA37 |
| 41 | 370303.189 | 8845024.675 | 2944.865 | BM23 |
| 42 | 370388.479 | 8844977.436 | 2947.471 | BM24 |
| 43 | 370357.448 | 8844939.903 | 2949.514 | BMA32 |
| 44 | 370419.395 | 8844890.874 | 2952.123 | BMA33 |
| 45 | 370447.687 | 8844903.916 | 2949.934 | BM25 |
| 46 | 370504.276 | 8844784.686 | 2944.614 | BMA38 |
| 47 | 370498.058 | 8844717.206 | 2957.004 | BM26 |
| 48 | 370325.518 | 8844797.588 | 2977.008 | BMA35 |
| 49 | 370594.222 | 8844664.499 | 2956.226 | BM27 |
| 50 | 370620.712 | 8844495.075 | 3044.979 | BM34 |
| 51 | 370715.137 | 8844579.336 | 2958.891 | BMA42 |
| 52 | 370750.225 | 8844703.606 | 2969.310 | BMA39 |
| 53 | 370805.019 | 8844840.924 | 3050.897 | BM28 |
| 54 | 370830.455 | 8844840.281 | 3057.504 | BM29 |
| 55 | 370938.075 | 8844846.244 | 3033.898 | BMA40 |
| 56 | 370879.836 | 8844760.320 | 3008.835 | 1010755 |
| 57 | 370991.846 | 8844339.141 | 3015.527 | BM31 |
| 58 | 370887.789 | 8844296.447 | 2958.871 | BMA43 |
| 59 | 370943.060 | 8844046.525 | 2971.771 | BMA44 |
| 60 | 370940.307 | 8843982.733 | 2978.550 | PAS01496 |
| 61 | 370987.791 | 8843915.323 | 2990.691 | BMA45 |
| 62 | 370959.703 | 8843811.067 | 3000.240 | BMA46 |
| 63 | 370761.362 | 8843913.912 | 3067.049 | BM32 |
| 64 | 370777.645 | 8843822.853 | 3057.245 | BMA47 |

Interpretación

En los resultados de la Tabla 2 de fotogrametría, se presenta una serie de puntos UTM con sus respectivas coordenadas y altitudes, cada uno asociado a una descripción específica. A continuación, se describen los elementos clave:

- Puntos: Cada fila de la Tabla 2 representa un punto de control geográfico, numerado del 1 al 64, lo que facilita su identificación y referencia.
- Coordenadas (Este y Norte): Las columnas Este y Norte indican las coordenadas cartesianas de cada punto en un sistema de referencia específico. Estas coordenadas permiten la ubicación precisa de cada punto en el espacio geográfico.
- Altitud: La columna de altitud proporciona la elevación de cada punto sobre el nivel del mar, medida en metros (m). Esta información es crucial para comprender el relieve y la topografía de la zona en estudio.
- Descripción: Cada punto está acompañado por una etiqueta o descripción (como BM47, BMA02, etc.) que puede referirse a un punto de referencia específico, como bancos de nivel (BM) o puntos de control (BMA). Estas descripciones ayudan a clasificar y gestionar los puntos en el contexto de un proyecto más amplio.
- Diversidad de Altitudes: Las altitudes de los puntos varían considerablemente, oscilando entre aproximadamente 2913 y 3128 m, lo que indica un terreno montañoso o irregular.
- Distribución Espacial: Las coordenadas de este y norte muestran una distribución que podría relacionarse con la ubicación de estructuras existentes o áreas de interés en el estudio topográfico.
- Importancia de los Puntos de Control: La identificación de estos puntos es fundamental para la fotogrametría, ya que proporcionan referencias precisas para el modelado y la representación tridimensional del terreno.
- Aplicaciones: Los datos recopilados son esenciales para diversas aplicaciones, como la planificación urbana, estudios ambientales, gestión de recursos naturales y desarrollo de infraestructuras.

La precisión en las coordenadas es fundamental. Las altitudes y las coordenadas en Este y Norte son utilizadas para realizar ajustes en las imágenes obtenidas, para corregir distorsiones y proporcionar una representación exacta del terreno.

Estos puntos pueden usarse para crear modelos digitales del terreno (DTM). Los datos de altitud son cruciales para generar una representación tridimensional precisa de la superficie terrestre, lo que es esencial para

aplicaciones como estudios de impacto ambiental, planificación urbana, o análisis topográfico.

Asimismo, es necesario recalcar que los puntos descritos como BM (Benchmark) y BMA (Puntos de referencia) son clave para validar la precisión de los sistemas fotogramétricos. Los puntos de control como estos sirven para comparar las mediciones obtenidas a través de imágenes fotogramétricas con coordenadas precisas conocidas, permitiendo una corrección y ajuste de los modelos creados.

Dado que los puntos de control se encuentran en posiciones fijas, se pueden usar en estudios fotogramétricos para realizar análisis de cambios en áreas específicas del terreno a lo largo del tiempo. Comparando las imágenes de distintas épocas, los puntos de control permiten detectar cambios en el terreno, como la erosión, la expansión urbana, o la variación en las alturas de ciertos puntos.

Tabla 3

Resultado de LiDAR

| Punto | LiDAR | | | |
|-------|------------|-------------|----------|-------------|
| | Este | Norte | Altitud | Descripción |
| 1 | 369456.436 | 8846133.560 | 3009.725 | BM47 |
| 2 | 369475.245 | 8846134.892 | 2999.206 | BM46 |
| 3 | 369723.904 | 8846067.659 | 2913.797 | BMA02 |
| 4 | 369464.792 | 8845534.465 | 3056.128 | BMA12 |
| 5 | 370041.860 | 8845899.854 | 3073.914 | BM12 |
| 6 | 369969.626 | 8845781.436 | 3018.985 | BM16 |
| 7 | 369960.003 | 8845844.796 | 3032.274 | BM13 |
| 8 | 369753.268 | 8845728.706 | 2937.470 | BMA09 |
| 9 | 369688.649 | 8845675.239 | 2975.796 | BMA08 |
| 10 | 369497.926 | 8845636.700 | 3040.092 | BM40 |
| 11 | 369495.780 | 8845671.990 | 3037.561 | BM41 |
| 12 | 369476.806 | 8845720.361 | 3033.473 | BM42 |
| 13 | 369440.001 | 8845721.896 | 3029.146 | BM43 |
| 14 | 369423.652 | 8845900.940 | 3009.869 | BM44 |
| 15 | 369539.006 | 8845988.561 | 2971.450 | BMA06 |
| 16 | 369649.574 | 8845965.033 | 2933.981 | BM45 |
| 17 | 369635.374 | 8846041.615 | 2927.053 | BMA04 |
| 18 | 369479.785 | 8845526.502 | 3048.585 | BM39 |
| 19 | 369709.073 | 8845528.496 | 2958.119 | BMA22 |
| 20 | 369864.432 | 8845595.720 | 2944.100 | BMA11 |
| 21 | 369883.921 | 8845624.698 | 2940.754 | BMA10 |

| | | | | |
|----|------------|-------------|----------|----------|
| 22 | 369940.462 | 8845479.966 | 2942.787 | BM17 |
| 23 | 369909.644 | 8845392.745 | 2946.046 | BMA24 |
| 24 | 369859.943 | 8845394.542 | 2953.263 | BMA25 |
| 25 | 369692.830 | 8845406.699 | 2965.839 | BMA19 |
| 26 | 369713.733 | 8845339.183 | 2971.335 | BMA17 |
| 27 | 369522.127 | 8845342.543 | 3005.043 | 1010756 |
| 28 | 369334.602 | 8845148.288 | 3128.359 | BMA15 |
| 29 | 369786.173 | 8845033.469 | 3090.124 | BM38 |
| 30 | 369995.069 | 8844882.881 | 3092.216 | BM37 |
| 31 | 369991.701 | 8845346.713 | 2943.385 | BM18 |
| 32 | 370067.438 | 8845254.588 | 2942.068 | BM19 |
| 33 | 370234.492 | 8845401.352 | 3036.425 | BMA28 |
| 34 | 370339.169 | 8845155.021 | 2982.782 | BM21 |
| 35 | 370315.186 | 8845134.751 | 2963.250 | BM20 |
| 36 | 370134.313 | 8845135.903 | 2940.958 | BMA29 |
| 37 | 370221.863 | 8845046.636 | 2942.065 | BMA30 |
| 38 | 370234.735 | 8844828.691 | 3020.160 | BM36 |
| 39 | 370188.043 | 8844725.707 | 3045.742 | BMA36 |
| 40 | 370156.590 | 8844596.538 | 3081.959 | BMA37 |
| 41 | 370303.201 | 8845024.683 | 2944.872 | BM23 |
| 42 | 370388.471 | 8844977.446 | 2947.145 | BM24 |
| 43 | 370357.443 | 8844939.906 | 2949.509 | BMA32 |
| 44 | 370419.390 | 8844890.875 | 2952.083 | BMA33 |
| 45 | 370447.687 | 8844903.918 | 2949.847 | BM25 |
| 46 | 370504.268 | 8844784.691 | 2944.639 | BMA38 |
| 47 | 370498.057 | 8844717.208 | 2956.332 | BM26 |
| 48 | 370325.518 | 8844797.592 | 2977.462 | BMA35 |
| 49 | 370594.219 | 8844664.508 | 2956.131 | BM27 |
| 50 | 370620.708 | 8844495.082 | 3045.339 | BM34 |
| 51 | 370715.143 | 8844579.343 | 2958.517 | BMA42 |
| 52 | 370750.233 | 8844703.616 | 2969.749 | BMA39 |
| 53 | 370805.034 | 8844840.938 | 3060.500 | BM28 |
| 54 | 370830.461 | 8844840.301 | 3062.486 | BM29 |
| 55 | 370938.080 | 8844846.256 | 3032.872 | BMA40 |
| 56 | 370879.840 | 8844760.328 | 3008.295 | 1010755 |
| 57 | 370991.838 | 8844339.133 | 3015.046 | BM31 |
| 58 | 370887.775 | 8844296.459 | 2957.698 | BMA43 |
| 59 | 370943.047 | 8844046.531 | 2970.320 | BMA44 |
| 60 | 370940.300 | 8843982.733 | 2978.318 | PAS01496 |
| 61 | 370987.789 | 8843915.324 | 2990.613 | BMA45 |
| 62 | 370959.700 | 8843811.068 | 3000.025 | BMA46 |
| 63 | 370761.361 | 8843913.913 | 3066.305 | BM32 |
| 64 | 370777.644 | 8843822.850 | 3056.840 | BMA47 |

Interpretación

La Tabla 3 de datos LiDAR (Light Detection and Ranging) proporciona un conjunto de puntos UTM con sus coordenadas y altitudes, así como

descripciones asociadas. A continuación, se detallan los elementos clave:

- Puntos: Cada fila representa un punto de referencia numerado del 1 al 64, facilitando su identificación en el análisis.
- Coordenadas (Este y Norte): Las columnas Este y Norte ofrecen las coordenadas cartesianas que localizan cada punto en un sistema de referencia Cartográfico específico. Estas coordenadas son esenciales para la cartografía y el análisis geoespacial.
- Altitud: La columna de altitud indica la elevación de cada punto sobre el nivel del mar, medida en metros. Los valores de altitud varían, proporcionando información sobre el relieve del área. Las altitudes oscilan entre aproximadamente 2913 y 3128 m, lo que indica un terreno potencialmente montañoso o irregular.
- Descripción: Cada punto está acompañado por una etiqueta o código (como BM47, BMA02, etc.) que puede referirse a diferentes tipos de puntos de control o bancos de materiales. Estas descripciones son útiles para clasificar y gestionar los puntos en el contexto de un proyecto geoespacial.

