



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



**COMPARACIÓN DE VOLUMEN DE MOVIMIENTO DE TIERRAS  
EMPLEANDO VEHÍCULO AÉREO NO TRIPULADO Y MÉTODO  
CONVENCIONAL DEL BOTADERO MUNICIPAL A CAPILLA  
CANCHARANI DEL TRAMO KM 0+000 AL 2+950, PUNO.**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**Bach. RONAL CALCINA GARCIA**

**Bach. EDUARD PILCO COTRADO**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO TOPÓGRAFO Y AGRIMENSOR**

**PUNO – PERÚ**

**2024**



## Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

**COMPARACIÓN DE VOLUMEN DE MOVIMIENTO DE TIERRAS EMPLEANDO VEHÍCULO AÉREO NO TRIPULADO Y MÉTODO CONVE**

AUTOR

**RONAL CALCINA GARCIA EDUARD PILCO COTRADO**

RECuento DE PALABRAS

**25050 Words**

RECuento DE CARACTERES

**116139 Characters**

RECuento DE PÁGINAS

**140 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**8.7MB**

FECHA DE ENTREGA

**Nov 8, 2024 6:52 AM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Nov 8, 2024 6:54 AM GMT-5**

### ● 18% de similitud general

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

- 17% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 10% Base de datos de trabajos entregados
- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

### ● Excluir del Reporte de Similitud

- Bibliografía

  
Dr. V. Gonzales A.  
01287898  
Sub-Director de la Unidad  
de Investigación - EPITA

  
Dr. Fausto Abon Lazarte Velarde  
43611415  
SESA

Resumen



## DEDICATORIA

*A mi señor padre Ober Calcina Calcina y mi Sra. Madre Elisa Garcia Choquehuanca, quienes con amor y abnegación me enrumba mi vida hacia mi formación profesional.*

*A mis hermanos: Maritza, Oliver Beckham que, por sus alientos en los momentos más difíciles, durante mis estudios, así como en la culminación de la elaboración del presente trabajo.*

*A mi pequeño hermano Alberth José que desde el cielo guía mi camino, que es un regalo para mi corazón y un amigo para mi espíritu, aunque no este físicamente su presencia vivirá siempre en mi corazón.*

***Ronal Calcina Garcia***



*A nuestro señor Dios padre por darnos salud y vida y por ser nuestra guía en todo el momento, sin la bendición del todo poderoso esto no sería posible, gracias Dios mío.*

*A mis padres quienes en paz descansa: Rufino Pilco Mamani y Marcela Cotrado Choque, esta tesis es un tributo a su legado.*

*A mis hermanos Roger Weltran Pilco Cotrado quien siempre estuvo en mis peores momentos y quien me dio sus consejos de seguir adelante y ánimos a no rendirme, Amilia Pilco Cotrado Y Elmer Widmar Pilco Cotrado quienes siempre me apoyaron emocionalmente en todo el momento.*

***Eduard Pilco Cotrado***



## AGRADECIMIENTOS

*A la Universidad Nacional del Altiplano, en especial a la Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela Profesional de Ingeniería Topográfica y Agrimensura, desde aquí partió los conocimientos sobre la organización, planificación, y administración de espacios geográficos, fotogramétricos, optando para el desarrollo de una región y el país, a fin de contribuir en la mejora de la calidad de vida de la población y quienes impartieron sus conocimientos con nosotros así poder lograr el presente trabajo con el fin de lograr una próspera carrera profesional futura.*

*Así mismo También al director del presente proyecto y docentes que me guiaron y aportaron con ideas para la elaboración del mismo.*

***Ronal Calcina Garcia***

*A Mi alma mater, la Universidad Nacional del Altiplano Puno, Facultad de Ciencias Agrarias, especialmente a Escuela Profesional de Ingeniería Topográfica y Agrimensura, la cual es la única a nivel regional y nacional.*

*Quiero agradecer mis más sinceros agradecimientos a todas las personas que me han atribuido de alguna manera en la realización de esta tesis.*

*A nuestro asesor de tesis Dr. Fausto Alan Lazarte Velarde por la orientación y asesoramiento.*

***Eduard Pilco Cotrado***



# ÍNDICE GENERAL

	<b>Pág.</b>
<b>DEDICATORIA</b>	
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	
<b>ÍNDICE GENERAL</b>	
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	
<b>ÍNDICE DE ANEXOS</b>	
<b>ACRÓNIMOS</b>	
<b>RESUMEN .....</b>	<b>18</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>19</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>INTRODUCCIÓN</b>	
<b>1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>22</b>
<b>1.2. DESARROLLO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>24</b>
1.2.1. Problema General.....	24
1.2.2. Problemas Específicos .....	24
<b>1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>25</b>
1.3.1. Hipótesis nula.....	25



1.3.2. Hipótesis alterna.....	25
<b>1.4. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>25</b>
1.4.1. Justificación Teórica .....	25
1.4.2. Justificación Practica.....	25
1.4.3. Justificación Metodológica .....	26
1.4.4. Justificación Social.....	26
<b>1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION.....</b>	<b>27</b>
1.5.1. Objetivo General .....	27
1.5.2. Objetivos Específicos.....	27

## **CAPÍTULO II**

### **REVISIÓN DE LITERATURA**

<b>2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>28</b>
2.1.1. Antecedentes internacionales .....	28
2.1.2. Antecedentes nacionales .....	31
2.1.3. Antecedentes regionales.....	32
<b>2.2. MARCO TEORICO .....</b>	<b>34</b>
2.2.1. Movimiento de tierras .....	34
2.2.2. Instrumentos topográficos para calcular el volumen de movimiento de tierras .....	35
<b>2.3. MARCO CONCEPTUAL .....</b>	<b>36</b>
2.3.1. Precisión.....	36



2.3.2. Volumen .....	36
2.3.3. Movimiento de tierras .....	37
2.3.4. Instrumento topográfico .....	37
2.3.5. Dron.....	37
2.3.6. Estación total.....	38
2.3.7. Software de procesamiento de información para determinar el movimiento de tierras.....	39
2.3.8. Microsoft Excel.....	39
2.3.9. AutoCAD Civil 3D .....	39
2.3.10. Agisoft PhotoScan.....	40

### **CAPÍTULO III**

#### **MATERIALES Y MÉTODOS**

<b>3.1. ÁREA DE ESTUDIO.....</b>	<b>41</b>
3.1.1. Ubicación Política .....	41
3.1.2. Coordenadas UTM .....	43
3.1.3. Vías de comunicación y accesibilidad .....	43
<b>3.2. MATERIALES.....</b>	<b>43</b>
3.2.1. Monumentación de puntos geodésicos de Control.....	43
3.2.2. Levantamiento fotogramétrico .....	44
3.2.3. Levantamiento con estación total.....	44
3.2.4. Equipos para el procesamiento en gabinete .....	45
<b>3.3. METODOS .....</b>	<b>46</b>



3.3.1. Enfoque de la investigación .....	46
3.3.2. Tipo de investigación .....	46
3.3.3. Diseño de investigación .....	46
3.3.4. Nivel investigación.....	46
3.3.5. Población.....	47
3.3.6. Muestra.....	47
3.3.7. Variables de investigación .....	47
<b>3.4. PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACION.....</b>	<b>48</b>
3.4.1. Procedimiento para la recolección de datos .....	48
3.4.2. Técnicas para el procesamiento y análisis de la información .....	49
<b>3.5. DESARROLLO METODOLÓGICO .....</b>	<b>49</b>
3.5.1. Revisión sistemática de literatura.....	50
3.5.2. Reconocimiento de terreno .....	50
3.5.3. Monumentación de puntos geodésicos.....	50
3.5.4. Postprocesamiento de datos del receptor GNSS .....	52
3.5.5. Metodología para el primer objetivo específico.....	55
3.5.6. Metodología para el segundo objetivo específico .....	71
3.5.7. Metodología para el tercer objetivo específico .....	75
<b>3.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICA.....</b>	<b>75</b>
3.6.1. Análisis estadístico.....	75
3.6.2. T-Student.....	76
3.6.3. Planteamiento de hipótesis.....	77



3.6.4. Nivel de significancia.....	77
<b>3.7. PRUEBA ESTADISTICA .....</b>	<b>78</b>
3.7.1. Estadística de prueba.....	78
3.7.2. Uso de estadística de prueba .....	79
3.7.3. Interpretación .....	81
3.7.4. Desarrollo del cálculo manual.....	83
<b>CAPÍTULO IV</b>	
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	
<b>4.1. RESULTADOS.....</b>	<b>86</b>
<b>4.2. RESULTADO PARA EL PRIMER OBJETIVO ESPECIFICO .....</b>	<b>86</b>
<b>4.3. RESULTADO PARA EL SEGUNDO OBJETIVO ESPECIFICO .....</b>	<b>92</b>
<b>4.4. RESULTADO PARA EL TERCER OBJETIVO ESPECIFICO .....</b>	<b>101</b>
4.4.1. EL Análisis orientado al tiempo de trabajo de campo y gabinete para el procesamiento de datos .....	101
<b>4.5. DISCUSIÓN .....</b>	<b>106</b>
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>109</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>111</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>112</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>116</b>



**Línea de investigación:** Topografía, geodesia, cartografía y catastro.

**FECHA DE SUSTENTACIÓN:** 15 de noviembre de 2024



## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1</b> Vías de acceso a la zona de proyecto.....	43
<b>Tabla 2</b> Cuadro de operacionalización de variables .....	48
<b>Tabla 3</b> Coordenadas de los puntos geodésicos.....	55
<b>Tabla 4</b> Datos del levantamiento fotogramétrico con drone dji phantom 4 rtk .....	61
<b>Tabla 5</b> Características de cámara.....	61
<b>Tabla 6</b> Errores medios de las posiciones de cámaras. ....	62
<b>Tabla 7</b> ECM de puntos de apoyo.....	63
<b>Tabla 8</b> Puntos de apoyo fotocontroles.....	63
<b>Tabla 9</b> Prueba de normalidad del volumen de movimiento de tierras empleando vehículo aéreo no tripulado y método convencional- tomado de spss versión 26. .....	79
<b>Tabla 10</b> Diferencias emparejadas para el volumen de movimiento de tierras empleando vehículo aéreo no tripulado y método convencional – tomado de spss versión 26. .....	80
<b>Tabla 11</b> Distribución t-student con regiones de rechazo.....	84
<b>Tabla 12</b> Reporte total de movimiento de tierras (dron).....	86
<b>Tabla 13</b> Volumen de corte y relleno cada 500 metros (dron). ....	91
<b>Tabla 14</b> Reporte de movimiento de tierras (estación total).....	93
<b>Tabla 15</b> Volumen de corte y relleno cada 500 metros (estación total).....	98



<b>Tabla 16</b>	Comparación de resultados de movimiento de tierras por ambos métodos (corte y relleno).....	99
<b>Tabla 17</b>	Tiempo de trabajo para tomar datos y procesar la información para la obtención de volumen de movimiento de tierras.....	101
<b>Tabla 18</b>	Tiempo de trabajo para tomar datos y procesar la información para la obtención de volumen de movimiento de tierras.....	103
<b>Tabla 19</b>	Comparación de días, horas según etapa para dron y estación total.....	104



## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1</b> Proceso durante la ejecución en movimiento de tierras con maquinaria.....	35
<b>Figura 2</b> Estación terrestre, control, dron.....	36
<b>Figura 2</b> Ubicación política.....	42
<b>Figura 3</b> Flujograma del procedimiento metodológico en la investigación.....	49
<b>Figura 4</b> Monumentación, encofrado y vaciado de puntos Geodésicos.....	51
<b>Figura 5</b> Placa del punto geodésico PCG-01. ....	52
<b>Figura 6</b> Estacionamiento y posicionamiento del receptor GNSS en el punto geodésico. .....	53
<b>Figura 7</b> Configuración y procesamiento con software Leica Infinity. ....	54
<b>Figura 8</b> Líneas base de los 3 puntos ggeodésicos.....	54
<b>Figura 9</b> Establecimiento de puntos de fotocontrol. ....	56
<b>Figura 10</b> Obtención de puntos de fotocontrol mediante el software Trimble Business ..	57
<b>Figura 11</b> Procedimiento de la obtención de la línea base de los puntos de fotocontrol. .	57
<b>Figura 12</b> Hoja de cálculo de ocupación con el software Trimble Business. ....	58
<b>Figura 13</b> Vista en planta del área de estudio con Google Earth Pro. ....	59
<b>Figura 14</b> Tesista configurando el control del dron DJI PHANTOM 4 RTK. ....	59
<b>Figura 15</b> Inicio de plan de vuelo fotogramétrico con el dron DJI PHANTOM 4 RTK. .	60
<b>Figura 16</b> Posiciones de cámaras. ....	61
<b>Figura 17</b> Posiciones de puntos de apoyo y estimaciones de errores. ....	62
<b>Figura 18</b> Vista en planta de la ortofoto-mosaico.....	66



<b>Figura 19</b>	Rectificación diferencial.....	68
<b>Figura 20</b>	Curvas de nivel y vista de inicio del tramo. ....	69
<b>Figura 21</b>	Perfiles longitudinales. ....	70
<b>Figura 22</b>	Vista de secciones y movimiento de tierra por áreas. ....	70
<b>Figura 23</b>	Configuraciones de la página, unidades y escala. ....	72
<b>Figura 24</b>	Creación de superficies.....	73
<b>Figura 25</b>	Perfil longitudinal y la subrasante. ....	74
<b>Figura 26</b>	Creación de subassebly y modelamiento de corredor vial. ....	74
<b>Figura 27</b>	Tabla de datos de movimiento de tierras. ....	75
<b>Figura 29</b>	Gráfico de barras volumen de corte y relleno, equipo topográfico dron. ....	92
<b>Figura 30</b>	Gráfico de barras volumen de corte y relleno, instrumento topográfico dron .....	95
<b>Figura 31</b>	Volúmenes de corte y relleno por dron y estación total .....	100
<b>Figura 32</b>	Horas de trabajo por etapa (dron) .....	102
<b>Figura 33</b>	Horas de trabajo por etapa (estación total) .....	104
<b>Figura 34</b>	Tiempo en horas según etapa, dron vs estación total .....	105



## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
<b>ANEXOS 1</b> Panel fotografico .....	116
<b>ANEXOS 2</b> Certificado de equipos.....	124
<b>ANEXOS 3</b> Especificaciones tecnicas .....	128
<b>ANEXOS 4</b> Planos planta y perfil.....	136
<b>ANEXOS 5</b> Planos secciones transversales .....	136