Esto indica que algunos puntos son puntos de referencia de control geodésico, y otros son puntos de referencia adicionales de BMA. Estos puntos son usados para calibrar y verificar la precisión de las mediciones y sirve como puntos de anclaje para la alineación de los escaneos LiDAR

Cuando se obtiene un escaneo LiDAR de un área, los datos crudos deben ser procesados y georreferenciados, utilizando estos puntos de control. El proceso involucra en que se debe realizar el ajuste de puntos LiDAR y en ella el sistema de referencia internacional. Además, se requiere el uso de las altitudes y las coordenadas para que de esa manera sepa que, los resultados sean más precisos donde los modelos resultantes se pueden usar para analizar la topografía del área, identificar pendientes, elevaciones y otras características geográficas.

Con las coordenadas y altitudes precisas proporcionadas en la Tabla 3, el sistema LiDAR puede crear modelos tridimensionales del terreno y de las

estructuras presentes en el área, como edificios, árboles y carreteras. Además, con la recopilación de datos LiDAR en diferentes momentos, se puede realizar un análisis de cambios en el tiempo.

Verificar costo y tiempo con ambas tecnologías en el levantamiento topográfico para ampliación del sistema de agua potable y alcantarillado del distrito de Huariaca – Pasco, 2024.

Tabla 4

Costo de pre test para la topografía LiDAR

| Presupuesto general para LiDAR | | | | |
|---|--------------------------|--------------------------|-----------------------------|------------------|
| Descripción | Personal asignado | Costo unitario S/ | Tiempo efectivo días | Total, S/ |
| I. Costo de personal: | | | | |
| A. Personal profesional: | | | | |
| Jefe de topografía | 1 | 250.00 | 22 | 5,500.00 |
| Piloto de drone certificado | 1 | 230.00 | 8 | 1,840.00 |
| Especialista en procesamiento LiDAR | 1 | 210.00 | 13 | 2,730.00 |
| Especialista manejo de GNSS Diferencial | 1 | 180.00 | 8 | 1,440.00 |
| Sub total | | | | 11,510.00 |
| B. Personal auxiliar: | | | | |
| Auxiliar de topografía | 1 | 150.00 | 6 | 900.00 |
| Ayudante de campo | 1 | 90.00 | 6 | 540.00 |
| Chofer | 1 | 150.00 | 10 | 1,500.00 |
| Sub total | | | | 2,940.00 |
| 1. Alquileres de equipos, materiales y servicio: | | | | |
| Dron DJ 1Matrke 350 | 1 | 300.00 | 8 | 2,400.00 |
| Sensor LiDAR L2 | 1 | 200.00 | 8 | 1,600.00 |
| GNSS Diferencial completo con accesorios | 1 | 300.00 | 8 | 2,400.00 |
| Trípode de aluminio Leica | 1 | 20.00 | 8 | 160.00 |
| Tribach + adaptador | 1 | 35.00 | 8 | 280.00 |
| PC Workstion completa | 1 | 50.00 | 22 | 1,100.00 |
| Impresora formatoA4 | 1 | 900.00 | | 900.00 |
| Impresora multifuncional HP DesignJet T120 | 1 | 20.00 | 20 | 400.00 |
| Lapicero | 1 | 25.00 | | 25.00 |
| Cuaderno de apuntes | 1 | 10.00 | | 10.00 |
| Camioneta 4x4 pickup | 1 | 350.00 | 10 | 3,500.00 |
| Papel bond 500 hojas de 75 g | 1 | 17.00 | | 17.00 |
| Rollo de papel para plotter | 1 | 40.00 | | 40.00 |
| GalloAl24 90 g,45 m | | | | |
| EPP · Guantes Multiflex Látex | 6 | 6.00 | | 36.00 |
| EPP -Lentes de Seguridad | 6 | 30.00 | | 180.00 |
| EPP - Pantalón de Trabajo DENIM | 6 | 50.00 | | 300.00 |
| C/R | | | | |
| EPP- Casco 3M | 6 | 40.00 | | 240.00 |
| EPP- Chaleco de seguridad verde | 6 | 55.00 | | 330.00 |
| EPP - Zapato punta de acero | 6 | 50.00 | | 300.00 |
| EPP - Protectores auditivos | 6 | 12.00 | | 72.00 |
| EPP ·Polo manga larga | 6 | 7.00 | | 42.00 |

| | | | |
|----------------------------------|---|-------------------------|------------------|
| Disco sólido externo SanDisk 4TB | 1 | 1,495.57 | 1,496.57 |
| Hospedaje | 6 | 180.00 | 1,080.00 |
| Alimentación | | 20.00 | 73 |
| Combustible | | 500.00 | 500.00 |
| Energía eléctrica | | 20.00 | 22 |
| | | <i>Sub total</i> | 19,308.57 |
| | | <i>Sub total</i> | 33,758.57 |
| 4. Utilidad: | | 10% | 3,375.86 |
| | | <i>Sub total</i> | 37,134.43 |
| 5. Impuestos: | | | |
| IGV | | 18% | 6,684.20 |
| | | <i>Total</i> | 43,818.62 |

Interpretación

La Tabla 4 presenta el presupuesto general para un proyecto LiDAR refleja una planificación detallada y estructurada, en la que se contemplan todos los costos asociados con personal, equipos, materiales y servicios necesarios para su ejecución. El gasto más significativo proviene del personal profesional, especialmente en áreas especializadas como el jefe de topografía y los especialistas en procesamiento LiDAR y GNSS, lo que resalta la alta especialización requerida para realizar este tipo de levantamientos. Además, el alquiler de equipos avanzados como el dron DJI y el sensor LiDAR L2 constituye una porción importante del presupuesto, evidenciando la inversión en tecnología de punta. El presupuesto también incluye gastos adicionales esenciales como transporte, alimentación y hospedaje, que reflejan los costos operativos durante el trabajo de campo. La asignación de un 10% de utilidad y el cálculo del IGV sobre el total indican un enfoque integral en el que se considera tanto el beneficio como los impuestos correspondientes. En conjunto, el presupuesto de S/ 43,818.62 muestra una estrategia bien fundamentada para garantizar el éxito del proyecto, cubriendo todos los aspectos financieros necesarios para su correcta implementación.

Tabla 5*Tiempo: Cronograma de actividades en el pre test*

| Actividad s | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Identificaci ón | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Identificaci ón del área de intervenció n Google Earth | | | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Revisión del estudio de pre inversión y planeamie nto técnico | | | | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Revisión del contenido del expediente técnico o reformular | | | | | X | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Alquiler de equipos | | | | | | X | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reconocim iento de terreno | | | | | | | X | | | | | | | | | | | | | | | |
| Trabajo en campo | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Planificaci ón de vuelos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Planificaci ón de vuelos en DJI Pilot | | | | | | | X | | | | | | | | | | | | | | | |
| Instalación de GNSS Diferencial en un punto conocido | | | | | | | | X | X | X | X | X | X | | | | | | | | | |
| Vuelo de drone Matrice 350 | | | | | | | | | X | X | X | X | X | X | | | | | | | | |
| Gabinete Descarga de data de GNSS Diferencial SOUTH Galaxy G7 | | | | | | | | | | | | | | | X | | | | | | | |
| Conversión a Rinex Descarga de datos | | | | | | | | | | | | | | | | X | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | |
|--|--|---|---|---|---|---|
| de DJI | | | | | | |
| Zenmuse | | | | | | |
| L2 | | | | | X | |
| Postprocesamiento en REDtoolbox | | | | | | |
| x Software de post procesamiento GNSS | | | | | | |
| PPK y geoetiquetado | | | | | | |
| Postprocesamiento en DJI terra | | X | X | X | | |
| Clasificación de nube de puntos en MicroStation | | | X | X | X | X |
| CONNECT - Terrasolid Generación de Modelo digital de terreno (MDT) | | | | X | X | |
| Generación de curvas a nivel de Global Mapper 25.1 | | | | | | X |
| Generación de curvas a nivel de Autodesk civil 3D 2025 | | | | | | X |

Interpretación

El cronograma de la Tabla 5 cubre todas las etapas necesarias para realizar un levantamiento topográfico preciso utilizando tecnología avanzada como GNSS, LiDAR y fotogrametría. Desde la planificación, instalación de equipos y reconocimiento del terreno, hasta el posprocesamiento de los datos y la generación de productos finales como el MDT y las curvas de nivel. Las actividades están claramente distribuidas a lo largo de los días, lo que permite un seguimiento organizado y eficiente del proyecto.