## ACRÓNIMOS

<b>PCG:</b>	Puntos de Control Geodésico
<b>GPS:</b>	Global Position System (Global Posicionamiento Sistema).
<b>RTK:</b>	(inglés Real Time Kinematic) o navegación cinética satelital en tiempo real
<b>UTM:</b>	Universal Transversal Mercator
<b>WGS 84:</b>	World System Geodesic 1984
<b>PCP:</b>	Puntos de Control de Precisión
<b>BM:</b>	"Bench Mark" o "Punto de Control de Nivelación"
<b>IGN:</b>	Instituto Geográfico Nacional
<b>GSD:</b>	Ground Sampling Distance o distancia de muestreo del suelo
<b>DTM:</b>	Modelo Digital del Terreno
<b>SPSS:</b>	Statistical Package for the Social Sciences (Paquete Estadístico para las Ciencias Sociales)



## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo comparar el volumen de movimiento de tierras utilizando un vehículo aéreo no tripulado (dron) y el método convencional (estación total) en el botadero Municipal a capilla Cancharani, desde el kilómetro 0+000 al 2+950. Se empleó un método cuantitativo no experimental, analizando la totalidad del botadero municipal, desde el kilómetro 0+000 al 7+035, y enfocándose específicamente en el tramo del kilómetro 0+000 al 2+950. Los resultados obtenidos permiten afirmar con contundencia que existe una diferencia significativa entre los dos métodos comparados. Por lo tanto, se rechaza categóricamente la hipótesis nula, concluyendo que los métodos arrojan resultados sustancialmente diferentes en la medición del volumen de movimiento de tierras en el área de estudio. En relación con los resultados más destacados, se determinó que el volumen de corte obtenido mediante el uso de drones es de  $6910.23 \text{ m}^3$ , mientras que con la estación total es de  $6537.32 \text{ m}^3$ . Asimismo, el volumen de relleno obtenido por drones es de  $228.33 \text{ m}^3$ , y por estación total es de  $240.84 \text{ m}^3$ . En cuanto a la comparación de los tiempos de trabajo en las etapas de campo y gabinete, el cálculo del movimiento de tierras con drones requiere 26 horas, mientras que con la estación total demanda 49 horas. Se concluye que el uso de drones es la opción más recomendable, ya que reduce los errores, acorta los tiempos de trabajo y, según estudios previos, disminuye los costos debido a una menor demanda de mano de obra.

**Palabras clave:** Volumen de tierras, Dron, Estación total, Tiempo de trabajo y Error.



## ABSTRACT

The present research had the objective of comparing the volume of earthworks using an unmanned aerial vehicle (drone) and the conventional method (total station) in the Municipal dump to Cancharani chapel, from kilometer 0+000 to 2+950. A non-experimental quantitative methodology was used, analyzing the entire municipal dump, from kilometer 0+000 to 7+035, and focusing specifically on the section from kilometer 0+000 to 2+950. The results obtained allow us to conclusively affirm that there is a significant difference between the two methods compared. Therefore, the null hypothesis is categorically rejected, concluding that the methods yield substantially different results in the measurement of the volume of earthworks in the study area. In relation to the most outstanding results, it was determined that the cutting volume obtained through the use of drones is 6910.23 m<sup>3</sup>, while with the total station it is 6537.32.32 m<sup>3</sup>. Likewise, the volume of landfill obtained by drones is 228.33 m<sup>3</sup>, and by total station is 240.84 m<sup>3</sup>. As for the comparison of working times in the field and cabinet stages, the calculation of earthworks with drones requires 26 hours, while with the total station it takes 49 hours. It is concluded that the use of drones is the most recommended option, since it reduces errors, shortens work times and, according to previous studies, decreases costs due to a lower demand for labor.

**Keywords:** Land volume, Drone, Total station, Working time And Error.



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

A lo largo del tiempo, los avances tecnológicos han permitido mejorar los procesos y métodos empleados en diversas áreas de investigación y aplicaciones profesionales. Esto ha generado cuestionamientos sobre la elección y preferencia de los métodos convencionales, dando paso a la adopción de enfoques modernos.

En el campo de la Ingeniería, las aplicaciones siempre dependen de los estudios topográficos. Conocer las características del terreno y la composición del suelo es fundamental, ya que toda estructura o proyecto se ubicará sobre o bajo el nivel natural del terreno. Los instrumentos utilizados para llevar a cabo estos estudios topográficos varían en términos de precisión, costo y calidad de los resultados.

Entre los principales instrumentos topográficos se encuentran el GPS, el teodolito, la estación total y el dron. La selección del instrumento a utilizar para un proyecto determinado dependerá de las necesidades específicas del proyecto y de las condiciones geográficas en las que se realizarán los estudios preliminares.

Existen áreas geográficas donde es necesario estimar el volumen de suelo a excavar o rellenar para un proyecto en particular. En este contexto, la selección del instrumento topográfico es crucial, ya que afecta el tiempo de trabajo en campo para recopilar datos y el procesamiento posterior. Además, el volumen de material a mover, medido en metros cúbicos, está directamente relacionado con la precisión del instrumento utilizado.



Comúnmente se emplean drones o estaciones totales para determinar el volumen de movimiento de tierras. Los drones ofrecen la ventaja de captar imágenes y datos precisos del terreno, facilitando el proceso de medición y la generación de modelos digitales. Además, proporcionan resultados más rápidos en comparación con los métodos tradicionales, como la estación total. Sin embargo, si bien la estación total es más precisa, puede presentar dificultades para acceder a ciertos puntos, dependiendo de las características del terreno.

Ante estas diferencias en términos de tiempo y precisión en la selección del instrumento más adecuado, surge la necesidad de esta investigación, la cual aborda este vacío científico. ¿Cuál es la diferencia de volumen de movimiento de tierras empleando un vehículo aéreo no tripulado y método convencional del botadero Municipal a capilla Cancharani del tramo km 0+000 al 2+950?

Por ende, también se generaron las siguientes interrogantes: ¿Cuál es el volumen del movimiento de tierra empleando el vehículo aéreo no tripulado en el botadero Municipal la Capilla Cancharani del tramo km 0+000 al 2+950, Puno?, ¿Cuál es el volumen del movimiento de tierra empleando el método convencional en el botadero Municipal la Capilla Cancharani del tramo km 0+000 al 2+950, Puno?, ¿Cuál de las metodologías de cálculo de volúmenes de movimiento de tierras se realiza en el menor tiempo en el botadero Municipal a Capilla Cancharani del tramo km 0+000 al 2+950, Puno?

El estudio se realiza de la siguiente forma: en el primer capítulo se trata del planteamiento del problema, desarrollo del problema, hipótesis, justificación del problema y sus objetivos propuestos de la investigación; en el segundo capítulo se realiza la revisión bibliográfica, antecedentes de la investigación, marco teórico y marco conceptual; en el tercer



capítulo se detalla los materiales y métodos, especificando el tipo, diseño, nivel de la investigación, los procedimientos empleados y el análisis e interpretación de la información. El capítulo cuatro se tiene resultados y discusiones de la investigación conseguidas mediante la comparación de dos métodos, los cuales alcanzan los objetivos establecidos. El quinto capítulo expone las conclusiones del estudio realizado, el sexto capítulo propone recomendaciones relevantes y el séptimo capítulo especifica las referencias bibliográficas empleadas.

### **1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En los últimos años, el impacto global de los equipos e instrumentos topográficos ha llevado a la creciente en proyectos de ingeniería en diferentes aplicaciones como en movimiento de tierras, proyectos viales, obras hidráulicas y otros.

Estos dispositivos tienen múltiples beneficios en términos en cuanto a la eficiencia y mejora de los tiempos de ejecución y proceso, pueden funcionar a distancia en tierra o a través de un plan de vuelo previamente establecido, gracias a su sistema de comunicación integrado y el apoyo de un software especializado. (Pinto, 2016).

Para obtener los datos de alta precisión se debe de realizar procedimientos en campo para un mejor ajuste de las ortofotos, modelo digital de elevación y curvas de nivel. Por lo tanto, la distorsión y los cambios que las herramientas que sufren, causan una duda al obtener los resultados de su posición, la comparación entre algunos de los programas fotogramétricos disponibles actualmente, con especial atención a la integridad del flujo de trabajo y la calidad de los productos finales. El logro de la estabilidad de los Drones se minimiza y tiene mayor eficiencia.



La recolección de información en una exploración topográfico mediante métodos convencionales es extremadamente ardua y presenta problemas al ser usada corresponden a de volúmenes de amplia superficie y con topografía accidentada; presenta complicaciones en áreas extensas y con topografía irregular. Cuando se utilizan metodologías directas, al emplear esta metodología convencional en movimiento de tierras, en el levantamiento de datos resulta ser muy laborioso. Asimismo, usualmente se obtienen datos de campo, además esta tecnología exhibe fallos considerables originados por la intervención humana.

Los softwares de aplicación en fotogrametría son aún muy pocos conocidos y estudiados debido a la poca investigación realizada, es por ello que se busca encontrar los desplazamientos, tiempo y resolución de pixeles resultado obtenido en el postproceso.

En resumen, la evolución de la tecnología ha puesto a disposición de los ingenieros una variedad de herramientas topográficas, cada una con sus propias fortalezas y debilidades. La clave está en evaluar cuidadosamente las condiciones del sitio de trabajo y los objetivos del proyecto, para así seleccionar el instrumento más apropiado y lograr resultados precisos y eficientes. El departamento de Puno se distingue por su diversidad climática y geográfica, lo cual plantea retos para los trabajos topográficos. La precisión de estos estudios depende en gran medida del instrumento utilizado, pues las condiciones atmosféricas y el relieve pueden afectar significativamente los resultados. En este contexto, surge la necesidad de realizar un estudio comparativo entre dos equipos clave para la topografía: el dron y la estación total. Dicho análisis permitirá evaluar el desempeño de ambos equipos en el entorno particular de Puno, caracterizado por su compleja geografía y variabilidad climática. De esta



manera, se podrá determinar cuál de las dos opciones ofrece mayores ventajas y un mejor ajuste a las exigencias de los trabajos topográficos en esta región.

## **1.2. DESARROLLO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

### **1.2.1. Problema General**

- ¿Cuál es la diferencia de volumen de movimiento de tierras empleando con un vehículo aéreo no tripulado y método convencional del botadero Municipal a capilla Cancharani del tramo km 0+000 al 2+950, Puno?

### **1.2.2. Problemas Específicos**

- ¿Cuál es el volumen del movimiento de tierra empleando el vehículo aéreo no tripulado en el botadero municipal la capilla Cancharani del tramo km 0+000 al 2+950, Puno?
- ¿Cuál es el volumen del movimiento de tierra empleando el método convencional en el botadero municipal a capilla Cancharani del tramo km 0+000 al 2+950, Puno?
- ¿Cuál de las metodologías de cálculo de volúmenes de movimientos de tierras se realiza en el menor tiempo en el botadero municipal a capilla Cancharani del tramo 48 km 0+000 al 2+950, Puno?



### 1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

#### 1.3.1. Hipótesis nula

- **HO:** No existe diferencia significativa al comparar el volumen de movimiento de tierras empleando vehículo aéreo no tripulado y método convencional del botadero Municipal a capilla Cancharani del tramo km 0+000 al 2+950, Puno.

#### 1.3.2. Hipótesis alterna

- **HI:** Existe diferencia significativa al comparar el volumen de movimiento de tierras empleando vehículo aéreo no tripulado y método convencional del botadero Municipal a capilla Cancharani del tramo km 0+000 al 2+950, Puno.

### 1.4. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

#### 1.4.1. Justificación Teórica

La presente investigación se propone reunir datos útiles sobre movimiento de tierras, para que futuras iniciativas relacionadas con este tema puedan aprovechar la información obtenida mediante el uso del vehículo aéreo no tripulado y método tradicional.

#### 1.4.2. Justificación Practica

El objetivo de esta investigación es desarrollar la capacidad de planificación tanto para vehículos aéreos no tripulados como para métodos convencionales. Se



espera que esta investigación proporcione información técnica y práctica valiosa para realizar proyectos u obras en ejecución donde se realiza un estudio de movimiento de tierras del tramo botadero municipal – capilla Cancharani km 0+000 al 2+950 Puno. a través de un enfoque práctico, se espera los resultados de este estudio sean directamente aplicables y beneficiosos a quienes trabajan en el ámbito de la construcción.

#### **1.4.3. Justificación Metodológica**

La base metodológica de esta investigación es porque su aplicación de procesos y técnicas que son efectivas para optimizar y predecir eventos. se toma como referencia investigaciones previas, se realiza el análisis comparativo de movimiento de tierra empleando vehículo aéreo no tripulado y método convencional del tramo botadero municipal a capilla Cancharani, del tramo km 0+000 al 2+950, Puno. donde el equipo topográfico vehículo aéreo no tripulado disminuye el tiempo de obtener los datos y con el método convencional genera más tiempo de trabajo de obtener los datos. en este contexto, se destaca la recopilación de datos, tanto en campo como en entorno de oficina.

#### **1.4.4. Justificación Social**

La investigación se centrará en optimizar el aprovechamiento del tiempo, ya que la utilización conjunta de drones y técnicas tradicionales de levantamiento topográfico generará resultados más consistentes. Esto ayudará a evaluar los beneficios que esta estrategia aeroportuaria podría traer a la región de Puno dentro de un proyecto de desarrollo y construcción de infraestructura vial.



## **1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION**

### **1.5.1. Objetivo General**

- Comparar el volumen de movimiento de tierras empleando vehículo aéreo no tripulado y método convencional del botadero Municipal a capilla Cancharani del tramo km 0+000 al 2+950, Puno.

### **1.5.2. Objetivos Específicos**

- Determinar el volumen de movimiento de tierra empleando vehículo aéreo no tripulado del botadero municipal a capilla Cancharani del tramo km 0+000 al 2+950, Puno.
- Determinar el volumen de movimiento de tierra empleando método convencional del tramo Botadero Municipal a capilla Cancharani del tramo km 0+000 al 2+950, Puno.
- Analizar las metodologías de cálculo de volúmenes de movimientos de tierras que se realiza en el menor tiempo en el botadero municipal a capilla Cancharani del tramo km 0+000 al 2+950, Puno.



## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

##### 2.1.1. Antecedentes internacionales

Según Jiménez et al. (2019) en su investigación tuvo el objetivo de realizar un análisis comparativo entre levantamientos topográficos con estación total como método directo y el uso de Dron y GPS como métodos indirectos. La metodología empleada es nivel explicativo y enfoque cuantitativo utilizado instrumentos de medición existentes y más usada en la topografía. Los resultados obtenidos en levantamiento de bóvedas realizado con estación total en la Universidad del Salvador, comparado con las desviaciones obtenidas por GPS con tecnología RTK, que van de 1,00cm a 3,50cm; Además, una comparación entre la estación total y el dron muestra desviaciones entre 1,00 y 5,00 cm. Considerando que el uso de la estación total implica mayores errores, los resultados obtenidos en ambos casos son satisfactorios, ya que existe poca diferencia entre ellos. La conclusión es que los datos de campo obtenidos con un dron y las mediciones obtenidas con una estación total, ambos dispositivos de georreferenciación tienen resultados muy similares, pero el segundo método es más útil por su versatilidad. y los costos asociados a cada sistema determinaron que el sistema topográfico tradicional es menos eficiente, requiere mucho costo, mano de obra y tiempo, además es muy sensible a la accesibilidad del



área de levantamiento y presenta un alto riesgo ocupacional para los trabajadores, el técnico que realiza el levantamiento.

Según Carrillo (2021), en su investigación planteo el objetivo de comprobar si el dron es el instrumento que ofrece el método de levantamiento topográfico más eficaz para la municipalidad de Villanueva departamento del Casanare Colombia. La metodología Se utilizan niveles de interpretación, los resultados del sondeo realizado en el municipio de Villanueva del departamento de Casanare se pueden utilizar con la ayuda de drones, porque el error es de 0,99 metros, lo que corresponde al 0,30%, y la pérdida de terreno es mucho menor y suficiente. Para los resultados de nivel tenemos un error de 2 metros frente a 0,61%, y un error de estación de 1,52 metros lineales frente a un error de 0,46 para 326 metros lineales. proporciona resultados menos precisos, largos tiempos de desarrollo y mayores costos debido al uso de personas para la mejora de actividades de investigación convencionales, por lo que el problema de retraso en los cronogramas de entrega se puede corregir mediante medición con dron. Requieren rapidez en los suministros, precisión en los estudios, división y venta de sus tierras de forma clara y adecuada. La conclusión es que, en términos de tiempos de ejecución, costos y bajos índices de error, el dron es el más importante y adecuado en todos estos aspectos, lo que lo convierte en un excelente método de investigación. Por tanto, los costes de adquisición de los equipos de las estaciones topográficas, es decir, Drones, en comparación con los costos de levantamiento de m<sup>3</sup>, es importante enfatizar que, aunque los costos de levantamiento de drones son más caros en comparación con una estación topográfica, por ejemplo, en términos de tiempo. y la confiabilidad de los datos es mayor para el dron que para



la estación, se concluye que esta es la opción costo-efectiva más viable para este estudio.

Según Machaca & Pertúz (2020) plantearon como objetivo analizar los procesos necesarios para el uso de drones para levantamientos topográficos en el municipio de Ciénaga Magdalena. Tomando una metodología tipo aplicada, cuantitativo no experimental. Entre los resultados más resaltantes sostienen que la medición topográfica obtenida mediante medición DRON siempre está determinada por varios factores, puntos de referencia, tamaño de píxel (GSD), potencia del sensor, altitud de vuelo, tiene muchas ventajas en relación al levantamiento, la ventaja es que solo se necesita una persona control y programación de un dron para medición topográfica, la desventaja de la tecnología de drones es que la adquisición del dron y en este caso del software que realiza las tareas topográficas requiere inicialmente grandes inversiones financieras. Concluyeron que conceptualmente es posible utilizar drones en mediciones topográficas y las variables necesarias para su realización, dándose cuenta de las propiedades que ofrecen, de modo que se especifica que hoy los topógrafos tradicionales pueden completar su trabajo con un modelo topográfico. Con el dron, cambia la forma de trabajar, no es necesario definir una secuencia de puntos de medición, sino que al mismo tiempo se modela toda el área de trabajo, y luego se miden convenientemente los puntos necesarios en el modelo. Esto elimina el riesgo de repetir el trabajo de campo cuando necesitamos nuevos recursos.



### 2.1.2. Antecedentes nacionales

Según Delgado & Sánchez (2022) en su investigación tienen como objetivo determinar la precisión, el tiempo y el costo de los levantamientos topográficos utilizando estaciones totales y drones. La metodología realizada por los autores fue de manera cuantitativa, realizaron vuelos fotogramétricos sobre la zona de estudio mediante un dron modelo Phantom con el método directo y mediciones topográficas con estación total y método tradicional. Los resultados, vehículo aéreo no tripulado obtiene máxima variación de -0.137m este, y -0.199m norte, y con estación total dio resultados un 0.003m este, y 0.004m norte, en la planimetría en altimetría solo el vehiculó aéreo no tripulado tiene una variación máxima de 0.183 m.s.n.m. llegando a la conclusión que los vehículos aéreos no tripulados reduzcan costos; pero según la información recibida, es menos precisa. Para una mayor precisión, con GPS diferencial, se deben utilizar más puntos de control para compensar estas diferencias.

Según Cabada (2018) en su tesis tuvo como objetivo evaluar la precisión y el costo de los levantamientos topográficos aéreos pilotados remotamente en el centro poblado Casa Pampa – Cajamarca. La metodología que utilizaron fue de tipo aplicación, y la obtención de información cuantitativa se realiza mediante la recolección de datos, mediante un formulario técnico, los mismos son calculados , con el software AGISOFT Metashape, en la versión educativa con una orto imagen, un modelo de elevación digital y un plano con superficie curva, AutoCAD. Utilizaron herramientas en 3D para comparar. La conclusión a la que llegaron fue que el levantamiento topográfico del dron es 10 veces más preciso en esta zona, 5 veces en



el norte y 51 veces en la altura, el precio obtenido por el dron fue menor porque bajó 8.59% de los levantamientos topográficos con estación total.

Según Medrano & Zúñiga (2022) en su tesis tuvo como objetivo realizar un levantamiento topográfico mediante estación total y para los productos de calibración obtenidos con vuelos de drones, caso de saneamiento básico en el centro poblado Canizal Chico, la unión Piura. La metodología que utilizaron en su investigación fue el estudio es de enfoque cuantitativo y cualitativo, tipo aplicada, se realizó una comparación de resultados de estación total y el dron, se realizó un análisis de las coordenadas X, Y, Z. Los resultados más resaltantes indicaron que el proceso la fotogrametría con el software Agisoft Metashape, generó nube de puntos como red para obtener orto imágenes, se procesaron modelos digitales de elevación con ArcGIS. Software profesional para estos resultados. Conclusión, Independientemente de los resultados, el uso de un dron es valioso en áreas a las que no se puede acceder debido al acceso y tiempo de procesamiento y finalización.

### **2.1.3. Antecedentes regionales**

El investigador Mamani (2022) planteó el objetivo de utilizar una estación total y un dron para comparar la cantidad de volumen del material en la carretera carrozable desvió Cutini centro poblado de Casimayo Huallatiri Juli. La metodología nivel explicativo, cuantitativo se realizó levantamiento topográfico por método de radiación con estación y vuelo fotogramétrico dron llegando a los resultados de los datos obtenidos estadísticamente de la prueba T de Student, que  $-0.91 \text{ m}^3$  que hay exceso relleno a comparación con relleno estación total excediendo  $12.97 \text{ m}^3$ , en las



diferencias volumétricas se tiene  $2.57\text{m}^3$  con respecto  $2.77\text{m}^3$  en corte y  $4.29\text{m}^3$  con estación total a  $3.59\text{m}^3$  con dron en relleno, así mismo determino la diferencia de volúmenes con estación total frente a dron es  $-0.20\text{m}^3$  en corte y  $0.70\text{m}^3$  en rellenos, realizando la prueba estadística obtiene la desviación estándar en estación total es 1.42665 y dron 1.75258 lo cual afirman que son similares teniendo una correlación de 0.913 considerando muy buena. En conclusión, es recomendable utilizar ambos métodos, ya que los resultados son los mismos.

Según Mamani y Platero (2021) efectuaron una investigación la tuvieron como objetivo consistió en determinar la precisión en el cálculo de volúmenes de tierra mediante el levantamiento topográfico por dron de ala fija y ala rotatoria a comparación de la estación total. La metodología que emplearon fue de enfoque cuantitativo, lo dividieron en dos etapas, en la primera etapa se encargaron de realizar los levantamientos topográficos correspondientes, es decir la fase de campo, por último, el procesamiento de datos, para los cual se enfatizaron en la precisión de los volúmenes y el tiempo de obtención. Los resultados más resaltantes indicaron que luego de la elaboración de obtención de volumen de corte y relleno la diferencia fue de  $27.630\text{m}^3$  y  $8.980\text{m}^3$  para los métodos de estación total y dron de ala fija. Por otra parte, los resultados con dron de ala rotatoria y estación total indican una diferencia de  $44.790\text{m}^3$  para corte y  $25.690\text{m}^3$  de relleno. En temas de tiempos, el tiempo tomado para el trabajo propuesto de volúmenes utilizando estación total entre la fase de campo y gabinete fue de 14.50 horas, para el dron de ala fija 8.17 horas y el de ala rotatoria de 10.08 horas.



Por último, Ticona & Lope (2022) realizó una investigación que tuvo como objetivo analizar el movimiento de tierra en la vía Pisacoma – Capaso con equipos topográficos, se realiza la comparación de cálculo de volumen en movimiento de tierras de 1.5, 10 y 20 metros. La metodología, es nivel descriptivo analítico siendo un diseño experimental longitudinal, se realizó el levantamiento de la carretera para mejorar vía Pisacoma a Capaso 0+000 al km 1+065 de la región. Puno para el post proceso se ha usado software Autodesk Civil 3D, para obtener el diseño geométrico existente tipo de carretera troza carrozable de la carretera mantenimiento con la finalidad de generar una superficie Topográfico resultados de los tramos km 0+200 hasta 0+700 se procedió a calcular el volumen( $M^3$ ) de los movimientos de tierra obtenidas mediante secciones de corte y relleno se realizó el análisis de costos con equipos topográficos conclusión, estadísticamente los resultados de corte y relleno de volúmenes a 1 metro de altura con un instrumento topográfico láser 3D y un escáner láser 3D son un 95% más fiables, y los movimientos obtenidos a 1,5, 10 y 20 metros de altura son mayores, en comparación con otros instrumentos.

## **2.2. MARCO TEORICO**

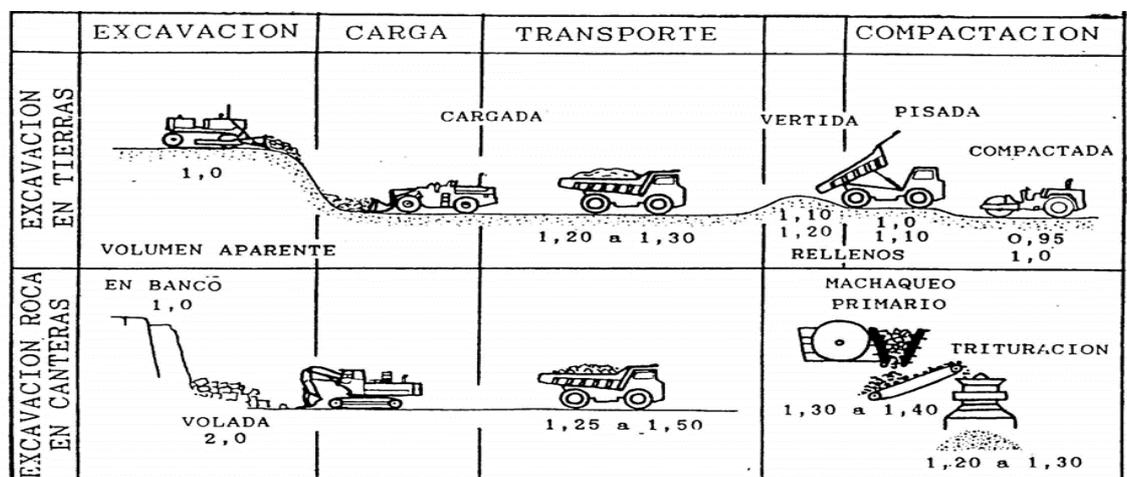
### **2.2.1. Movimiento de tierras**

Se define como la determinación de los cálculos requeridos para ocupar o retirar cierto volumen de terreno en un área determinado. Es de vital importancia para múltiples proyectos de obras viales, en ámbito de la Ingeniería Civil, su aplicación se puede derivar a carreteras, cimentaciones, canales y minería. Posteriormente a la determinación de los cálculos mencionados se ejecuta en el campo con maquinaria.