Tabla 6*Costo del post test para topografía LiDAR*

| Presupuesto general para presupuesto LiDAR | | | | |
|---|--------------------------|--------------------------|-----------------------------|------------------|
| Descripción | Personal asignado | Costo unitario s/ | Tiempo efectivo días | Total, s/ |
| 1. Costo de personal: | | | | |
| A. Personal profesional: | | | | |
| Jefe de topografía | 1 | 250.00 | 17.00 | 4,250.00 |
| Piloto de drone certificado | 1 | 230.00 | 6.00 | 1,380.00 |
| Especialista en procesamiento LiDAR | 1 | 210.00 | 10.00 | 2,100.00 |
| Especialista manejo de GNSS Diferencial | 1 | 180.00 | 6.00 | 1,080.00 |
| | Sub total | | | 8,810.00 |
| B. Personal auxiliar: | | | | |
| Auxiliar de topografía | 1 | 150.00 | 6.00 | 900.00 |
| Ayudante de campo | 1 | 90.00 | 6.00 | 540.00 |
| Chofer | 1 | 150.00 | 10.00 | 1,500.00 |
| | Sub total | | | 2,940.00 |
| 2. Alquileres de equipos, materiales y servicio: | | | | |
| Dron DJI Matrice 350 | 1 | 300.00 | 6.00 | 1,800.00 |
| Sensor LiDAR L2 | 1 | 200.00 | 6.00 | 1,200.00 |
| GNSS Diferencial completo con accesorios | 1 | 300.00 | 6.00 | 1,800.00 |
| Trípode de aluminio Leica | 1 | 20.00 | 6.00 | 120.00 |
| Tribach | 1 | 35.00 | 6.00 | 210.00 |
| PC Workstation completa | 1 | 50.00 | 15.00 | 750.00 |
| Impresoras manuales | 1 | 900.00 | | 900.00 |
| Impresora multifuncional | 1 | 20.00 | 14.00 | 280.00 |
| HP DesignJet T120 | | | | |
| Lapicero | 1 | 25.00 | | 25.00 |
| Cuaderno de apuntes | 1 | 10.00 | | 10.00 |
| Camioneta 4x4 pickup | 1 | 350.00 | 6.00 | 2,100.00 |
| Papel bond - 500 hojas de 75g | 1 | 17.00 | | 17.00 |
| Rollo de papel para plotter | 1 | 40.00 | | 40.00 |
| Gallo A1 24 90 g, 45 m | | | | |
| EPP - Guantes Multiflex | 6 | 6.00 | | 36.00 |
| Látex | | | | |
| EPP - Lentes de Seguridad | 6 | 30.00 | | 180.00 |
| EPP - Pantalón de Trabajo | 6 | 50.00 | | 300.00 |
| DENIM C/R | | | | |
| EPP - Casco 3M | 6 | 40.00 | | 240.00 |
| EPP - Chaleco de seguridad verde | 6 | 55.00 | | 330.00 |
| EPP - Zapato punta de acero | 6 | 50.00 | | 300.00 |
| EPP - Protectores auditivos | 6 | 12.00 | | 72.00 |
| EPP - Polo manga larga | 6 | 7.00 | | 42.00 |
| Disco sólido externo | 1 | 1,496.5 | | 1,496.57 |
| SanDisk 4TB | | 7 | | |
| Hospedaje | 6 | 180.00 | 30.00 | 1,080.00 |

| | | | | |
|----------------------|---|-------------------------|-------|------------------|
| Alimentación | 6 | 20.00 | 56.00 | 6,720.00 |
| Energía eléctrica | | 20.00 | 16.00 | 320.00 |
| | | <i>Sub total</i> | | 20,368.57 |
| | | <i>Sub total</i> | | 32,118.57 |
| 3. Utilidad: | | 10% | | 3,211.86 |
| | | <i>Sub total</i> | | 35,330.43 |
| 4. Impuestos: | | | | |
| - IR | | 8% | | 2,826.43 |
| | | <i>Total</i> | | 38,156.86 |

Interpretación

El presupuesto presentado en la Tabla 6 para el proyecto de topografía LiDAR asciende a un total de S/ 38,156.86, distribuido en diversas categorías. El mayor gasto recae en el costo de personal (S/ 11,750.00), que incluye al personal profesional especializado (jefe de topografía, piloto de dron certificado, especialistas en procesamiento LiDAR y GNSS diferencial) y el personal auxiliar (auxiliar de topografía, ayudante de campo y chofer). En cuanto a los alquileres de equipos y materiales, se destinan S/ 20,368.57, destacando el costo de los equipos especializados como el dron y el sensor LiDAR, además de los gastos operativos como hospedaje, alimentación, y equipos de protección personal. También se contempla un margen de utilidad del 10% (S/ 3,211.86) y un impuesto sobre la renta (IR) del 8% (S/ 2,826.43). El presupuesto está equilibrado, cubriendo tanto los costos directos de la operación como los aspectos logísticos y de seguridad, lo que asegura una ejecución completa y profesional del proyecto.

En ese sentido, el costo para la topografía LiDAR ha tenido una disminución en el post test, indicando que si mediante una adecuada planificación se puede realizar las gestiones de la mejor manera tanto en los personales de profesión u entre otros según el requerimiento que se necesita en el desarrollo de la topografía.

Tabla 7*Tiempo: Cronograma de actividades del post test para topografía LiDAR*

| Actividades | Mes 01 | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---------------|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 22 | 23 | 24 | 25 |
| Identificación: | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Identificación del área en intervención | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Google Earth | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Revisión del estudio de pre inversión y planteamiento técnico | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Revisión del contenido del expediente técnico a reformular | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Alquiler de equipos | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reconocimiento de terreno | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Trabajo en campo: | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Planificación de vuelos | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Planificación de vuelo en DJI Pilot | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Instalación de GNSS | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Diferencial en un punto conocido | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Vuelo de drone Matricial | | | | | | | | | | | | | | | | |
| GABINETE | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Descarga de data de GNSS | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Diferencial SOUTH Galaxy G7 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Conversión a Rinex | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Descarga de datos de DJI Zenmuse L2 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Postprocesamiento en REDtoolbox software de postprocesamiento GNSS PPK y geoetiquetado | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | |
|--|-----------|
| Postprocesamiento en DJI Terra | X X X |
| Clasificación de nube de puntos en MicroStation CONNECT - Terrasolid | X X X X X |
| Generación de Modelo Digital de Terreno (MDT) | X X |
| Generación de curvas a nivel en Global Mapper 25.1 | X |
| Verificación de curvas a nivel en Autodesk Civil 3D 2025 | X |

Interpretación

En la Tabla 7 correspondiente al cronograma de actividades refleja un proceso detallado y organizado, donde se combinan las tecnologías GNSS y LiDAR con fotogrametría para realizar un levantamiento topográfico preciso. Se sigue un flujo lógico que va desde la identificación y planificación del área, pasando por el trabajo de campo con drones y GNSS, hasta el posprocesamiento y generación de modelos topográficos detallados. Las actividades están claramente distribuidas en el tiempo, con una duración extendida que abarca varios meses, lo que permite un análisis completo y detallado del terreno para proyectos de mejoramiento y ampliación del sistema de agua potable.

Tabla 8*Costo del pre test para la fotogrametría*

| Presupuesto general para la fotogrametría | | | | |
|---|--------------------------|--------------------------|-----------------------------|------------------|
| Descripción | Personal asignado | Costo unitario s/ | Tiempo efectivo días | Total, s/ |
| 1. Costo de personal | | | | |
| a. Costo de personal | | | | |
| Jefe de topografía | 1 | 200.00 | 19 | 3,800.00 |
| Piloto de drone certificado | 1 | 200.00 | 7 | 1,400.00 |
| Especialista en procesamiento | 1 | 180.00 | 10 | 1,800.00 |
| Fotogrametría (Agisoft Metashape Professional) | | | | |
| Especialista manejo de GNSS Diferencial | 1 | 180.00 | 6 | 1,080.0 |
| | Sub total | | | 8,080.00 |
| B. Personal auxiliar | | | | |
| Auxiliar de topografía | 1 | 150 | 5 | 750.00 |
| Ayudante de campo | 1 | 90 | 5 | 450.00 |
| Chofer | 1 | 150 | 9 | 1,350.00 |
| | Sub total | | | 2,550.00 |
| 2. Alquileres de equipos, materiales y servicio: | | | | |
| Dron DJI Mavic 3 Enterprise | 1 | 250 | 7 | 1,750.00 |
| GNSS Diferencial completo con accesorios | 1 | 300 | 7 | 2,100.00 |
| Trípode de aluminio Leica | 1 | 20 | 7 | 140.00 |
| Tribach + adaptador | 1 | 35 | 7 | 245.00 |
| PC Workstation completa | 1 | 35 | 19 | 665.00 |
| Impresora manual | 1 | 900 | | 900.00 |
| Impresora multifuncional HP DesignJet T120 | 1 | 20 | 17 | 340.00 |
| Lapicero | 1 | 25 | | 25.00 |
| Cuaderno de apuntes | 1 | 10 | | 10.00 |
| Camioneta 4x4 pickup | 1 | 350 | 9 | 3,150.00 |
| Papel bond 500 hojas de 75g | 1 | 17 | | 17.00 |
| Rollo de papel para plotter GalloAI24 90Gr,45 m | 1 | 40 | | 40.00 |
| EPP Guantes Multiflex Látex | 5 | 6 | | 36.00 |
| EPP Lentes de Seguridad | 5 | 30 | | 180.00 |
| EPP Pantalón de Trabajo DENIM C/R | 5 | 50 | | 300.00 |
| EPP Casco 3M | 5 | 40 | | 240.00 |
| EPP Chaleco de seguridad verde | 5 | 55 | | 330.00 |
| EPP Zapato punta de acero | 5 | 50 | | 300.00 |
| EPP Protectores auditivos | 5 | 12 | | 72.00 |
| EPP Polo manga larga | 5 | 7 | | 42.00 |
| Disco sólido externo SanDisk 1TB | 1 | 390 | | 390.00 |
| Hospedaje | 5 | 180 | 30 | 1,080.00 |
| Alimentación | 5 | 20 | 62 | 1,240.00 |
| Combustible | | 500 | | 500.00 |
| Energía eléctrica | | 20 | 16 | 320.00 |
| | Sub total | | | 14,412.00 |
| | Sub total | | | 25,042.00 |
| 3. Utilidad: | | 10% | | 2,504.20 |
| | Sub total | | | 27,546.20 |
| 4. Impuestos: | | | | |
| IGV | | 18% | | 4,958.32 |
| | Total | | | 32,504.52 |

Interpretación

En la Tabla 8 sobre el análisis del presupuesto general de la pre prueba sobre la topografía de fotogrametría revela una distribución detallada de los costos involucrados en el proyecto. En primer lugar, los costos de personal representan una parte significativa, alcanzando un total de S/ 10,630.00. Este monto incluye salarios para el jefe de topografía, piloto de dron certificado, especialistas en fotogrametría y GNSS diferencial, así como el personal auxiliar como ayudantes de campo y choferes. Además, se contemplan los costos por la renta de equipos y materiales, que ascienden a S/ 14,412.00, como el alquiler del dron DJI Mavic 3 Enterprise, GNSS diferencial, impresoras y equipos de protección personal (EPP), entre otro que se van a requerir.

El presupuesto también contempla costos adicionales como hospedaje, alimentación, combustible y energía eléctrica, necesarios para la ejecución de las actividades de campo. Al agregar la utilidad de un 10% y el IGV (18%), el costo total del proyecto se eleva a S/ 32,504.52. Esta cifra final refleja la inversión necesaria para cubrir todos los gastos operativos y asegurar que el trabajo de fotogrametría se ejecute de manera eficiente, asegurando tanto la calidad técnica como la logística del proyecto que se realice.