Su alcance también se extiende hasta su aplicación en canteras. En la figura 1 se ilustra el proceso de movimiento de tierras ya sea para relleno y excavación, en su aplicación de excavación de roca en canteras y en tierras. Los pasos clave incluyen: excavación, carga, transporte y compactación. (Castañeda & Quiroz, 2022)

**Figura 1**

*Proceso durante la ejecución en movimiento de tierras con maquinaria.*



Fuente: Londoño, J. (2010)

### 2.2.2. Instrumentos topográficos para calcular el volumen de movimiento de tierras

Se requiere la estimación del volumen de movimiento de tierras en los múltiples proyectos de construcción. Los instrumentos más apropiados para este ejercicio son el dron y la estación total. En la figura 2 y 3 se muestran dron y estación total, instrumentos recomendados para la determinación del volumen para el movimiento de tierras. (Chávez, 2018)

## Figura 2

*Estación terrestre, control, dron.*



Fuente: *(Equipos topográficos - Instrumentos y Aparatos Para Topografía)*

### 2.3. MARCO CONCEPTUAL

#### 2.3.1. Precisión

Referido a la distancia entre las magnitudes dadas por la medición individuales a comparación de la realización de la misma medición, pero múltiples veces. En instrumentos se podría decir que es más preciso si es que tiene la facultad de obtener los mismos resultados en múltiples mediciones tomando como punto de comparación un valor esperado. (Vargas, 2017)

#### 2.3.2. Volumen

Considerada magnitud métrica, de tipo escalar, se puede definir como estimación e interacción de sus 3 dimensiones (ancho, largo y altura). Todo cuerpo físico ocupa un lugar que sufre variaciones según las dimensiones que posee, a tal



medida se le denomina volumen. En el campo de la ingeniería civil puede tomar diversos significados, volúmenes en obra, volumen puro, volumen en determinación de áreas y perímetros y pesos volumétricos. (Gil, 2019)

### **2.3.3. Movimiento de tierras**

Es una sumatoria de acciones que se ejecutan en una determinada área de terreno para una obra, existen dos tipos de movimiento de tierras, manual y mecánica. La finalidad del movimiento de tierras es la preparación del terreno para la etapa de ejecución de una obra. Los trabajos que se incluyen en movimiento de tierras son: excavación, relleno, compactación y desmonte, se requiere su realización para asegurar la calidad, durabilidad y estabilidad de cualquier obra. (Gil, 2019)

### **2.3.4. Instrumento topográfico**

Es una herramienta utilizada para la estimación de alturas, distancias y ángulos en la línea de la topografía. Son de vital importancia para el diseño, mantenimiento y construcción de estructuras. Algunos de los instrumentos topográficos más comunes son: estación total, teodolitos, niveles, receptores GNSS, GPS y dron. La finalidad de su uso radica en brindar información acerca del estado del terreno, características y elevaciones. (Gil, 2019)

### **2.3.5. Dron**

Instrumento topográfico (vehículo aéreo no tripulado), se caracteriza por poseer la capacidad de volar sin necesidad de contar con algún piloto dentro de su composición. La ruta de vuelo puede ser predefinida por un programa o a través de



un dispositivo de control remoto. Su funcionamiento se debe a que cuenta con motores eléctricos, su desplazamiento se da a lugar porque cuenta con hélices, esto asegura estabilidad desde el arranque, durante el vuelo y su término. Entre las facilidades que han proporcionado en el ámbito de la Ingeniería Civil se encuentra su uso como herramienta eficiente ante las actividades de inspecciones de edificaciones en construcción, estructuras como carreteras, canales, control para la realización de informes de proyectos de construcción y escaneos laser en 3D para la generación de modelos digitales de determinadas áreas. Como consecuencia de estas facilidades, se ha generado reducción en los tiempos de realización de cada actividad, puesto que anteriormente se hacía uso de otros instrumentos. (Chávez, 2018)

#### **2.3.6. Estación total**

Es instrumento se utiliza para medir áreas definidas y determinar la ubicación de diferentes puntos. Es una herramienta híbrida, combinando las funcionalidades de un teodolito con la capacidad de recopilar datos a distancia. Se puede considerar como el instrumento más preciso, sin embargo, por acción de la variabilidad de la geografía de los terrenos y de la accesibilidad a todo el terreno, su precisión puede verse afectada por depresiones geográficas o vegetación. El alcance de su uso se orienta a la medición de ángulos (horizontales y verticales), distancias a través de señales infrarrojas y depende de prismas reflectantes y la obtención de coordenadas mediante cálculos trigonométricos y triangulación. (Santamaria, 2019)



### **2.3.7. Software de procesamiento de información para determinar el movimiento de tierras**

Son herramientas de importante uso porque facilita los cálculos y reduce los márgenes de errores por parte del investigador. Proporcionan una interfaz práctica y en algunos casos contienen herramientas de cálculo de costos con referencia al volumen de corte y relleno. (Pachas, 2009)

### **2.3.8. Microsoft Excel**

También denominada hoja de cálculo fue creada por la compañía Microsoft, compatible de utilizar con cualquier sistema operativo. Su uso es de primera instancia para analizar y manejar datos (números), los cuales a partir de tablas y gráficos mejora su visualización para el análisis respectivo. Ofrece una variedad de herramientas aplicables a los distintos campos profesionales, en la ingeniería Civil, proporciona eficiencia al manejar los datos, facilita la resolución de cálculos complejos, se utiliza para el análisis estructural y diseño, presupuestos y procesamiento de datos generados por un instrumento topográfico en un levantamiento topográfico. (Maza, 2005)

### **2.3.9. AutoCAD Civil 3D**

Software creado por la compañía Autodesk, tiene la finalidad de proporcionar al usuario diseñar proyectos en 3D, utilizado ampliamente en los campos profesionales de diseño gráfico e industrial, mecánico, arquitectura e ingeniería. Las funciones más usadas en el campo de la ingeniería Civil son la elaboración de planos estructurales de edificaciones entre otras ramas como: hidráulica, carreteras, etc. La



versatilidad del programa permite diseños adaptados a la normativa del país en donde se encuentre el diseñador. Entre otras funciones posee la opción de importar y exportar datos de Excel entre otros programas como, WaterCAD, SewerCAD y etc. (Pachas, 2009)

### **2.3.10. Agisoft PhotoScan**

Software que tiene la finalidad de la creación de nubes de puntos a partir de la recepción de imágenes de una determinada área de terreno. Se caracteriza por la precisión y la compatibilidad con otros programas. Entre las ventajas de su utilización se encuentra la facilidad y rapidez para procesar los datos, posee margen de error 3 cm para fotografías a altura y 1 mm para fotografías de una altura baja, puede procesar miles de imágenes en un tiempo prudente. Las herramientas del programa generan, triangulaciones aéreas, georreferenciaciones y contornos de elevación y obtención de nubes de puntos. Es compatible con la información recopilada de dron. (Pachas, 2009).



## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. ÁREA DE ESTUDIO

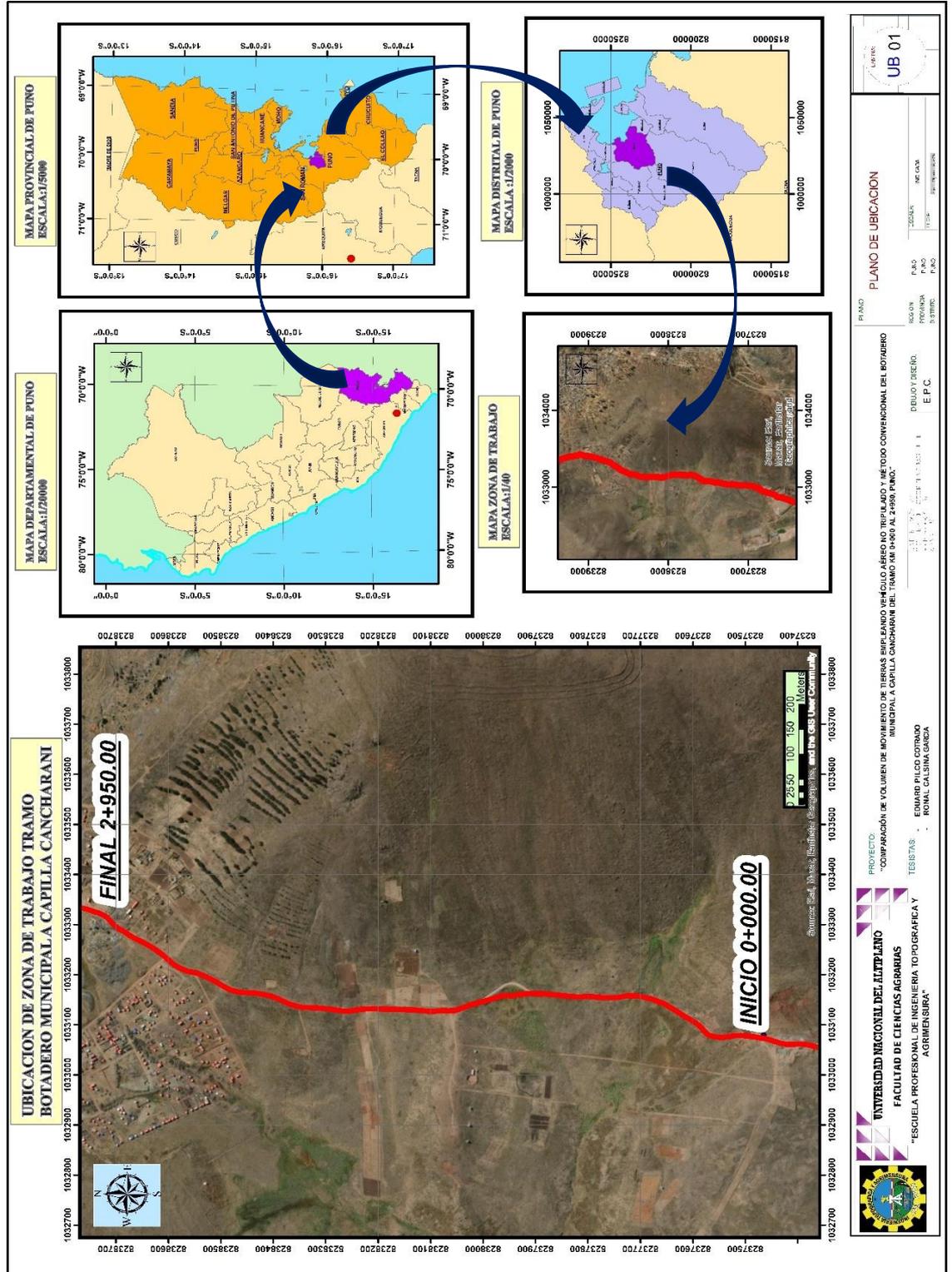
El presente estudio se desarrolló en el departamento de Puno, provincia de Puno en la trocha carrozable ubicada en Botadero Municipal a Capilla Cancharani, vía que conecta la autopista de Juliaca a Puno a zona urbana de Puno.

##### 3.1.1. Ubicación Política

Departamento	: Puno
Provincia	: Puno
Distrito	: Puno
Lugar	: Botadero Municipal a Capilla Cancharani

**Figura 3**

*Ubicación política.*





### 3.1.2. Coordenadas UTM

#### Punto inicial

ESTE: 381833.00 m

NORTE: 8251554.00 m

#### Punto Final

ESTE: 387482.00 m

NORTE: 8250758.00 m

### 3.1.3. Vías de comunicación y accesibilidad

**Tabla 1**

*Vías de acceso a la zona de proyecto*

Ruta	Descripción	Longitud
Botadero municipal a la ciudad de puno	Desde la ciudad de Puno; tomar transporte urbano la línea número 16, o tomar transporte a Laraqueri hasta el ovalo.	8 km aproximadamente en automóvil desde el centro de la ciudad de Puno.

## 3.2. MATERIALES

### 3.2.1. Monumentación de puntos geodésicos de Control

- 02 equipo GNSS diferencial marca: South modelo Galaxy g1
- 02 trípode de madera
- 01 camioneta para la movilización (Toyota – Hilux)
- 01 GPS UTM GEOMAP (aplicativo)
- 06 radios de comunicación



- 01 libreta topográfica
- 03 flexómetros.
- placas geodésicas de bronce
- pintura de color rojo
- yeso
- arena, cemento y agua
- estacas de fierro de 60 cm - ½"
- 01 pico
- 01 pala
- 01 brocha
- 01 pincel
- 01 balde de 20lt.

### **3.2.2. Levantamiento fotogramétrico**

- 01 DJI Drone Phantom 4 RTK
- 01 base CHCNAV modelo I50
- 01 mando de control Remoto

### **3.2.3. Levantamiento con estación total**

- 02 estación total marca leica ts07.
- 02 trípode de aluminio.
- 04 prisma.
- 06 radios.
- 04 bastones.



- 02 flexómetro.

### **3.2.4. Equipos para el procesamiento en gabinete**

#### **3.2.4.1. Equipos Informáticos**

- 01 computadora MSI Aegis RS 13NUG Gaming, Intel Core i7-13700KF Hasta 5.4 GHz, RAM 32GB, SSD 2TB + HDD 2TB, Video 16GB NVIDIA RTX 4080, Enfriamiento Liquido, Wi-Fi, BT, Windows 11 Pro.
- Disco Duro de 1 TB, Tarjeta Gráfica de 2 GB, Monitor LG 32.
- 01 laptop Gamer Asus TUF F15 FX507ZC4-HN002W I7-12700H 156 FHD IPS 144Hz 16GB 512GB SSD RTX3050 4GB W11.
- 01 laptop Asus M3401QC-KM160W 14", Ryzen R5-5600H, 512GB ssd, 8GB RAM, GeForce RTX 3050.
- Memoria USB 32GB 100mb/s Kingston.

#### **3.2.4.2. Herramientas Informáticos**

- Agisoft Metashape (Versión Estudiantil)
- Civil 3D 2022 (Versión Estudiantil)
- Word 2019
- Excel 2019



### **3.3. METODOS**

#### **3.3.1. Enfoque de la investigación**

Según el enfoque de la investigación se considera de carácter cuantitativo, teniendo en consideración que los datos de estudio son cantidades numéricas las que serán contrastadas estadísticamente para las diferentes hipótesis propuestas en la investigación.

#### **3.3.2. Tipo de investigación**

La presente investigación es de tipo aplicado, donde se busca emplear los conocimientos y los métodos del levantamiento topográfico, para fines de este estudio se destaca la utilización del vehículo aéreo no tripulado y el método tradicional en el movimiento de tierras.

#### **3.3.3. Diseño de investigación**

El diseño en la presente investigación será no experimental, debido a la no manipulación de la variable de estudio.

#### **3.3.4. Nivel investigación**

El estudio de investigación será de nivel explicativa a nivel del proceso del levantamiento topográfico donde se detalla los procesos y las metodologías empleadas en la comparación entre el tiempo y los volúmenes de movimiento de tierras.



### **3.3.5. Población**

En el presente estudio la población está compuesta por la progresiva del km 0+000 al km 7+035 del botadero municipal – Capilla Cancharani, Puno.

### **3.3.6. Muestra**

La muestra es no probabilística porque no se utilizan formulas estadísticas para seleccionarla y de tipo juicio propio porque se seleccionó la muestra en función al juicio del investigador. Esta investigación es de la Prog. Km 00+000.00 al Km 2+950.00 en la vía trocha carrozable del botadero municipal – Capilla Cancharani, Puno.

### **3.3.7. Variables de investigación**

#### **3.3.7.1. Variable Dependiente**

La variable dependiente es el Volumen de movimiento de tierras método convencional.

#### **3.3.7.2. Variable Independiente**

La variable independiente es Volumen de movimiento de tierras de vehículo aéreo no tripulado.