Tabla 9

Tiempo: Cronograma de actividades de pre test para fotogrametría

| Actividades | Mes 01 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 |
| Identificación: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| - Identificación del área en intervención | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Google Earth | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| - Revisión del estudio de pre inversión y planteamiento técnico | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| - Revisión del contenido del expediente técnico a reformular | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | X | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| - Alquiler de equipos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | |
|---|-----------|
| - | X |
| Reconocimiento de terreno insitu | |
| Trabajo en campo: | |
| - Planificación de vuelos | |
| Planificación de vuelo en DJI | X |
| Piloto | |
| Instalación de GNSS | X X X X X |
| Diferencial en un punto conocido | |
| Vuelo de drone DJI Mavic 3 Enterprise | X X X X X |
| - Gabinete | X |
| Descarga de data de GNSS | X |
| Diferencial SOUTH Galaxy G7 | |
| Conversión a Rinex | X |
| Descarga de datos de drone DJI Mavic 3 Enterprise | X |
| Postprocesamiento en REDtoolbox | |
| software de postprocesamiento GNSS PPK y geoetiquetado | |
| Importación de fotografías al software Agisoft Metashape Professional | X |
| Orientación de fotografías al software Agisoft Metashape Professional | X |
| Crear nube de puntos en el software Agisoft Metashape Professional | X X X |
| Generación de Modelo Digital de Terreno (MDT) | X X |
| Crear ortomosaico en el software Agisoft | X X |

| | |
|--|---|
| Metashape Professional | X |
| Generación de curvas a nivel en Global Mapper 25.1 | |
| Verificación de curvas a nivel en Autodesk Civil 3D 2025 | X |

Interpretación

En la Tabla 9 sobre el cronograma de actividades para la fotogrametría muestra una planificación detallada a lo largo de los 19 días del proyecto, abarcando tanto tareas de identificación y trabajo en campo como actividades en gabinete. Durante los primeros días, se concentran principalmente en la fase de identificación, que incluye tareas como la revisión de estudios previos, el alquiler de equipos y el reconocimiento de terreno. Estas actividades son cruciales para sentar las bases antes de las tareas prácticas en campo. En la fase de trabajo en campo, se destaca la planificación de vuelos y la instalación del GNSS diferencial, además del vuelo con el dron DJI Mavic 3 Enterprise, que se lleva a cabo en días intermedios.

Una vez completadas las actividades de campo, el cronograma contempla diversas tareas en gabinete como la descarga de datos, postprocesamiento utilizando REDtoolbox para el GNSS y geoetiquetado, así como la importación y orientación de fotografías en Agisoft Metashape Professional para la creación de la nube de puntos, modelos digitales de terreno (MDT) y ortomosaicos. El proceso culmina con la generación de curvas de nivel en Global Mapper y su verificación en Autodesk Civil 3D, asegurando la precisión y calidad del producto final. Este cronograma bien estructurado permite visualizar claramente las actividades y sus tiempos de ejecución, asegurando un flujo ordenado y eficiente del trabajo en fotogrametría.

Tabla 10*Presupuesto para post test para el estudio de fotogrametría*

| Presupuesto general para la fotogrametría | | | | |
|--|--------------------------|--------------------------|-----------------------------|------------------|
| Descripción | Personal asignado | Costo unitario S/ | Tiempo efectivo días | Total, S/ |
| 1. Costo de personal: | | | | |
| a. Personal profesional: | | | | |
| Jefe de topografía | 1 | 200.00 | 15.00 | 3,000.00 |
| Piloto de drone certificado | 1 | 200.00 | 6.00 | 1,200.00 |
| Especialista en procesamiento Fotogrametría (Agisoft Metashape Professional) | 1 | 180.00 | 9.00 | 1,620.00 |
| Especialista manejo de GNSS Diferencial | 1 | 180.00 | 6.00 | 1,080.00 |
| | Sub total | | | 6,900.00 |
| B. Personal auxiliar: | | | | |
| Auxiliar de topografía | 1 | 150.00 | 6.00 | 900.00 |
| Ayudante de campo | 1 | 90.00 | 6.00 | 540.00 |
| Chofer | 1 | 150.00 | 10.00 | 1,500.00 |
| | Sub total | | | 2,940.00 |
| 2. Alquileres de equipos, materiales y servicio: | | | | |
| Dron DJI Mavic 3 Enterprise | 1 | 250.00 | 6.00 | 1,500.00 |
| GNSS Diferencial completo con accesorios | 1 | 300.00 | 6.00 | 1,800.00 |
| Tripode de aluminio Leica | 1 | 20.00 | 6.00 | 120.00 |
| Tribach | 1 | 35.00 | 6.00 | 210.00 |
| PC Workstation completa | 1 | 35.00 | 15.00 | 525.00 |
| Impresoras manuales | 1 | 900.00 | | 900.00 |
| Impresora multifuncional HP DesignJet T120 | 1 | 20.00 | 14.00 | 280.00 |
| Lapicero | 1 | 25.00 | | 25.00 |
| Cuaderno de apuntes | 1 | 10.00 | | 10.00 |
| Camioneta 4x4 pickup | 1 | 350.00 | 6.00 | 2,100.00 |
| Papel bond - 500 hojas de 75g | 1 | 17.00 | | 17.00 |
| Rollo de papel para plotter Gallo A1 24 90Gr, 45 m | 1 | 40.00 | | 40.00 |
| EPP - Guantes Multiflex Látex | 6 | 6.00 | | 36.00 |
| EPP - Lentes de Seguridad | 6 | 30.00 | | 180.00 |
| EPP - Pantalón de Trabajo | 6 | 50.00 | | 300.00 |
| DENIM C/R | | | | |
| EPP - Casco 3M | 6 | 40.00 | | 240.00 |
| EPP - Chaleco de seguridad verde | 6 | 55.00 | | 330.00 |
| EPP - Zapato punta de acero | 6 | 50.00 | | 300.00 |
| EPP - Protectores auditivos | 6 | 12.00 | | 72.00 |
| EPP - Polo manga larga | 6 | 7.00 | | 42.00 |
| Disco sólido externo SanDisk 1TB | 1 | 390.00 | | 390.00 |
| Hospedaje | 6 | 180.00 | 30.00 | 1,080.00 |
| Alimentación | 6 | 20.00 | 54.00 | 6,480.00 |
| Energía eléctrica | | 20.00 | 16.00 | 320.00 |

| | | |
|----------------------|-------------------------|-------------------------|
| | <i>Sub total</i> | 17,297.00 |
| | <i>Sub total</i> | 27,137.00 |
| 3. Utilidad: | 10% | 2,713.70 |
| | | <i>Sub total</i> |
| 4. Impuestos: | | 29,850.70 |
| - IR | 8% | 2,388.06 |
| | <i>Total</i> | 32,238.76 |

Interpretación

En la Tabla 10 se expresa el presupuesto general para el estudio de fotogrametría muestra una planificación financiera detallada, donde se incluyen tanto los costos de personal como los gastos por alquiler de equipos, materiales y servicios. En cuanto al personal, el costo de los profesionales asignados, como el jefe de topografía, el piloto de dron certificado y los especialistas en procesamiento fotogramétrico y GNSS, alcanza un total de S/ 6,900.00. A esto se suman los costos del personal auxiliar (auxiliar de topografía, ayudante de campo y chofer), que ascienden a S/ 2,940.00. En cuanto a los alquileres de equipos, destacan gastos como el alquiler del dron DJI Mavic 3 Enterprise, el GNSS diferencial y la camioneta 4x4, alcanzando un total de S/ 17,297.00. Además, se incluyen costos operativos como el hospedaje, alimentación y equipos de protección personal (EPP). El presupuesto también contempla una utilidad del 10%, lo que aumenta el monto a S/ 29,850.70, y los impuestos, con un IR del 8%, elevan el costo final a S/ 32,238.76. En general, el presupuesto está bien estructurado, considerando todos los recursos y servicios necesarios para llevar a cabo un estudio de fotogrametría preciso y eficaz. Pero en comparación con el presupuesto en el pre test se ha tenido una disminución después de la aplicación para el proyecto de fotogrametría y realizándose así la planificación más adecuada.

Tabla 11*Cronograma de actividades de post test para la fotogrametría*

| Actividades | Mes 01 | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---------------|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 22 | 23 | 24 | 25 |
| Identificación | | | | | | | | | | | | | | | |
| - Identificación del área en intervención Google Earth | | | | | | | | | | | | | | | |
| - Revisión del estudio de pre inversión y planteamiento técnico | | | | | X | | | | | | | | | | |
| - Revisión del contenido del expediente técnico a reformular | | | | | | X | | | | | | | | | |
| - Alquiler de equipos | | | | | | | X | | | | | | | | |
| - Reconocimiento de terreno insitu | | | | | | | | X | | | | | | | |
| Trabajo en campo: | | | | | | | | | | | | | | | |
| Planificación de vuelos | | | | | | | | | | | | | | | |
| Planificación de vuelo en DJI Pilot | | | | | | X | | | | | | | | | |
| Instalación de GNSS Diferencial en un punto conocido | | | | | | | X | X | X | X | X | X | | | |
| Vuelo de drone DJI Mavic 3 Enterprise | | | | | | | X | X | X | X | X | X | | | |
| - Gabinete | | | | | | | | | | | | | | | |
| Descarga de data de GNSS Diferencial SOUTH Galaxy G7 | | | | | | | | | | | | X | | | |
| Conversión a Rinex | | | | | | | | | | | | X | | | |
| Descarga de datos de drone DJI Mavic 3 Enterprise | | | | | | | | | | | | X | | | |
| Postprocesamiento en REDtoolbox software de postprocesamiento GNSS PPK y geoetiquetado | | | | | | | | | | | | X | | | |
| Importación de fotografías al software Agisoft | | | | | | | | | | | | | X | | |

| | |
|--|-------|
| Metashape Professional Orientación de fotografías al software Agisoft | X X |
| Metashape Professional Crear nube de puntos en el software Agisoft | X X X |
| Metashape Professional Generación de Modelo Digital de Terreno (MDT) | X X X |
| Crear ortomosaico en el software Agisoft | X |
| Metashape Professional Generación de curvas a nivel en Global Mapper 25.1 | X |
| Verificación de curvas a nivel en Autodesk Civil 3D 2025 | X |

Interpretación

En la Tabla 11 se presentó el cronograma de actividades para la fotogrametría que se presenta muestra un enfoque detallado y secuencial de las tareas necesarias para llevar a cabo el proceso. En la fase de Identificación, se destacan actividades clave como la revisión de estudios previos y la identificación del área de intervención mediante Google Earth, lo que permite una preparación sólida antes de pasar al trabajo en campo. Durante la etapa de Trabajo en Campo, las tareas relacionadas con la planificación de vuelos, la instalación de equipos GNSS, y la realización del vuelo con el dron DJI Mavic 3 Enterprise son cruciales para obtener los datos necesarios. En la fase de Gabinete, se llevó a cabo un proceso meticoloso de postprocesamiento que incluye la descarga y conversión de datos, el uso de software especializado como REDtoolbox y Agisoft Metashape Professional para generar modelos y ortomosaicos, y la verificación final mediante software como Autodesk Civil 3D. El cronograma está bien estructurado en días específicos, lo que facilita el seguimiento y asegura que cada etapa del proceso se realice de manera eficiente y en el tiempo adecuado.

4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

4.2.1. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS GENERAL

Al comparar la precisión de dos tecnologías se determinó que existe predominancia en precisión al 95% uno frente al otro en el levantamiento topográfico para ampliación del sistema de agua potable y alcantarillado del distrito de Huariaca – Pasco, 2024, se podría inferir que, al comparar la precisión de ambas tecnologías, existe una predominancia en precisión al 95%, pero la diferencia no es significativa y ambas ofrecen resultados adecuados para los fines del proyecto. Al analizar los datos proporcionados para las tecnologías de fotogrametría y LiDAR, se puede observar que ambos métodos presentan resultados similares en cuanto a las coordenadas de los puntos (Este, Norte) y las altitudes correspondientes. Sin embargo, al realizar una comparación más detallada, se puede notar que las diferencias en las altitudes entre ambas tecnologías son mínimas en la mayoría de los puntos, con algunas variaciones más notorias en puntos específicos. Como, el punto BM47 tiene una diferencia de altitud de 0.295 m entre fotogrametría (3010.020 m) y LiDAR (3009.725 m). Estas pequeñas diferencias sugieren que, en términos de precisión, ambos métodos tienen un rendimiento comparable, con una ligera ventaja para la fotogrametría en algunos puntos y para LiDAR en otros, lo que podría indicar que ambas tecnologías son viables para el levantamiento topográfico en la ampliación del sistema de agua potable y alcantarillado en el distrito de Huariaca.

4.2.2. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS ESPECÍFICA N° 1

Se logró verificar la precisión con relación a la tecnología GNSS sensor LiDAR con la tecnología GNSS fotogrametría en el levantamiento topográfico para ampliación del sistema de agua potable y alcantarillado del distrito de Huariaca – Pasco, 2024. Según los resultados de la Tabla 2 se puede verificar la precisión entre la tecnología GNSS Sensor LiDAR y la tecnología GNSS Fotogrametría en el levantamiento topográfico. Al

analizar los datos obtenidos, se observa que ambas tecnologías presentan una alta precisión en las coordenadas horizontales (Este y Norte), con diferencias mínimas entre los valores, lo que indica que ambas son igualmente precisas en la localización de los puntos de referencia. Sin embargo, en cuanto a la altitud, aunque las diferencias son pequeñas, se encuentran variaciones de hasta 0.295 m en algunos puntos, lo que podría ser significativo dependiendo de los requisitos de precisión en el proyecto. Por ello, los resultados confirman que ambas tecnologías tienen una precisión similar, validando parcialmente la hipótesis, aunque la diferencia en altitudes podría ser un factor relevante según el nivel de exactitud requerido.

4.2.3. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS ESPECÍFICA N° 2

Se logra verificar costo y tiempo con ambas tecnologías en el levantamiento topográfico para ampliación del sistema de agua potable y alcantarillado del distrito de Huariaca – Pasco, 2024, se observa que, aunque ambas tecnologías presentan tiempos de ejecución similares (17 días para LiDAR y 17 días para Fotogrametría), LiDAR resulta ser más costosa, con un total de S/ 38,156.86 frente a S/ 32,238.76 de la Fotogrametría, lo que implica una diferencia de S/ 5,918.10. Este costo adicional representa un 5.8% más, lo que hace que la Fotogrametría sea la opción más económica, sin sacrificar significativamente el tiempo. Por lo tanto, si el objetivo es optimizar los costos, la Fotogrametría sería preferible, mientras que LiDAR podría justificarse si se requiere una mayor precisión en terrenos complejos, aunque el tiempo de ejecución no varíe considerablemente.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. PRESENTAR LA CONTRASTACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

De acuerdo a la hipótesis general: Al comparar la precisión de dos tecnologías se determina que existe predominancia en precisión al 95% uno frente al otro en el levantamiento topográfico para ampliación del sistema de agua potable y alcantarillado del distrito de Huariaca – Pasco, 2024, de acuerdo a los resultados ambas tecnologías existen una predominancia en precisión al 95%, pero la diferencia no es significativa y ambas ofrecen resultados adecuados para los fines del proyecto. Es así como estas diferencias en términos de precisión, ambos métodos tienen un rendimiento comparable, con una ligera ventaja para la fotogrametría en algunos puntos y para LiDAR en otros, lo que podría indicar que ambas tecnologías son viables para el levantamiento topográfico. Este resultado que se encontró en la investigación puede compararse con el estudio desarrollado por Martínez y Bermeo (2023), donde llegan a concluir que se ha proporcionado información actualizada sobre las tecnologías topográficas más eficaces y eficientes, adicional a ello los resultados podrán ser utilizados por profesionales e instituciones implicadas en la planificación y gestión de áreas geográficas. Por lo tanto, realizar la comparación de estas tecnologías es crucial para elegir la herramienta adecuada en el levantamiento topográfico, ya que cada una presenta ventajas y limitaciones según las condiciones del terreno y los objetivos del proyecto. La fotogrametría, que utiliza imágenes aéreas o terrestres para crear modelos tridimensionales, es más accesible y económica, pero puede verse limitada por factores como la visibilidad y las condiciones climáticas. Por otro lado, LiDAR ofrece una mayor precisión, especialmente en terrenos complejos o cubiertos de vegetación densa, ya que utiliza pulsos láser para medir distancias con gran exactitud. Al comparar ambas tecnologías, se pueden determinar los métodos más eficientes y rentables para obtener datos topográficos de alta calidad, considerando factores como el costo, la resolución requerida, el tipo de terreno y el tiempo

disponible.

De acuerdo a la hipótesis específica 1: Se logró verificar la precisión en relación a la tecnología GNSS sensor LiDAR con la tecnología GNSS fotogrametría en el levantamiento topográfico para ampliación del sistema de agua potable y alcantarillado del distrito de Huariaca – Pasco, 2024, de acuerdo a los resultados, se ha podido verificar que ambas tecnologías muestran una alta precisión en las coordenadas horizontales (Este y Norte), con diferencias mínimas entre los valores, lo que sugiere que ambas son igualmente precisas en la localización de los puntos de referencia. No obstante, en cuanto a la altitud, aunque las diferencias son pequeñas, se observan variaciones de hasta 0.295 m en ciertos puntos. Es así como estos resultados se pueden contrastar con la investigación desarrollada por Llanos (2021), donde llega a concluir que la precisión, costo y tiempo del levantamiento topográfico con Estación Total South N4 fueron de 0.0314%, S/1,860.00 y 23 horas respectivamente, mientras que con Dron DJI Mavic 3 Enterprise se obtuvo 0.1901%, S/1,250.00 y 35.5 horas respectivamente. Por lo tanto, es fundamental llevar a cabo una verificación exhaustiva de ambas tecnologías, ya que, aunque ambas se emplean para capturar datos geoespaciales, operan de manera distinta y proporcionan niveles variables de exactitud y resolución. El GNSS sensor LiDAR utiliza el posicionamiento satelital para georreferenciar datos obtenidos mediante láser, lo que permite obtener información detallada sobre el terreno, incluyendo elementos verticales, con alta precisión en áreas complejas o de difícil acceso. Por otro lado, la fotogrametría GNSS emplea imágenes aéreas y algoritmos fotogramétricos para generar modelos 3D, aunque su precisión depende de la calidad de las imágenes y la calibración de las cámaras. Al comparar ambas tecnologías, es fundamental asegurarse de que sus resultados sean consistentes y precisos, ya que una discrepancia podría afectar la calidad del levantamiento topográfico y la toma de decisiones en proyectos de ingeniería.

De acuerdo a la hipótesis específica 2: Se logró verificar costo y tiempo con ambas tecnologías en el levantamiento topográfico para ampliación del sistema de agua potable y alcantarillado del distrito de Huariaca – Pasco,

2024, según los resultados obtenidos el LiDAR resulta ser más costoso, con un total de S/ 38,156.86, frente a S/ 32,238.76 de la fotogrametría, lo que representa una diferencia de S/ 5,918.10, en cuestión de tiempo ambos son similares por lo que por esa parte no se tiene inconveniencia, por ello, la Fotogrametría sería preferible, mientras que LiDAR podría justificarse si se requiere una mayor precisión en terrenos complejos, aunque el tiempo de ejecución no varíe considerablemente. Estos resultados podemos contrastar con la investigación desarrollado por Delgado y Sánchez (2022), donde llegan a concluir que el uso del vehículo aéreo no tripulado obtiene una máxima variación de -0.137 m en el Este y -0.199 m en el Norte, mientras que con la estación total un 0.003 m en el Este y 0.004 m en el Norte, en la planimetría; en altimetría solo el vehículo aéreo no tripulado tiene una variación máxima de 0.183 m.s.n.m. Por lo tanto, se puede decir que, la determinación del tiempo y costo es crucial para optimizar los recursos en proyectos de geolocalización y mapeo. Mientras que GNSS proporciona precisión en la localización y seguimiento de objetos en grandes áreas, LiDAR permite obtener modelos tridimensionales detallados del terreno o estructuras, siendo fundamental en la planificación de recursos. Evaluar ambos aspectos asegura que el proyecto se ejecute de manera eficiente, dentro de los plazos establecidos y con el presupuesto adecuado, evitando costos inesperados o retrasos, al mismo tiempo que se selecciona la tecnología que mejor se adapte a las necesidades específicas de la tarea.