**Tabla 2**

*cuadro de operacionalización de variables*

<b>Variable</b>	<b>Def. Conceptual</b>	<b>Def. Operacional</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Unid.</b>	<b>Instrumento</b>
VD: Volumen de movimiento de tierras de vehículo aéreo no tripulado	Se refiere a la cantidad de movimiento de tierras (corte y relleno) estimado a partir del uso de un dron	Se medirá el volumen de movimiento de tierras (corte y relleno) en m <sup>3</sup> a través de la toma de datos del dron y la fotogrametría. El tiempo de ejecución será medido en días, semanas según el formato internacional de hora	Volumen	Coordenadas	m <sup>3</sup>	Dron
VI: Volumen de movimiento de tierras método convencional	Se refiere a la cantidad de movimiento de tierras (corte y relleno) estimado a partir del uso de una estación total	Se medirá el volumen de movimiento de tierras (corte y relleno) en m <sup>3</sup> a través de la toma de datos de la estación total. El tiempo de ejecución será medido en días, semanas según el formato internacional de hora	Volumen	Coordenadas	m <sup>3</sup>	Estación total
			Tiempo de ejecución	Tiempo	seg.	
			Tiempo de ejecución	Tiempo	seg.	

### 3.4. PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACION

#### 3.4.1. Procedimiento para la recolección de datos

Los datos se han recopilado utilizando bases teóricas y experiencias para los vehículos aéreos no tripulados, que en el campo realizan una misión específica en función del terreno disponible.

### 3.4.2. Técnicas para el procesamiento y análisis de la información

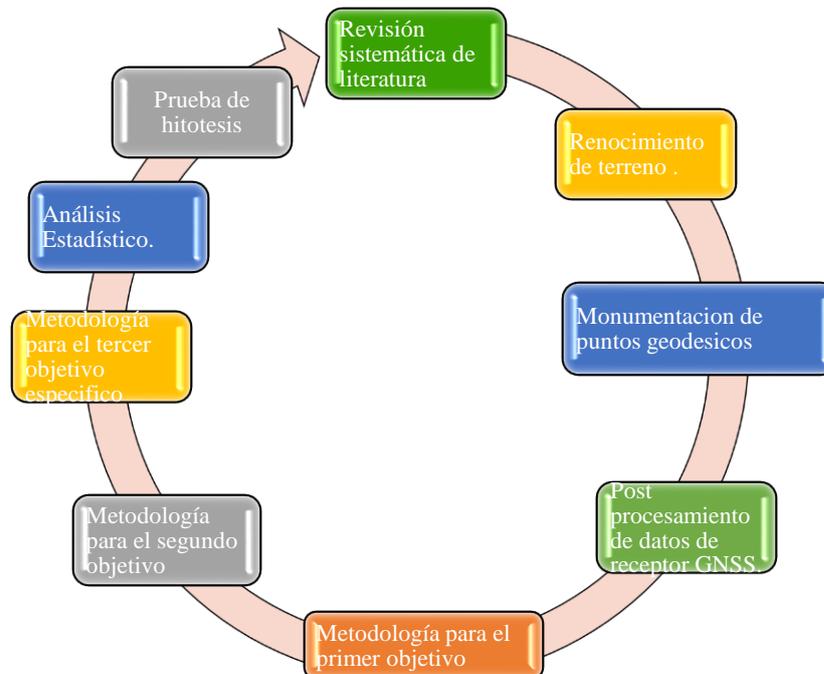
Se ha organizado en función de los estudios de investigación previos. Además, se examinó el grado de influencia en el estudio de carreteras y otros estudios relevantes.

### 3.5. DESARROLLO METODOLÓGICO

A continuación, se describe el procedimiento de cálculo de los volúmenes de movimiento de tierras en los kilómetros 0+000 y 2+950. Inicialmente, se emplearon los datos recopilados mediante el levantamiento topográfico con una estación total, y posteriormente, se utilizaron los datos obtenidos del levantamiento fotogramétrico con un dron, siguiendo el flujo de trabajo que se describe a continuación.

**Figura 4**

*Flujograma del procedimiento metodológico en la investigación.*





### **3.5.1. Revisión sistemática de literatura**

Para la ejecución de este proyecto se ha estudiado y verificado la bibliografía de todas las investigaciones actuales y se ha optado por desarrollar una investigación que no es común en nuestro entorno debido a la tecnología tardía que llega al Perú. Todo esto se ha plasmado en el marco teórico y técnico del desarrollo y elaboración del proyecto de investigación.

### **3.5.2. Reconocimiento de terreno**

Es de vital importancia el reconocimiento e inspección del terreno de un proyecto, para poder apreciar el tipo de terreno, la accesibilidad, la dimensión del tramo a intervenir, precedentes en caso existiese y poder determinar:

- El área de estudio.
- Ubicación de los puntos de control.
- Lugares para posicionamiento de la estación total con la mejor visión hacia la vía a levantar.
- Posibles obstáculos para el vuelo fotogramétrico, como líneas de alta tensión, torres de alumbrado, antenas, etc.
- Seguridad del área de trabajo.
- Tiempos y forma de transporte hasta el lugar de trabajo, entre otros.

### **3.5.3. Monumentación de puntos geodésicos**

Con el recorrido se opta por establecer puntos geodésicos en zonas bien definidas y estratégica para con ello poder lograr buena visibilidad , sin riesgos de

interferencias de antenas, fuera de alcance de vehículos, objetos innecesarios o animales que pudieran perjudicar; el trabajo respectivo con el cual se realiza un monumento es de 30x30x40 cm incrustado en el centro con una placa de bronce circunscrita que llevan como códigos PCG01, PCG02, PCG03, en consecuencia se realizó proceso de colocación de la placa metálica y molde de madera en los puntos geodésicos establecidos.

### **Figura 5**

*Monumentación, encofrado y vaciado de puntos Geodésicos.*



Los puntos geodésicos se tomaron los datos durante 1:30 hora aproximadamente con el modo de levantamiento estático fijo, dichos datos se han tomado con un receptor GNSS de la marca South modelo Galaxy G1, los cuales han sido Postprocesados con un punto de estación de rastreo permanente ubicado en la ciudad de Juliaca y controlado por el Instituto Geográfico Nacional la PU02.

## Figura 6

*Placa del punto geodésico PCG-01.*



### 3.5.4. Postprocesamiento de datos del receptor GNSS

Los datos obtenidos en el modo estático fueron Postprocesados en el software especializado de Leica Infinity 4.0.0, dicho procesamiento ha sido ajustado con base a la data de rastreo permanente ubicado en la ciudad de Juliaca de código (PU02).

## Figura 7

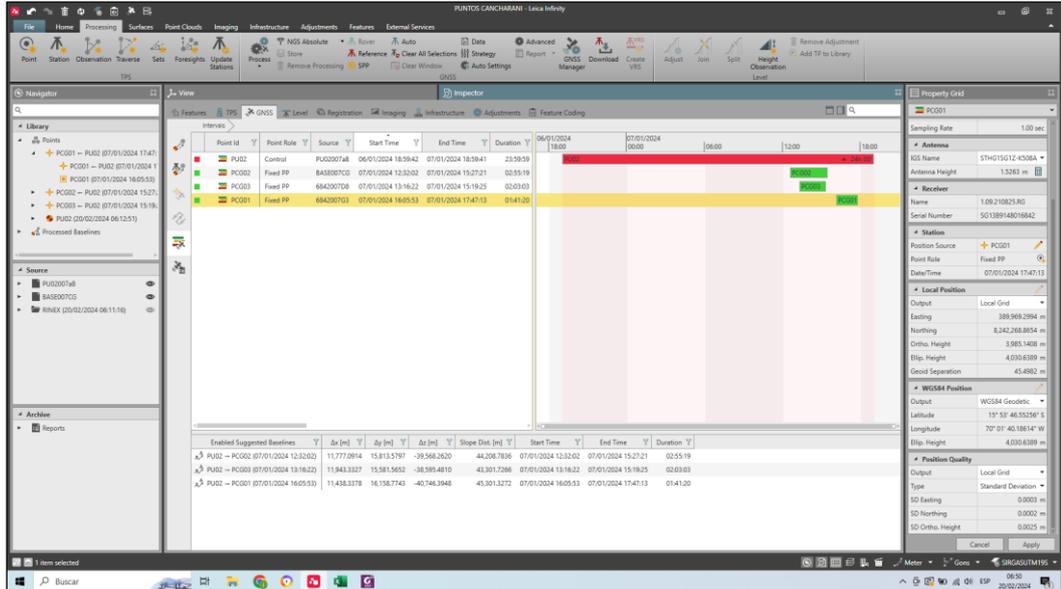
*Estacionamiento y posicionamiento del receptor GNSS en el punto geodésico.*



Después de haber obtenido todos los datos necesarios al software Leica Infinity, se pasa a cargar los archivos Rinex de la data tomada en campo de los 3 puntos de geodésicos y la data que proporciona el IGN que es el punto PU02 luego se procedió a procesar las 3 líneas base y teniendo como resultado las coordenadas ajustadas con errores menores a 10 mm o también denominándolo puntos geodésicos de orden “C”, cuyas especificaciones técnicas se pueden encontrar en la página del IGN.

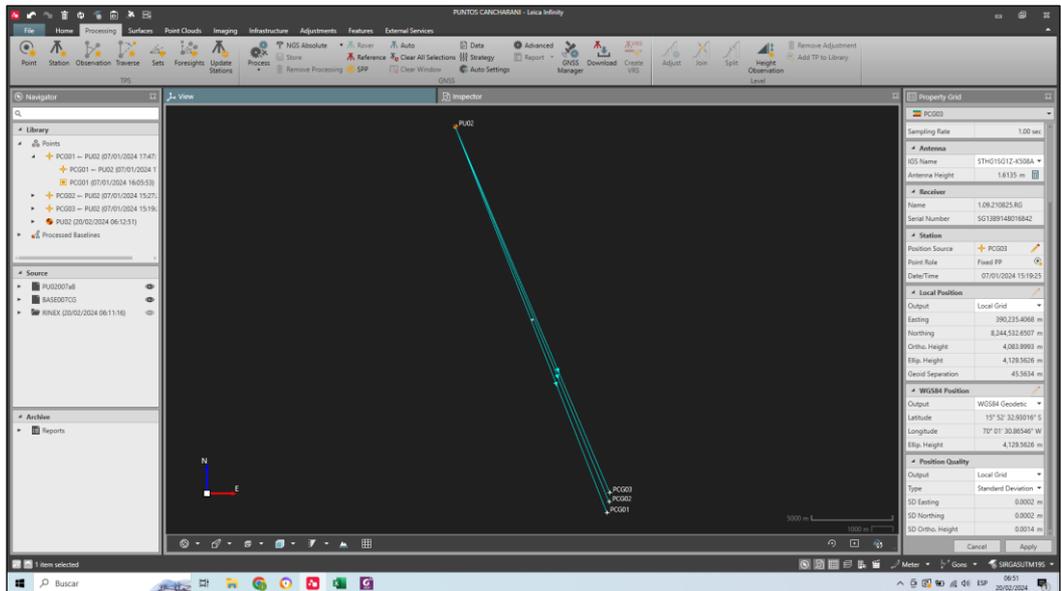
**Figura 8**

*Configuración y procesamiento con software Leica Infinity.*



**Figura 9**

*Líneas base de los 3 puntos geodésicos.*





**Tabla 3**

*Coordenadas de los puntos geodésicos.*

N.º	ESTE	NORTE	COTA	DESCRIPCIÓN
1	389969.299	8242268.87	3985.1408	PCG01
2	390163.439	8243522.34	4085.8529	PCG02
3	390235.407	8244532.65	4083.9993	PCG03

Coordenadas de puntos geodésicos obtenidos con receptor GNSS marca South modelo Galaxy G1, con descripción de códigos proporcionados por el IGN y PCG. Como resultado se tiene las coordenadas UTM son los datos que serán utilizados para empezar con el levantamiento topográfico con estación total.

### **3.5.5. Metodología para el primer objetivo específico**

#### **3.5.5.1. Establecimiento de los puntos de fotocontrol**

Para la correcta georreferenciación del proyecto de tesis se estableció puntos de control de orden “C” que son necesarios para la fase de posicionamiento del levantamiento topográfico con un drone modo RTK.

Para el establecimiento y georreferenciación de puntos de fotocontrol se utilizó yeso para establecer (12) puntos a cada 200 metros aproximadamente, según la topografía del terreno, en forma de x debidamente enumerados, en zonas visibles y regulares para evitar errores de elevación.

En este proceso se obtuvieron datos en modo RTK, con un receptor GNSS (sistema global de navegación por satélite) de fabrica CHCNAV

modelo I50, el tiempo de toma de la información fue de intervalos de 5 minutos teniendo como base el punto geodésico PCG-02.

### Figura 10

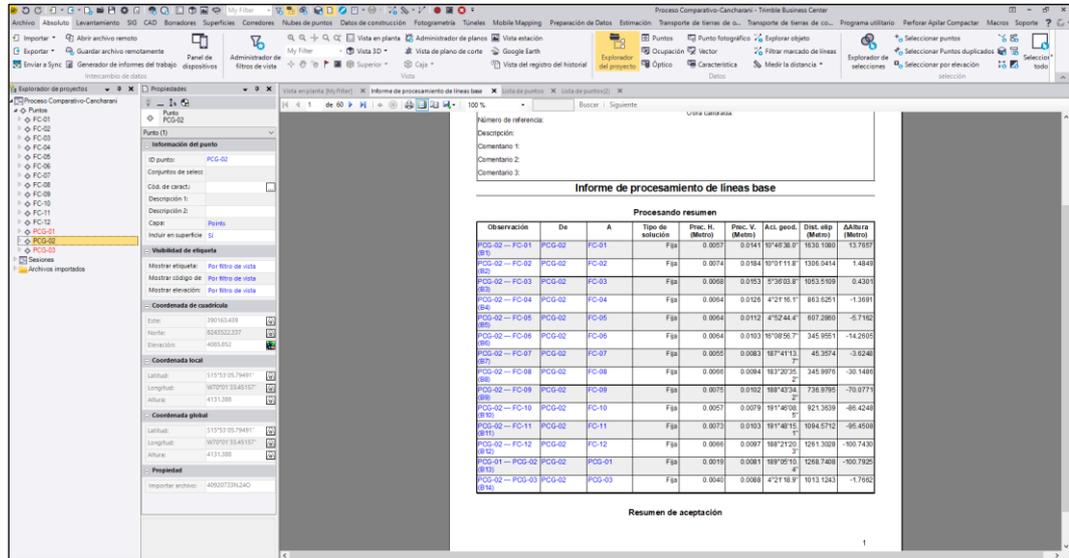
*Establecimiento de puntos de fotocontrol.*



En la figura se muestra el establecimiento de puntos de fotocontrol, obtenidos con el levantamiento geodésico en modo RTK, se tomó como punto base PCG-02, las cuales se detallan en la siguiente tabla.