CONCLUSIONES

- Al comparar la precisión de dos tecnologías en el levantamiento topográfico para ampliación del sistema de agua potable y alcantarillado del distrito de Huariaca – Pasco, 2024, se observó que ambas tecnologías presentan resultados altamente comparables, con una precisión del 95%. Las pequeñas diferencias en las altitudes entre ambos métodos, como la diferencia de 0.295 m en el punto BM47, son mínimas y no afectan significativamente los resultados finales. Por lo tanto, se puede afirmar que ambas tecnologías son igualmente viables para los fines del proyecto, y la elección de una u otra dependerá de factores adicionales como costos, disponibilidad de equipos y tiempos de ejecución, ya que en términos de precisión no presentan una diferencia significativa.
- Se verificó la precisión con relación a la tecnología GNSS sensor LiDAR con la tecnología GNSS fotogrametría en el levantamiento topográfico para ampliación del sistema de agua potable y alcantarillado del distrito de Huariaca – Pasco, 2024, demostrando que ambas tecnologías presentan una alta precisión en las coordenadas horizontales (Este y Norte), con mínimas diferencias. Sin embargo, en cuanto a la altitud, se identificaron variaciones de hasta 0.295 m, lo que podría ser relevante dependiendo de los requisitos específicos del proyecto. Por ello, ambas tecnologías son igualmente precisas para la localización de puntos, pero la diferencia en la altitud podría influir en la elección de la tecnología según el nivel de exactitud requerido para el proyecto.
- Se verificó el costo y tiempo con ambas tecnologías en el levantamiento topográfico para ampliación del sistema de agua potable y alcantarillado del distrito de Huariaca – Pasco, 2024, observando que, aunque ambas tecnologías tienen tiempos de ejecución similares (17 días para LiDAR y Fotogrametría), la Fotogrametría resulta ser la opción más económica, con un ahorro de S/ 5,918.10, lo que representa un 5.8% menos en comparación con LiDAR. Esto hace que, se puede optimizar los costos, la fotogrametría sea la opción preferida. Sin embargo, LiDAR podría justificarse si se requiere mayor precisión en terrenos complejos, aunque no aporte una diferencia significativa en el tiempo de ejecución.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda a los ingenieros para los diferentes proyectos evalúen factores adicionales como el costo, la disponibilidad de equipos y los tiempos de ejecución al momento de elegir entre las dos tecnologías. Por ello, se debe realizarse la decisión en base a los aspectos logísticos y operativos, optimizando recursos y asegurando que el proyecto se ejecute de manera eficiente y dentro de los plazos establecidos.
- Se recomienda considerar el uso de la tecnología GNSS sensor LiDAR para proyectos donde la precisión en la altitud sea un factor crítico, ya que, aunque ambas tecnologías presentan alta precisión en las coordenadas horizontales, las variaciones en la altitud podrían ser significativas en ciertos contextos. Si el proyecto requiere una precisión altimétrica estricta, sería recomendable realizar una evaluación más detallada de las tolerancias permitidas para la altitud o complementar el levantamiento con otros métodos que permitan reducir dicha variabilidad.
- Se recomienda priorizar el uso de la Fotogrametría para el levantamiento topográfico en la ampliación del sistema de agua potable y alcantarillado en las diferentes localidades que se realiza dado a que los costos son accesibles, pero también es recomendable considerar el uso de LiDAR en casos específicos donde se requiera mayor precisión, especialmente en terrenos complejos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alvarado, C. R. (2019). *Análisis de la precisión entre los levantamientos aerofotogramétrico realizado con el Dron EBEE Plus y Topográfico realizado con el GPS diferencial en la Universidad Nacional Hermilio Valdizán Huánuco*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Hermilio Valdizán] Repositorio institucional UNHEVAL. <https://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/6056>

Andrade, A. (1980). *La fotogrametría y su aplicación a la ingeniería* [Tesis de pregrado, Universidad Autónoma de Querétaro]. Repositorio Institucional UAQ. <https://ri-ng.uaq.mx/handle/123456789/4960>

Amaringo, E. D. y Mundaca, F. B. (2020). *Evaluación y comparación de un levantamiento topográfico con estación total y drone en la elaboración del expediente de situaciones de riesgos potenciales del km 184+400 y km 184+700 en la Carretera dv. Cerro de Pasco – Huánuco*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Hermilio Valdizán]. Repositorio institucional UNHEVAL. <https://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/6158>

Arias, J. & Covinos, M. (2021). *Diseño y Metodología de la Investigación. Enfoques Consulting EIRL*. https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w26022w/Arias_S2.pdf

Collazo, L. D. C. (2010). *Importancia de la topografía en el estudio y desarrollo del Proyecto planta de tratamiento de aguas residuales Tenorio-Villa de Reyes* [Tesis de posgrado, Universidad Autónoma de San Luis Potosí] Repositorio Institucional UASLP. <https://repositorioinstitucional.uaslp.mx/xmlui/handle/i/2049>

Del Rio, O., Gómez, F. D., López, N. V., Saenz, J. A y Espinosa, A. T. (2020). Análisis comparativo de levantamiento topográfico tradicional y tecnología de Drones. *Revista de Arquitectura e Ingeniería*, 14(2), 1-10. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193963490001>

Delgado, E. F. y Sánchez, J. C. (2022). *Levantamiento topográfico con estación total y vehículo aéreo no tripulado para evaluar la precisión, costo y tiempo en un proyecto de drenaje pluvial, en el centro poblado, Ciudad de Dios en el distrito de San José, provincia y departamento de Lambayeque* [Tesis de pregrado, Universidad San Martín de Porres]. Repositorio institucional USMP. https://repositorio.usmp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12727/11114/delgado_cef-sanchez_bjc.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Geodesical. (s.f.). Estaciones Totales Topográficas en proyectos de ingeniería civil. Portal web Geodesical. <https://geodesical.com/es/novedades/articulos/estaciones-totales-topograficas-proyectos-ingeneria-civil>

Hernández-Sampieri, R., Baptista, M. P. & Collado, C. (2014). Metodología de la investigación (6.ª ed.). McGraw Hill Interamericana. esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-Metodología%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf

Instituto de Información Estadística y Geográfica de Jalisco (2020). *Glosario GPS/GNSS, Geodesia, Fotogrametría, Topografía, Cartografía y Catastro*. Portal web IIEG. https://iieg.gob.mx/ns/wp-content/uploads/2020/01/GLOSARIO_IIEG-2020.pdf

Llanos, J. J. (2021). *Análisis comparativo de resultados obtenidos de un levantamiento topográfico haciendo uso de drones y método tradicional Trujillo 2021* [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte]. Repositorio institucional UPN. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/35835>

Lozano, É., Gordillo, H. y Segura, Á. M. (2017). Beneficios de la adquisición de cartografía del subsuelo para el catastro de redes subterráneas. Análisis económico para el catastro de redes de servicios públicos en zonas urbanas: método no invasivo. *Revista de Topografía Azimut*, 63-79. <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/azimut/article/download/10571/13474/62729>

Mamani, H. A. (2020). Levantamiento topográfico tradicional y aerofotogrametrías desde vehículos aéreos no tripulados (vandrones), comparación de coordenadas horizontales y verticales. *Revista Tecnológica*, 6(22), 7-12. http://revistasbolivianas.umsa.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1729-75322020000100002&lng=pt&nrm=iso

Martínez y Bermeo (2023). *Análisis comparativo de precisión y eficiencia de tecnologías topográficas para levantamientos: Fotogrametría y LiDAR aerotransportado con Dron y receptor GNSS (Modo RTK), aplicado al parque El Paraíso de la ciudad de Cuenca* [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica Salesiana] Repositorio institucional UPS <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/26953>

Melo, C. E., Malagón, D. A. y Ramírez, D. D. (2019). Interpoladores determinísticos espacio-temporales, series de tiempo y análisis de datos funcionales para el estudio y predicción de la precipitación en Cundinamarca y Bogotá D.C. 2017-2020. *Revista de Topografía Azimut*, 1-10. <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/azimut/article/download/14973/15707/85193>

Mesa, D. H., Ortiz, Y. y Pinzón, M. (2006). La confiabilidad, la disponibilidad y la mantenibilidad, disciplinas modernas aplicadas al mantenimiento. *Scientia et Technica*, 12(30), 155-160. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4830901.pdf>

Miguel, O. L. (2014). La evaluación de la exactitud posicional de la información geográfica según los estándares en uso. *Revista Cartográfica*, 81-96. <https://www.revistasipgh.org/index.php/rcar/article/download/478/496/726>

Ojeda, F. A. (2023). *Estudio comparativo entre la topografía clásica con estación total y la fotogrametría digital mediante vehículos aéreos no tripulados (VANT) en minería a cielo abierto*. [Tesis de pregrado,

Universidad de Concepción]. Repositorio Institucional UDEC. <https://repositorio.udc.cl/handle/11594/11127>

Pinto, F. (2012). *Geomática Tecnologías De Punta*. 1a Edición. Editorial Palibrio.

https://www.google.com.pe/books/edition/Geom%C3%A1tica_Tecnolog%C3%A1cADas_De_Punta/tiEG2MFpqXwC?hl=es&gbpv=1&pg=PP1&printsec=frontcover

Quispe, Y. R. (2024). *Análisis comparativo de coordenadas topográficas obtenidos con dos metodologías: Equipos GNSS y estación total para el proyecto vía expresa Cusco 2023* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Federico Villareal]. Repositorio institucional UNFV. https://repositorio.unfv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13084/9022/UNFV_FIGAE_Quispe%20Ccarhuas%20Yuri%20Raul_Titulo%20profesional_2024.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Rivero, M. S., Meneses, P. W., García, J., Anibal, R. y Zevallos, E. L. (2021). *Metodología de la investigación*. Editorial Editorial Universidad Nacional Hermilio Valdizán. <http://isbn.bnpgob.pe/catalogo.php?mode=detalle&nt=119983>

Santamaría, J. y Sanz, T. (2011). Fundamentos de fotogrametría. *Material didáctico de ingenierías*. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/libro/492591.pdf>

Vásquez, B. A. (2021). *Análisis comparativo del levantamiento topográfico utilizando la fotogrametría con dron y levantamiento topográfico tradicional en la urbanización Buena Vista, distrito Amarilis, 2021*. [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio institucional UDH. <http://repositorio.udh.edu.pe/20.500.14257/4604>

Wolf, P. R. y Ghilani, C. D. (2015). Topografía. Editorial Alpha.

Yamasqui, J. D. (2022). *Evaluación y valoración de levantamientos topográficos mediante aerofotogrametría y métodos tradicionales, utilizando estación total o GPS diferencial*. [Tesis de pregrado,

Universidad Nacional de Chimborazo]. Repositorio institucional UNACH. <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/9089/1/TESIS-CORREGIDA.pdf>

YellowScan (2024, 2 de julio). *LiDAR vs Fotogrametría: Principales diferencias y aplicaciones*. <https://www.yellowscan.com/es/knowledge/LiDAR-vs-photogrammetry-key-differences-and-applications/#:~:text=El%20LiDAR%20mide%20directamente%20las,potencialmente%20la%20posibilidad%20de%20errores>.

Zamora, M. C. (2017). La tecnología LiDAR, herramienta útil para el estudio de la biodiversidad. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 8(39), 4-6. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11322017000100004&doiNg=es&tlNg=es

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Suarez Lastra, L. (2025). *Comparativa en precisión de dos tecnologías en el levantamiento topográfico para ampliación del sistema de agua potable y alcantarillado del distrito de Huariaca – Pasco, 2024* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. <http://...>

ANEXOS

ANEXO 1

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Título COMPARATIVA EN PRECISIÓN DE DOS TECNOLOGÍAS EN EL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO PARA AMPLIACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DEL DISTRITO DE HUARIACA – PASCO, 2024

| Problema | Objetivo | Hipótesis | Variable | Metodología |
|---|---|---|--|---|
| Problema general ¿Cómo se presenta la precisión de dos tecnologías en el levantamiento topográfico para ampliación del sistema de agua potable y alcantarillado del distrito de Huariaca – Pasco, 2024? | Objetivo general Comparar la precisión de dos tecnologías en el levantamiento topográfico para ampliación del sistema de agua potable y alcantarillado del distrito de Huariaca – Pasco, 2024. | Hipótesis general Al comparar la precisión de dos tecnologías se determina que existe predominancia en precisión al 95% uno frente al otro en el levantamiento topográfico para ampliación del sistema de agua potable y alcantarillado del distrito de Huariaca – Pasco, 2024. | Variable independiente Precisión Dimensiones D1: Tiempo D2: Costo | Tipo: Aplicada Enfoque: Cuantitativo Diseño: Experimental – comparativo Población: Todos los levantamientos topográficos realizados en la localidad de Huariaca para la ampliación del sistema de agua potable y alcantarillado con un total de 64. |
| Problemas específicos ¿De qué manera se verifica la precisión en relación a la tecnología GNSS sensor LiDAR con la tecnología GNSS fotogrametría en el levantamiento topográfico para ampliación del sistema de agua potable y alcantarillado del distrito de Huariaca – Pasco, 2024? | Objetivos específicos Verificar la precisión con relación a la tecnología GNSS sensor LiDAR con la tecnología GNSS fotogrametría en el levantamiento topográfico para ampliación del sistema de agua potable y alcantarillado del distrito de Huariaca – Pasco, 2024. | Hipótesis específicas Se logra verificar la precisión con relación a la tecnología GNSS sensor LiDAR con la tecnología GNSS fotogrametría en el levantamiento topográfico para ampliación del sistema de agua potable y alcantarillado del distrito de Huariaca – Pasco, 2024. | Variable dependiente Dos tecnologías en el levantamiento topográfico Dimensiones D1: GNSS – SENSOR LiDAR D2: GNSS - FOTOGRAFÍA | Muestra: Misma cantidad de la población. Técnica: Observación Instrumento: Ficha de recolección de datos y guía de observación. |
| ¿De qué manera se verifica el costo y tiempo con ambas tecnologías en el levantamiento topográfico para ampliación del sistema de agua potable y | Verificar costo y tiempo con ambas tecnologías en el levantamiento topográfico para ampliación del sistema de agua potable y | | | |

de agua potable y alcantarillado del distrito de Huariaca – Pasco, 2024. de agua potable y alcantarillado del distrito de Huariaca – Pasco, 2024?

Se logra verificar costo y tiempo con ambas tecnologías en el levantamiento topográfico para ampliación del sistema de agua potable y alcantarillado del distrito de Huariaca – Pasco, 2024.

ANEXO 2

FICHAJE DE RECOLECCIÓN

ANEXO 3

GUÍA DE OBSERVACIÓN

ANEXO 4

PUNTOS DE UBICACIÓN BM-11

|  | CONSORCIO RANCO 1 | | | | |
|---|--|------------------|---|--|-------------------------------------|
| | FICHA TÉCNICA DE DESCRIPCIÓN DE BM | | | BM-11 | |
| PROYECTO | MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE LA LOCALIDAD DE HUARIACA | | | CUI | 2134396 |
| DEPARTAMENTO | PASCO | | PROVINCIA | PASCO | |
| DISTRITO | HUARIACA | | LOCALIDAD | VISTA ALEGRE | |
| CÓDIGO DEL PUNTO | BM-11 | CATEGORÍA | BM | ESTABLECIDA PARA | MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE HUARIACA |
| UBICACIÓN | | | CARACTERÍSTICAS DE LA MARCA | | |
| <p>El BM se encuentra al costado de la línea de conducción de la PTAP de Ranco hacia la ciudad de Huariaca.</p> | | | <p>Hito de concreto en forma de cubo, medidas de tubería 4 pulgadas de diámetro x 40cm, con una barra de acero corrugado de 8mm de diámetro incrustado en el en centro del hito. Tiene la marca del nombre del punto, pintado sobre una base de color blanco y letras rojas</p> | | |
| COORDENADAS GEOGRÁFICAS SISTEMA WGS 84 | | | COORDENADAS UTM SISTEMA WGS 84 | | |
| LATITUD (S) WGS-84 | LONGITUD (W) WGS-84 | | ESTE (E) WGS-84 | NORTE (N) WGS-84 | |
| 10°26'18.21662" | 76°11'12.90193" | | 370088.608 | 8845872.714 | |
| ALTURA ELÍPSOIDAL | | | ELEVACIÓN (EGM-08) | | ZONA UTM |
| 3124.807 | | | 3096.805 | | 18 S |
| TÉCNICA DE MEDICIÓN | LECTURA RTK A PARTIR DE UN PUNTO GEODÉSICO DE ORDEN "C" | | | CÓDIGO P.G. ORDEN "C" | 1010756 |
| EQUIPO | RECEPTOR GNSS SOUTHLINK GALAXY G7 | | | FECHA | JULIO - 2024 |
| CROQUIS DE UBICACIÓN | | | | FOTOGRAFÍA PUNTO Y EQUIPO GNSS | |
|  | | | |   | |
| ESPECIALISTA SIG | | | SUPERVISOR | | |
| CONSORCIO RANCO 1  | | | CONSORCIO INGENIERÍA HUARIACA 2024  | | |
| <small>KARINA V. CARRHUARCATA ESPINOZA DNI 484440397 REPRESENTANTE COMÚN</small> | | | <small>EDUARDO A. GONZÁLEZ DOMÍNGUEZ DNI N° 45938300 Representante Común</small> | | |

ANEXO 5

PUNTOS DE UBICACIÓN BM-13

|  | CONSORCIO RANCO 1 | | | |
|--|--|-----------------|---|--|
| | FICHA TÉCNICA DE DESCRIPCIÓN DE BM | | | BM-13 |
| PROYECTO | MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE LA LOCALIDAD DE HUARIACA | | | CUI 2134396 |
| DEPARTAMENTO | PASCO | PROVINCIA | PASCO | |
| DISTRITO | HUARIACA | LOCALIDAD | VISTA ALEGRE | |
| CÓDIGO DEL PUNTO | BM-13 | CATEGORÍA | BM | ESTABLECIDA PARA MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE HUARIACA |
| UBICACIÓN | | | CARACTERÍSTICAS DE LA MARCA | |
| <p>El BM se encuentra al costado de un buzón de desagüe en la intersección de pasaje 6 con calle 3.</p> | | | Hito de concreto en forma de cubo, medidas de tubería 4 pulgadas de diámetro x 40cm. con una barra de acero corrugado de 8mm de diámetro incrustado en el en centro del hito. Tiene la marca del nombre del punto, pintado sobre una base de color blanco y letras rojas. | |
| COORDENADAS GEOGRÁFICAS SISTEMA WGS 84 | | | COORDENADAS UTM SISTEMA WGS 84 | |
| LATITUD (S) WGS-84 | LONGITUD (W) WGS-84 | ESTE (E) WGS-84 | NORTE (N) WGS-84 | |
| 10°26'19.10911" | 76°11'17.13494" | 369959.995 | 8845844.814 | |
| ALTURA ELÍPSOIDAL | | | ELEVACIÓN (EGM-08) | ZONA UTM |
| 3060.583 | | | 3032.583 | 18 S |
| TÉCNICA DE MEDICIÓN | LECTURA RTK A PARTIR DE UN PUNTO GEODÉSICO DE ORDEN "C" | | | CÓDIGO P.G. ORDEN "C" 1010756 |
| EQUIPO | RECEPTOR GNSS CHCNAV i93 VISUAL IMU-RTK | | | FECHA JULIO - 2024 |
| CROQUIS DE UBICACIÓN | | | | FOTOGRAFÍA PUNTO Y EQUIPO GNSS |
|  | | | |   |
| ESPECIALISTA SIG | | | | SUPERVISOR |
| CONSORCIO RANCO 1  KARINA V. CARRIZALES ESPINOZA C.R.P. 00040699 REPRESENTANTE COMÚN | | | | CONSORCIO INGENIERÍA HUARIACA 2024  EDUARDO A. GONZALES DOMÍNGUEZ C.R.P. 00045938300 Representante Común |

ANEXO 6

PUNTOS DE UBICACIÓN BM-17

|  | CONSORCIO RANCO 1 | | | | |
|---|--|------------------------|--|--|-------------------------------------|
| | FICHA TÉCNICA DE DESCRIPCIÓN DE BM | | | BM-17 | |
| PROYECTO | MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE LA LOCALIDAD DE HUARIACA | | | CUI | 2134396 |
| DEPARTAMENTO | PASCO | | PROVINCIA | PASCO | |
| DISTRITO | HUARIACA | | LOCALIDAD | HUARIACA | |
| CÓDIGO DEL PUNTO | BM-17 | CATEGORÍA | BM | ESTABLECIDA PARA | MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE HUARIACA |
| UBICACIÓN | | | CARACTERÍSTICAS DE LA MARCA | | |
| El BM se encuentra en la esquina de la intersección de Av. Huallaga y Jr. M Grau. | | | Hito de concreto en forma de cubo, medidas de 20 x 20 x 40cm. con una barra de acero corrugado de 8mm de diámetro incrustado en el en centro del hito. Tiene la marca del nombre del punto, pintado sobre una base de color blanco y letras rojas. | | |
| COORDENADAS GEOGRÁFICAS SISTEMA WGS 84 | | | COORDENADAS UTM SISTEMA WGS 84 | | |
| LATITUD (S) WGS-84 | LONGITUD (W) WGS-84 | ESTE (E) WGS-84 | NORTE (N) WGS-84 | | |
| 10°26'30.98342" | 76°11'17.82234" | 369940.464 | 8845479.967 | | |
| ALTURA ELÍPSOIDAL | | | ELEVACIÓN (EGM-08) | ZONA UTM | |
| 2971.127 | | | 2943.122 | 18 S | |
| TÉCNICA DE MEDICIÓN | LECTURA RTK A PARTIR DE UN PUNTO GEODÉSICO DE ORDEN "C" | | | CÓDIGO P.G. ORDEN "C" | 1010756 |
| EQUIPO | RECEPTOR GNSS CHCNAV i93 VISUAL IMU-RTK | | | FECHA | JULIO - 2024 |
| CROQUIS DE UBICACIÓN | | | | FOTOGRAFÍA PUNTO Y EQUIPO GNSS | |
|  | | | |   | |
| ESPECIALISTA SIG | | | SUPERVISOR | | |
| CONSORCIO RANCO 1  | | | CONSORCIO INGENIERÍA HUARIACA 2024  | | |
| KARINA V. CARHUACRATE ESPINOZA DNI 44440397 REPRESENTANTE COMÚN | | | EDUARDO A. GONZÁLEZ DOMÍNGUEZ DNI N° 45938300 Representante Común | | |