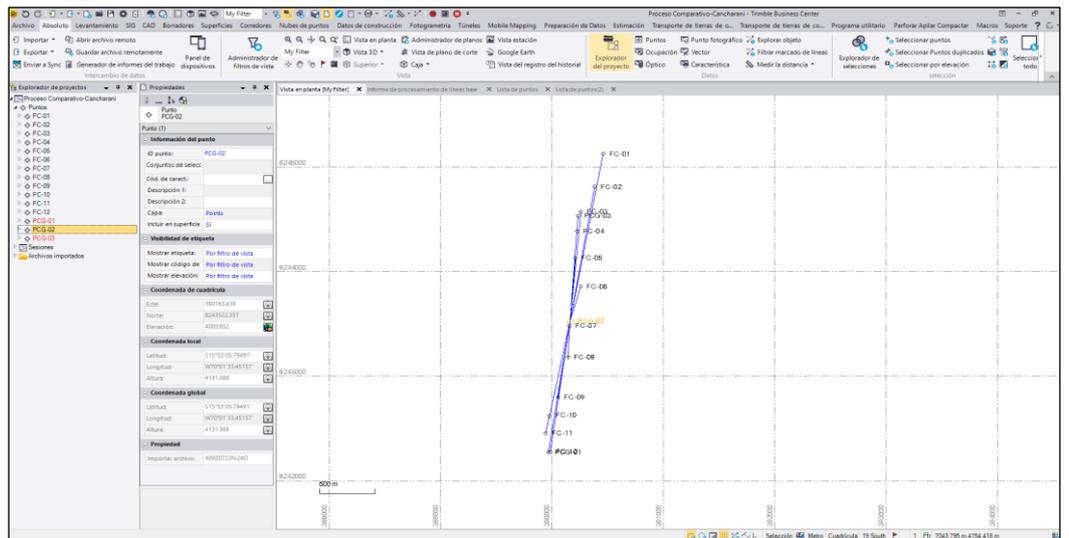
**Figura 11**

*Obtención de puntos de fotocontrol mediante el software Trimble Business Center.*



**Figura 12**

*Procedimiento de la obtención de la línea base de los puntos de fotocontrol.*



**Figura 13**

*Hoja de cálculo de ocupación con el software Trimble Business.*

ID de punto	Hora de inicio	Duración	Método de campo	Nombre de artículo	Altura de antena	Método de antena	Fabricante de antena	Tipo de antena
FC-01	13/05/2024 19:18:13	00:01:20	Estática	409507392.240	1.8000	Base del soporte de la antena	SOUTH	Galaxy C1-582D
FC-02	13/05/2024 19:18:57	00:05:40	Estática	409507392.240	1.8000	Base del soporte de la antena	SOUTH	Galaxy C1-582D
FC-03	13/05/2024 19:19:07	00:05:50	Estática	409507392.240	1.8000	Base del soporte de la antena	SOUTH	Galaxy C1-582D
FC-04	13/05/2024 19:19:17	00:05:20	Estática	409507392.240	1.8000	Base del soporte de la antena	SOUTH	Galaxy C1-582D
FC-05	13/05/2024 19:19:15	00:05:35	Estática	409507392.240	1.8000	Base del soporte de la antena	SOUTH	Galaxy C1-582D
FC-06	13/05/2024 19:19:17	00:05:20	Estática	409507392.240	1.8000	Base del soporte de la antena	SOUTH	Galaxy C1-582D
FC-07	13/05/2024 19:18:47	00:05:11	Estática	409507392.240	1.8000	Base del soporte de la antena	SOUTH	Galaxy C1-582D
FC-08	13/05/2024 19:18:57	00:05:50	Estática	409507392.240	1.8000	Base del soporte de la antena	SOUTH	Galaxy C1-582D
FC-09	13/05/2024 19:19:47	00:05:15	Estática	409507392.240	1.8000	Base del soporte de la antena	SOUTH	Galaxy C1-582D
FC-10	13/05/2024 19:18:57	00:05:10	Estática	409507392.240	1.8000	Base del soporte de la antena	SOUTH	Galaxy C1-582D
FC-11	13/05/2024 19:18:47	00:05:15	Estática	409507392.240	1.8000	Base del soporte de la antena	SOUTH	Galaxy C1-582D
FC-12	13/05/2024 19:19:21	00:05:30	Estática	409507392.240	1.8000	Base del soporte de la antena	SOUTH	Galaxy C1-582D
FC-13	13/05/2024 19:19:21	02:17:55	Estática	PCG-0107391.240	1.6500	Base del soporte de la antena	CHC	ISO
FC-14	13/05/2024 19:18:05	02:16:21	Estática	PCG-0202739.240	1.6500	Base del soporte de la antena	CHC	ISO
FC-15	13/05/2024 19:46:57	02:16:20	Estática	409507392.240	1.6870	Base del soporte de la antena	SOUTH	Galaxy C1-582D
FC-16	13/05/2024 19:28:48	00:22:07	Estática	PCG-030739.240	1.6870	Base del soporte de la antena	CHC	ISO

### 3.5.5.2. Planeamiento de plan de vuelo

En el plan de vuelo se utilizó el dron DJI PHANTOM 4 RTK, las cuales se tomaron los siguientes criterios, tipo de plan de vuelo, altura de vuelo, velocidad de vuelo, resolución de fotografías, GSD (distancia de muestreo de suelo) de captura de la información, distorsión de la cámara, estación y tiempo de vuelo.

**Figura 14**

*Vista en planta del área de estudio con Google Earth Pro.*



**Figura 15**

*Tesista configurando el control del dron DJI PHANTOM 4 RTK.*



### 3.5.5.3. Levantamiento fotogramétrico con dron Phantom 4 RTK.

Para el levantamiento fotogramétrico con dron DJI PHANTOM 4 RTK., se tuvo que prevenir las condiciones climatológicas, como la lluvia, el viento y esté parcialmente despejado. También se tomó en consideración el estado de carga de las baterías, la conexión ininterrumpida con la base GNSS, a través de la estación base del dron hasta el dron.

#### Figura 16

*Inicio de plan de vuelo fotogramétrico con el dron DJI PHANTOM 4 RTK.*



### 3.5.5.4. Procesamiento de gabinete de ortofoto – orto mosaico

**Tabla 4**

*Datos del levantamiento fotogramétrico con drone dji Phantom 4 rtk*

Numero de imágenes	: 678	Posiciones de cámara	: 226
Altitud media de vuelo	: 119m	Puntos de enlace	: 1997,986
Resolución en terreno	: 2.97 cm/pix	Proyecciones	: 634,951
Superficie cubierta	: 0.754 km <sup>2</sup>	Error de Re proyección	: 1.33pix

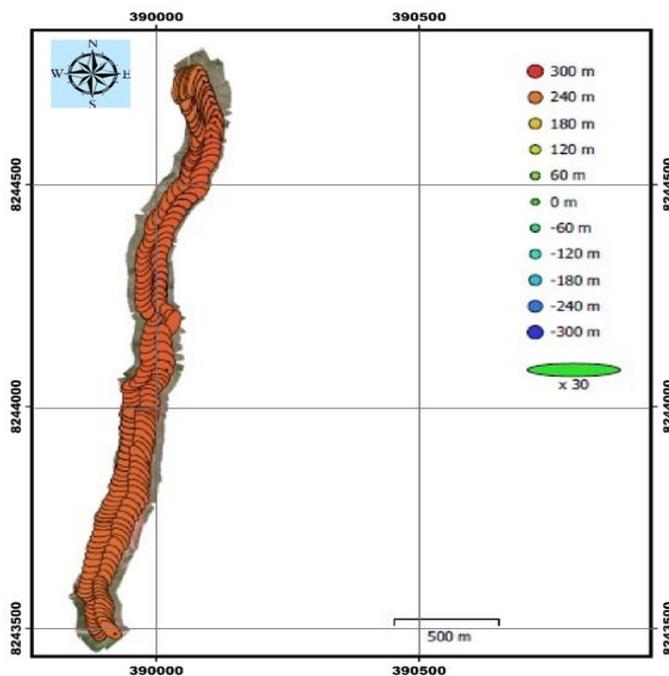
**Tabla 5**

*Características de cámara.*

MODELO DE CAMARA	RESOLUCION	DISTANCIA FOCAL	TAMAÑO DE PIXEL	PRECALIBRADA
FC6310R (8.8mm)	5472 x 3648	8.8 mm	2.41 x 2.41 micras	no

**Figura 17**

*Posiciones de cámaras.*



En la figura se muestran las posiciones de cámaras y estimaciones de errores, el color indica el error en z mientras el tamaño y forma de la elipse representan el error en XY, posiciones estimadas de las cámaras se indican con los puntos negros.

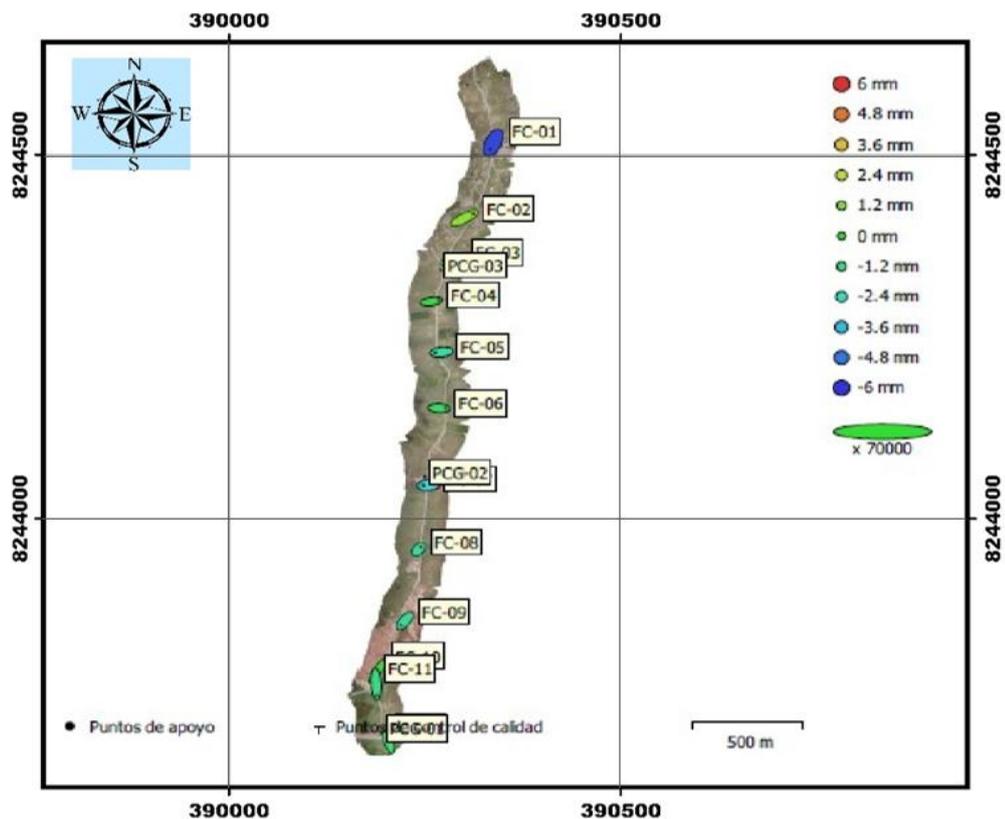
**Tabla 6**

*Errores medios de las posiciones de cámaras.*

ERROR X (m)	ERROR Y (m)	ERROR Z (m)	ERROR XY (m)	ERROR COMPUESTO (m)
1.17086	1.94371	254.451	2.26913	254.461

**Figura 18**

*Posiciones de puntos de apoyo y estimaciones de errores.*



En la figura se muestra las posiciones de puntos de apoyo y estimaciones de errores, El color indica el error en Z mientras el tamaño y forma de la elipse representan el error en XY, posiciones estimadas de puntos de apoyo se indican con los puntos negros, puntos de control con cruzamiento.

**Tabla 7***ECM de puntos de apoyo.*

NUMERO	ERROR X (mm)	ERROR Y (mm)	ERROR Z (mm)	ERROR XY (mm)	TOTAL (mm)
12	0.737244	0.807088	2.2997	1.09312	2.54628

**Tabla 8***Puntos de apoyo fotocontroles*

NOMBRE	ERROR X (mm)	ERROR Y (mm)	ERROR Z (mm)	TOTAL (mm)	IMAGEN (pix)
FC-01	-0.413559	-0.911662	-5.62682	5.71518	0.067(4)
FC-02	1.19962	0.651361	1.54707	2.0632	0.146(6)
FC-03	-1.0307	-0.328347	-2.29523	2.53736	0.044(7)
FC-04	0.909111	0.133412	-0.382386	0.995239	0.048(6)
FC-05	-0.7975	-0.105458	-1.99786	2.15373	0.025(6)
FC-06	0.847711	-0.0471279	-0.929883	1.25917	0.071(6)
FC-07	-0.719411	-0.106925	-3.07197	3.15689	0.114 (11)
FC-08	0.28988	0.346947	-1.77713	1.83374	0.065(9)
FC-09	-0.509483	-0.626264	-1.82461	1.99524	0.055(7)
FC-10	0.832587	1.35531	-0.0447427	1.59124	0.066(6)
FC-11	0.0775033	-1.59867	-1.46364	2.16887	0.031(8)
FC-12	-0.329257	1.22708	-1.03421	1.63821	0.074 (11)
PCG-01					
PCG-02					
PCG-03					
Total	0.737244	0.807088	2.2997	2.54628	0.076



#### **3.5.5.5. Restitución fotogramétrica digital**

Esta actividad se llevó a cabo en gabinete, empleando estaciones fotogramétricas digitales, con el software fotogramétrico Agisoft Metashape Profesional V 1.5.1, uno de los más utilizados en el mercado; con los procedimientos siguientes:

#### **3.5.5.6. Aero triangulación y ajuste**

Consiste en la identificación y medición de puntos homólogos de paso ubicados en una misma línea de vuelo, así como puntos homólogos de enlace ubicados entre líneas adyacentes.