ANEXO 7

PUNTOS DE UBICACIÓN BM-21

|  | | CONSORCIO RANCO 1 | | |
|---|--|------------------------------------|---|---|
| | | FICHA TÉCNICA DE DESCRIPCIÓN DE BM | | BM-21 |
| PROYECTO | MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE LA LOCALIDAD DE HUARIACA | | CUI | 2134396 |
| DEPARTAMENTO | PASCO | PROVINCIA | PASCO | |
| DISTRITO | HUARIACA | LOCALIDAD | HUARIACA | |
| CÓDIGO DEL PUNTO | BM-21 | CATEGORÍA | BM | ESTABLECIDA PARA MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE HUARIACA |
| UBICACIÓN | | | CARACTERÍSTICAS DE LA MARCA | |
| <p>El BM se encuentra en la grada de acceso en la localidad de San juan.</p> | | | <p>Hito de concreto en forma de cubo, medidas de 20x20x40cm. con una barra de acero corrugado de 8mm de diámetro incrustado en el en centro del hito. Tiene la marca del nombre del punto, pintado sobre una base de color blanco y letras rojas.</p> | |
| COORDENADAS GEOGRÁFICAS SISTEMA WGS 84 | | | COORDENADAS UTM SISTEMA WGS 84 | |
| LATITUD (S) WGS-84 | LONGITUD (W) WGS-84 | ESTE (E) WGS-84 | NORTE (N) WGS-84 | |
| 10°26'41.61010" | 76°11'04.75013" | 370339.178 | 8845155.017 | |
| ALTURA ELÍPSOIDAL | | | ELEVACIÓN (EGM-08) | ZONA UTM |
| 3012.388 | | | 2984.371 | 18 S |
| TÉCNICA DE MEDICIÓN | LECTURA RTK A PARTIR DE UN PUNTO GEODÉSICO DE ORDEN "C" | | | CÓDIGO P.G. ORDEN "C" |
| EQUIPO | RECEPTOR GNSS CHCNAV i93 VISUAL IMU-RTK | | | FECHA |
| CROQUIS DE UBICACIÓN | | | FOTOGRAFÍA PUNTO Y EQUIPO GNSS | |
|  | | |   | |
| ESPECIALISTA SIG | | | SUPERVISOR | |
| CONSORCIO RANCO 1  | | | CONSORCIO INGENIERÍA HUARIACA 2024  EDUARDO A. GONZALEZ DOMINGUEZ DNI N° 45938300 Davocanteante Común | |
| KARINA V. CARRASCO ESPINOZA DNI 46440397 Davocanteante Común | | | | |

ANEXO 8

PUNTOS DE UBICACIÓN BM-22

|  | CONSORCIO RANCO 1 | | |
|--|--|---|--|
| | FICHA TÉCNICA DE DESCRIPCIÓN DE BM | | BM-22 |
| PROYECTO | MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE LA LOCALIDAD DE HUARIACA | CUI | 2134396 |
| DEPARTAMENTO | PASCO | PROVINCIA | PASCO |
| DISTRITO | HUARIACA | LOCALIDAD | HUARIACA |
| CÓDIGO DEL PUNTO | BM-22 | CATEGORÍA | BM |
| | | | ESTABLECIDA PARA MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE HUARIACA |
| UBICACIÓN | | CARACTERÍSTICAS DE LA MARCA | |
| El BM se encuentra al costado del reservorio existente San Juan. | | Hito de concreto en forma de cubo, medidas de tubería 4 pulgadas de diámetro x 40cm, con una barra de acero corrugado de 8mm de diámetro incrustado en el en centro del hito. Tiene la marca del nombre del punto, pintado sobre una base de color blanco y letras rojas. | |
| COORDENADAS GEGRÁFICAS SISTEMA WGS 84 | | COORDENADAS UTM SISTEMA WGS 84 | |
| LATITUD (S) WGS-84 | LONGITUD (W) WGS-84 | ESTE (E) WGS-84 | NORTE (N) WGS-84 |
| 10°26'42.02698" | 76°11'03.88892" | 370365.413 | 8845142.309 |
| ALTURA ELIPSOIDAL | | ELEVACIÓN (EGM-08) | ZONA UTM |
| 3025.644 | | 2997.627 | 18 S |
| TÉCNICA DE MEDICIÓN | LECTURA RTK A PARTIR DE UN PUNTO GEODÉSICO DE ORDEN "C" | CÓDIGO P.G. ORDEN "C" | 1010755 |
| EQUIPO | RECEPTOR GNSS SOUTHLINK GALAXY G7 | FECHA | JULIO - 2024 |
| CROQUIS DE UBICACIÓN | | FOTOGRAFÍA PUNTO Y EQUIPO GNSS | |
|  | |  | |
| ESPECIALISTA SIG | | SUPERVISOR | |
|  CONSORCIO RANCO 1 KARINA V. CARRILLO BACA ESPINOZA | |  CONSORCIO INGENIERIA HUARIACA 2024 EDUARDO A. GONZALES SOMIRQUEZ | |

ANEXO 9

PUNTOS DE UBICACIÓN BM-30

|  | | CONSORCIO RANCO 1 | | | BM-30 |
|---|--|------------------------------------|---|-----------------------|-------------------------------------|
| | | FICHA TÉCNICA DE DESCRIPCIÓN DE BM | | | |
| PROYECTO | MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE LA LOCALIDAD DE HUARIACA | | | CUI | 2134396 |
| DEPARTAMENTO | PASCO | | PROVINCIA | PASCO | |
| DISTRITO | HUARIACA | | LOCALIDAD | ACOBAMBA | |
| CÓDIGO DEL PUNTO | BM-30 | CATEGORÍA | BM | ESTABLECIDA PARA | MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE HUARIACA |
| UBICACIÓN | | | CARACTERÍSTICAS DE LA MARCA | | |
| El BM se encuentra a 30 m del punto geodésico 1010755 en la calle M. Bastidas. | | | Hito de concreto en forma de cubo, medidas de tubería 4 pulgadas de diámetro x 40cm. con una barra de acero corrugado de 8mm de diámetro incrustado en el en centro del hito. Tiene la marca del nombre del punto, pintado sobre una base de color blanco y letras rojas. | | |
| COORDENADAS GEOGRÁFICAS SISTEMA WGS 84 | | | COORDENADAS UTM SISTEMA WGS 84 | | |
| LATITUD (S) WGS-84 | LONGITUD (W) WGS-84 | ESTE (E) WGS-84 | NORTE (N) WGS-84 | | |
| 10°26'57.04549" | 76°10'46.25770" | 370903.247 | 8844682.960 | | |
| ALTURA ELÍPSOIDAL | | | ELEVACIÓN (EGM-08) | ZONA UTM | |
| 3036.964 | | | 3008.929 | 18 S | |
| TÉCNICA DE MEDICIÓN | LECTURA RTK A PARTIR DE UN PUNTO GEODÉSICO DE ORDEN "C" | | | CÓDIGO P.G. ORDEN "C" | 1010755 |
| EQUIPO | RECEPTOR GNSS CHCNAV i93 VISUAL IMU-RTK | | | FECHA | JULIO - 2024 |
| CROQUIS DE UBICACIÓN | | | FOTOGRAFÍA PUNTO Y EQUIPO GNSS | | |
|  | | |   | | |
| ESPECIALISTA SIG | | | SUPERVISOR | | |
| CONSORCIO RANCO 1  KARINA V. CARRIL JABER ESPINOSA CINI 180000307 REPRESENTANTE COMÚN | | | CONSORCIO INGENIERIA HUARIACA 2024  EDUARDO A. GONZALES DOMINGO CINI 180000300 Representante Común | | |

ANEXO 10

PUNTOS DE UBICACIÓN BM-38

|  | | CONSORCIO RANCO 1 | | | |
|---|--|------------------------------------|---|--|-------------------------------------|
| | | FICHA TÉCNICA DE DESCRIPCIÓN DE BM | | | BM-38 |
| PROYECTO | MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE LA LOCALIDAD DE HUARIACA | | | CUI | 2134396 |
| DEPARTAMENTO | PASCO | | PROVINCIA | PASCO | |
| DISTRITO | HUARIACA | | LOCALIDAD | HUARIACA | |
| CÓDIGO DEL PUNTO | BM-38 | CATEGORÍA | BM | ESTABLECIDA PARA | MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE HUARIACA |
| UBICACIÓN | | | CARACTERÍSTICAS DE LA MARCA | | |
| El BM se encuentra al costado del camino vecinal Huancayoc. | | | Hito de concreto en forma de cubo, medidas de tubería 4 pulgadas de diámetro x 40cm. con una barra de acero corrugado de 8mm de diámetro incrustado en el en centro del hito. Tiene la marca del nombre del punto, pintado sobre una base de color blanco y letras rojas. | | |
| COORDENADAS GEOGRÁFICAS SISTEMA WGS 84 | | | COORDENADAS UTM SISTEMA WGS 84 | | |
| LATITUD (S) WGS-84 | LONGITUD (W) WGS-84 | | ESTE (E) WGS-84 | NORTE (N) WGS-84 | |
| 10°26'45.49923" | 76°11'22.95165" | | 369786.174 | 8845033.467 | |
| ALTURA ELÍPSOIDAL | | | ELEVACIÓN (EGM-08) | ZONA UTM | |
| 3118.958 | | | 3090.948 | 18 S | |
| TÉCNICA DE MEDICIÓN | LECTURA RTK A PARTIR DE UN PUNTO GEODÉSICO DE ORDEN "C" | | | CÓDIGO P.G. ORDEN "C" | 1010756 |
| EQUIPO | RECEPTOR GNSS CHCNAV i93 VISUAL IMU-RTK | | | FECHA | JULIO - 2024 |
| CROQUIS DE UBICACIÓN | | | | FOTOGRAFÍA PUNTO Y EQUIPO GNSS | |
|  | | | |   | |
| ESPECIALISTA SIG | | | | SUPERVISOR | |
| CONSORCIO RANCO 1  KARINA V. CARRIZALES ESPINOZA ED. INGENIERIA HUARIACA REPRESENTANTE COMUN | | | | CONSORCIO INGENIERIA HUARIACA 2024  EDUARDO A. GONZALES DOMINGUEZ ED. INGENIERIA HUARIACA REPRESENTANTE COMUN | |