Las fotografías aéreas obtenidas con la cámara del DJI PHANTOM 4 RTK, tienen un nivel de proceso proporcionado por el sistema de Posicionamiento y orientación de la cámara, siendo esta inicial y/o relativa; la Aero triangulación y ajuste se complementó con la medición de los puntos de foto control horizontal y vertical obtenidos en campo, los mismos que fueron medidos con el módulo de aplicación.

#### **3.5.5.7. Restitución de objetos geográficos**

Esta actividad se llevó a cabo en la sección de restitución, empleando estaciones fotogramétricas digitales, con el software fotogramétrico Agisoft Metashape Profesional V 1.5.1.



### **3.5.5.8. Proceso de captura de objetos geográficos**

Consiste en la Captura de Objetos Geográficos a partir de la fotografía aérea mediante el trazado simultáneo en tres dimensiones (3D) directamente en los equipos fotogramétricos:

- áreas construidas y libres
- Mobiliario urbano (Postes, buzones, etc.)
- Áreas Verdes: Parques, Jardines, Bermas, etc.)
- Vías: nomenclatura, Propiedades.
- Otra información propia de la base cartográfica.

Las curvas de nivel han sido trazadas en toda el área sin discriminación de construcciones (Irrelevantes) con intervalos al metro 1m.

### **3.5.5.9. Revisiones y control de calidad del proceso de restitución**

Los archivos de restitución han sido verificados mediante el uso de las estaciones fotogramétricas digitales, afín de detectar errores se verifico lo siguiente:

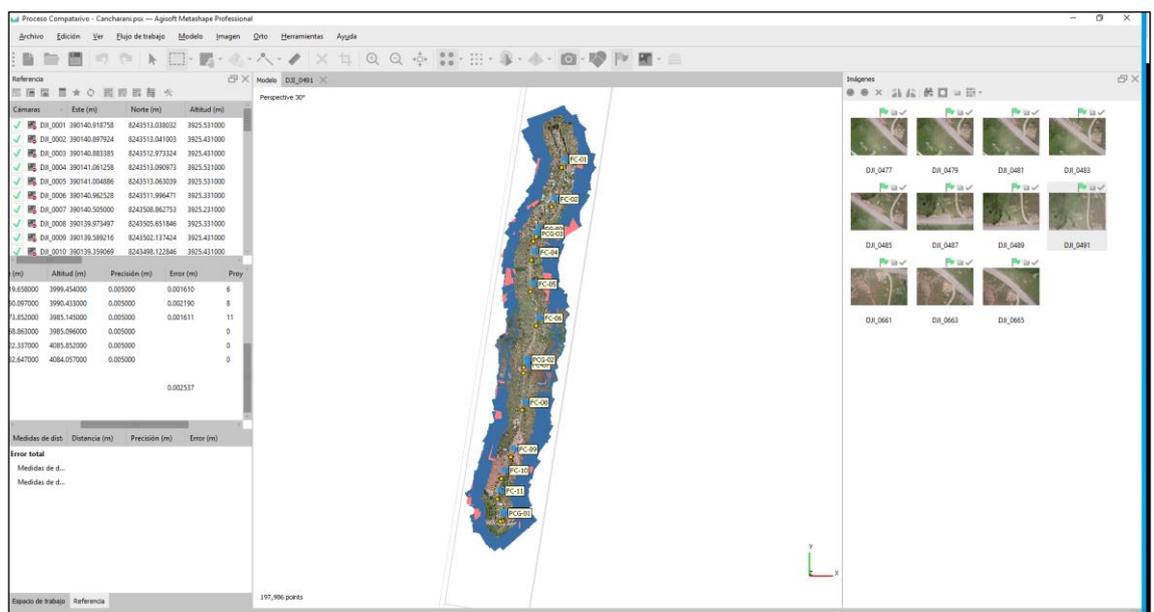
- Que los elementos de las fotografías hayan sido restituidos en su verdadera dimensión y representación.
- Que la representación lógica del relieve haya sido a partir de trazos continuos denominados curvas de nivel y que los valores

de las alturas (Cotas fotogramétricas) correspondan a su posición vertical.

- Que exista correspondencia en la ubicación de los objetos restituidos con los niveles o capas de información definidos en las especificaciones técnicas escala 1:1000 y el catálogo de objetos y símbolos.
- Que exista empalmes y continuidad de los elementos restituidos.

**Figura 19**

*Vista en planta de la ortofoto-mosaico.*



### 3.5.5.10. Orto foto

Las orto fotos son fotografías aéreas corregidas geométricamente de manera que la escala entre ellas sea uniforme, esta corrección consiste en



asociar cada pixel a una coordenada conocida, este proceso se ha realizado de la siguiente manera:

#### **3.5.5.11.Elaboración del modelo digital de terreno**

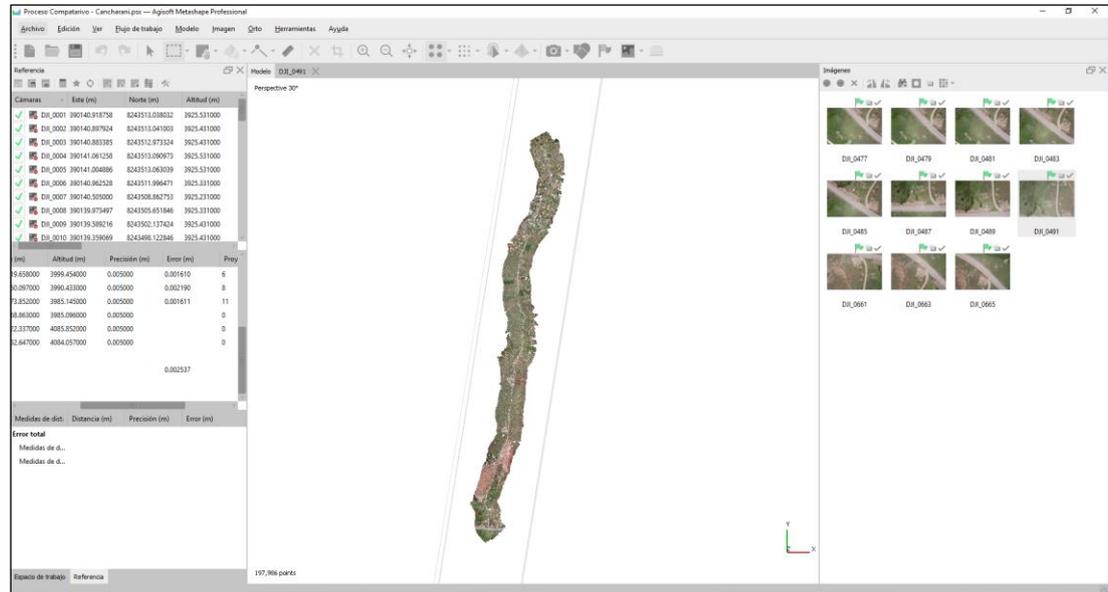
Los elementos geoespaciales como curvas de nivel, cotas, buzones y vías junto a otras características del terreno son empleados en la interpolación durante la restitución fotogramétrica, creando una matriz regular de intersecciones donde se estima la altitud en base a datos del entorno en el modelo vectorial. De esta manera, la superficie interpolada se convierte en una representación en 3D de la restitución sin perder información.

#### **3.5.5.12.Rectificación diferencial**

Se empleó la rectificación diferencial a partir del modelo digital del terreno y las fotografías aéreas georreferenciadas, este proceso se llevó a cabo con el software Agisoft Metashape Profesional V 1.5.1, utilizando el módulo Ortho Mosaico, el método utilizado es la rectificación inversa donde un pixel de la ortofoto tiene la posición de la base vectorial representada por el modelo digital del terreno, siendo la resolución espacial (Fotografía) de 25.2 cm/pix.

**Figura 20**

*Rectificación diferencial.*



### 3.5.5.13. Equilibrio radiométrico de las orto fotos

El equilibrio radiométrico se llevó a cabo con el módulo de aplicación Mosaico Pro del software Agisoft PhotoScan, en este proceso se hizo la corrección de las tonalidades en las orto imágenes sin perder los valores digitales del pixel en función a la reflectancia del terreno y tener como resultado orto imágenes homogéneas.

### 3.5.5.14. Mosaico de las orto fotos

Después del proceso de la corrección radiométrica se procedió a generar el mosaico de las orto imágenes, para este proceso se hicieron líneas de corte o de costura sobre lugares que como zonas de menor diferencia de

relieve o edificaciones para lograr bloques homogéneos. (Ver Planos de Orto fotos).

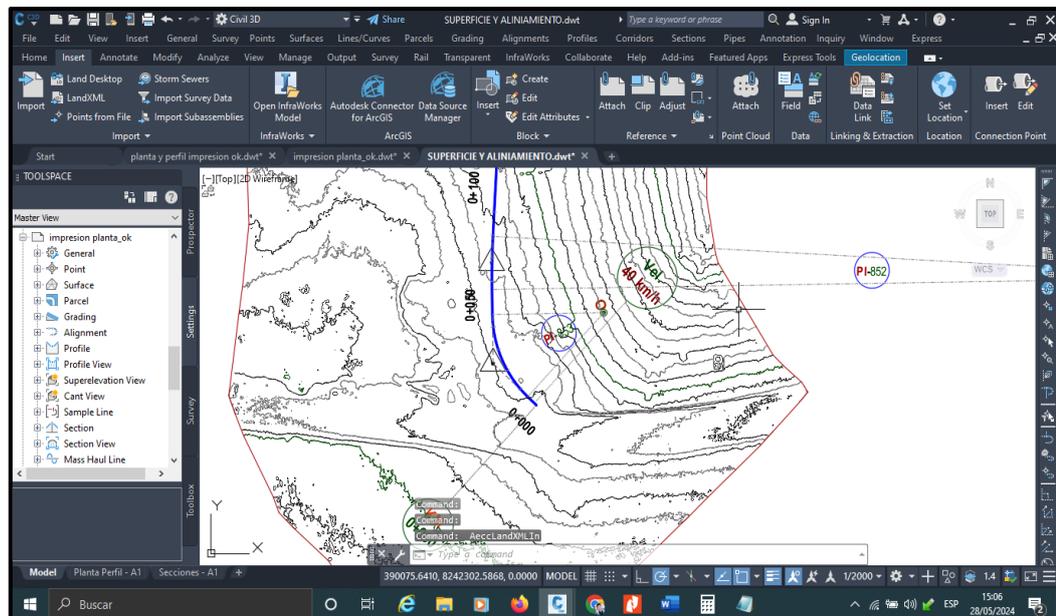
### 3.5.5.15.Revisión y control de calidad de las orto fotos

La revisión y control de calidad de las orto fotos, se llevó a cabo con el Software Civil3d V 2020, en las estaciones de trabajo, teniendo las siguientes consideraciones:

- Que no existan áreas que contengan estiramientos en las orto fotos.
- Que exista homogenización entre las orto fotos y continuidad en los empalmes.

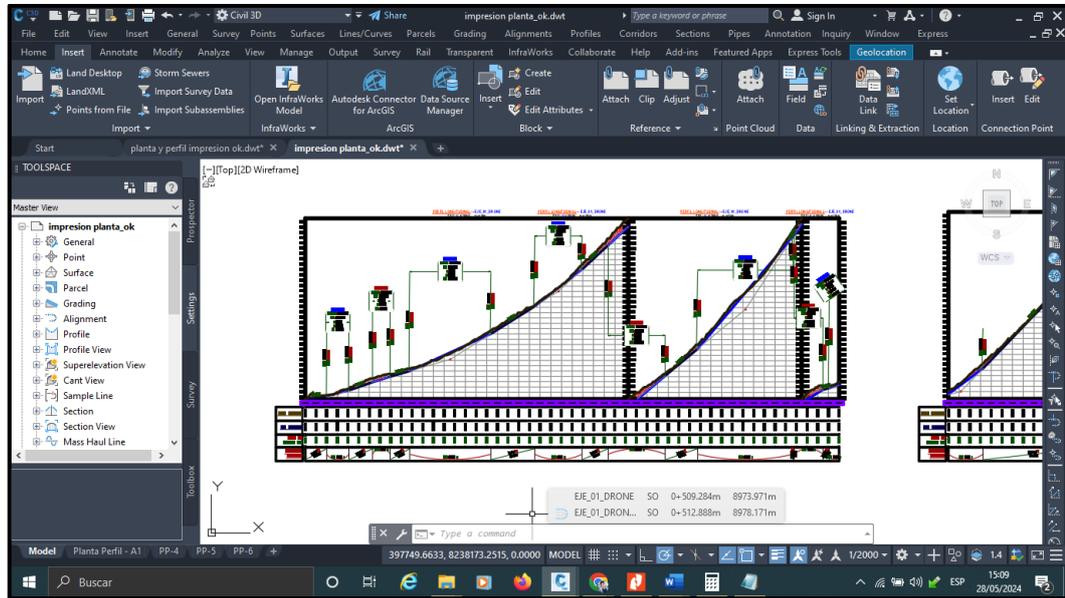
**Figura 21**

*Curvas de nivel y vista de inicio del tramo.*



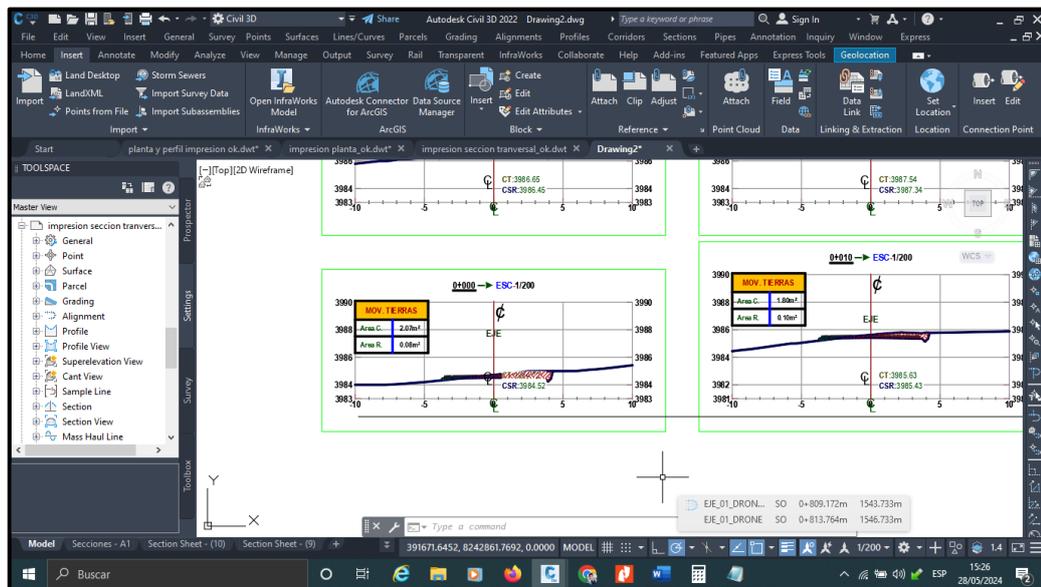
**Figura 22**

*Perfiles longitudinales.*



**Figura 23**

*Vista de secciones y movimiento de tierra por áreas.*





### **3.5.6. Metodología para el segundo objetivo específico**

Primeramente, para la toma de datos se realizó el levantamiento de Coordenadas (X,Y,Z) con un receptor GNSS marca South modelo Galaxy G1, Lectura de puntos en modo estático durante 1:30 a 3:00 hora cada uno de ellos aproximadamente ; Posterior a ello se pasó a realizar el procesamiento de la data obtenido en formato Rinex con los cuales han sido procesados con un punto de estación de rastreo permanente ubicado en la ciudad de Juliaca y controlado por el Instituto Geográfico Nacional la PU02 con Códigos PCG01, PCG02 y PCG03, Así mismo se obtuvieron del levantamiento topográfico en modo RTK las coordenadas de los BM's los que serán nuestra muestra patrón.

Luego se estacionó la estación total en los puntos de control BM's que están en los diferentes puntos de apoyo terrestre, cuyas coordenadas fueron determinadas en la etapa anterior, luego se procede a tomar puntos sobre el terreno natural de la franja de la vía.

Luego de haber realizado la toma de datos de campo, estos se procesan en el software Autodesk Civil 3D v.2020, obteniendo curvas de nivel, planta y perfil, secciones transversales y reporte de volumen.

#### **3.5.6.1. Procesamiento de datos y cálculo de volumen**

Primeramente, se procesó los datos obtenidos en campo con en el levantamiento topográfico con Estación Total (coordenadas x, y, z), son

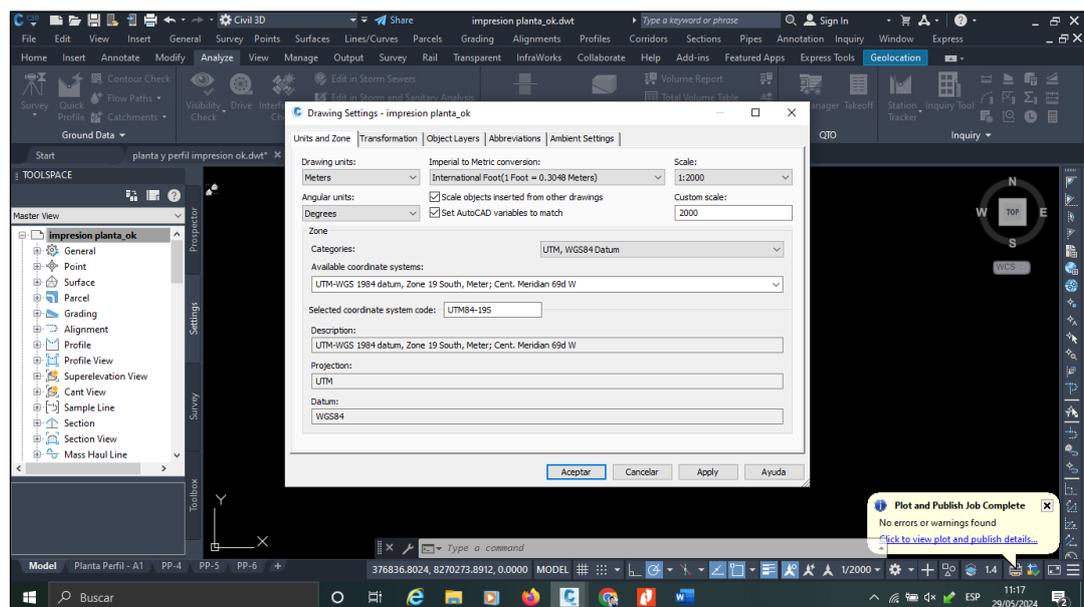
modelados en el software Autodesk Civil 3D v.2020 con la finalidad de obtener el volumen de movimiento de tierras.

### 3.5.6.2. Cálculo de volúmenes con datos obtenidos de la Estación Total

A partir de los datos obtenidos en el levantamiento topográfico con la Estación Total (puntos con coordenadas x, y, z), se calcula los volúmenes de movimiento de tierras como se indica a continuación. De la estación total descargamos los datos en un USB y la copiamos en el ordenador, esta información son los puntos medidos de la superficie de la vía. Se inicia un nuevo dibujo en Autodesk Civil 3D 2020, para ello se utiliza la configuración de espacio de trabajo o dibujo, se configura las unidades en metros, la zona de trabajo en UTM WGS84 y zona19S.

**Figura 24**

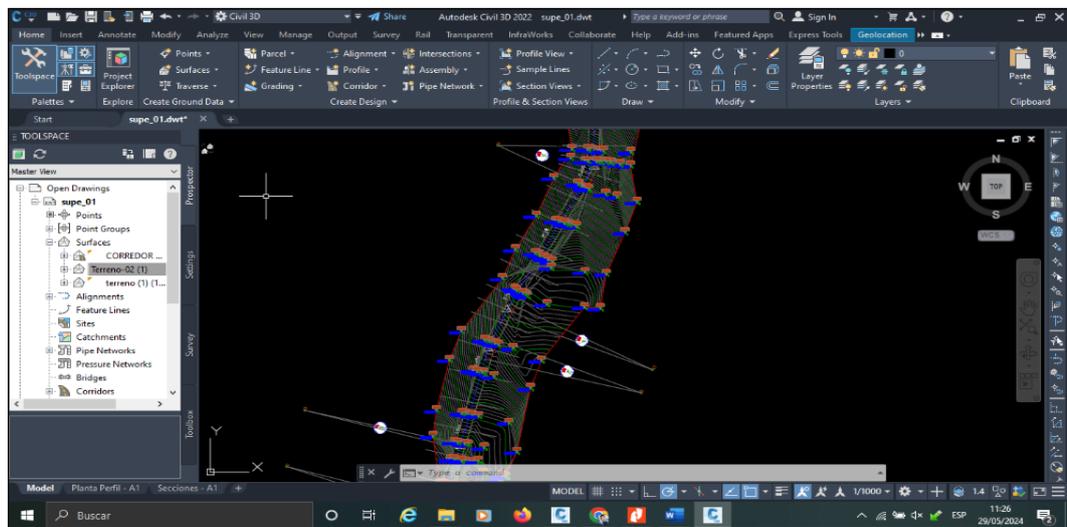
*Configuraciones de la página, unidades y escala.*



Los datos descargados de la estación total se importan considerando las columnas con el orden mencionado: número de punto (P), coordenada norte (N), coordenada este (E), cota de terreno (Z) y descripción del punto (D)

## Figura 25

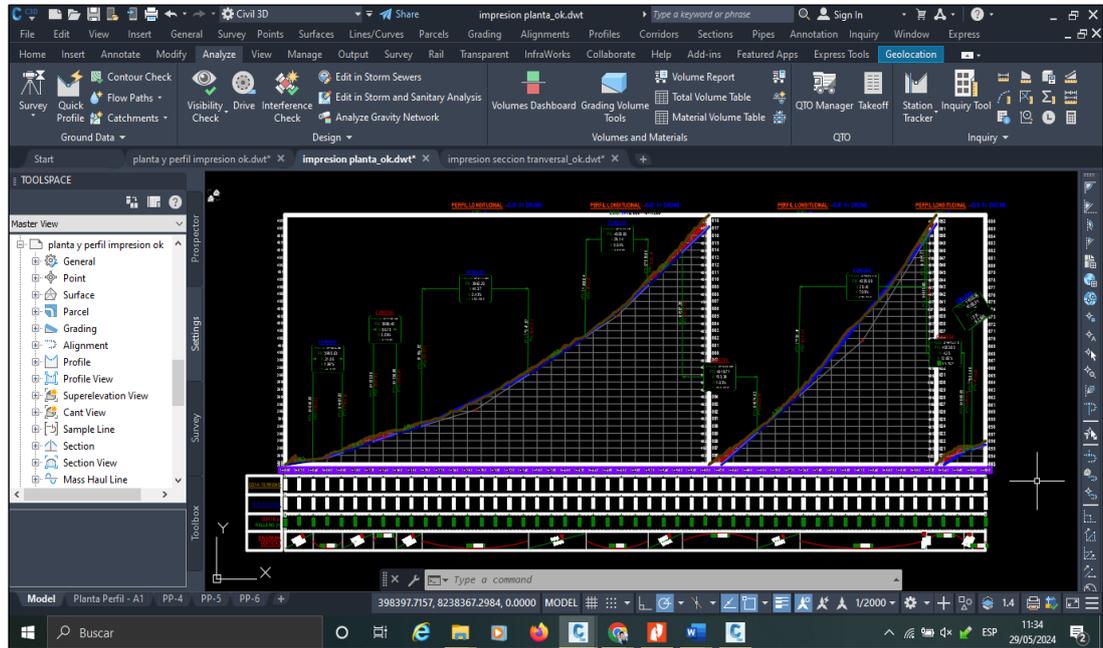
*Creación de superficies.*



Una vez ya teniendo las curvas de nivel y el alineamiento horizontal procedemos obtener el perfil longitudinal de la vía.

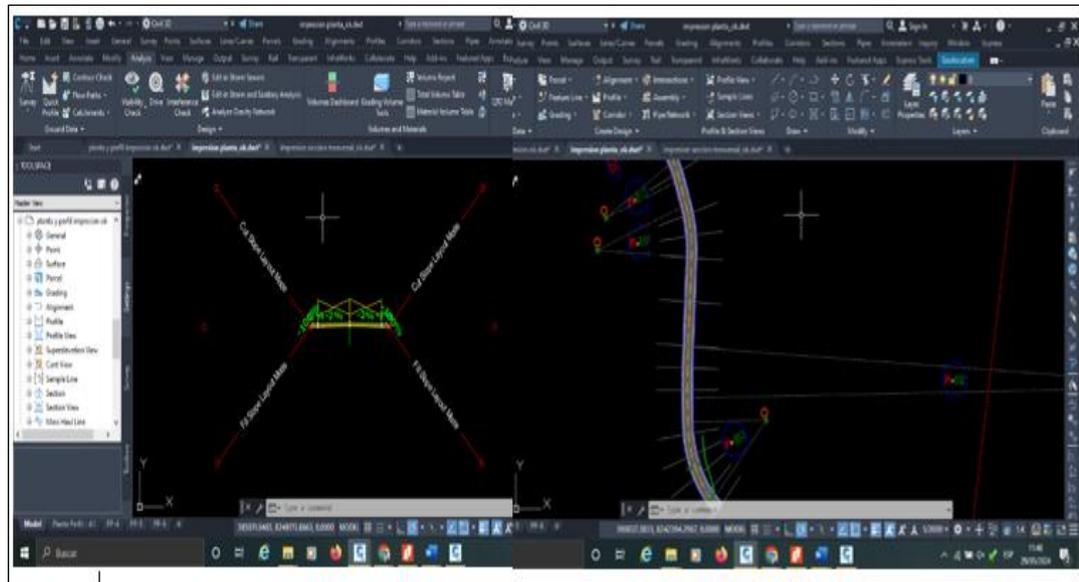
**Figura 26**

*Perfil longitudinal y la subrasante.*



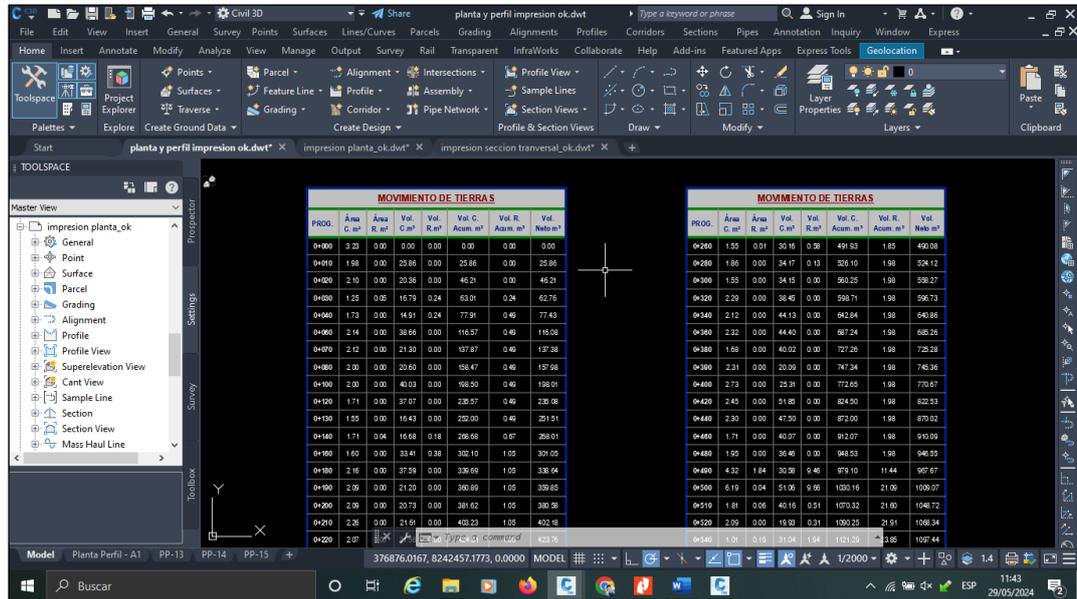
**Figura 27**

*Creación de subassebly y modelamiento de corredor vial.*



**Figura 28**

*Tabla de datos de movimiento de tierras.*



### 3.5.7. Metodología para el tercer objetivo específico

La metodología fue el análisis orientado al tiempo de trabajo de campo y gabinete para el procesamiento de datos para levantamiento topográfico empleando vehículo aéreo no tripulado y método convencional.

## 3.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICA

### 3.6.1. Análisis estadístico

El análisis estadístico se busca la certeza de la confiabilidad de los valores obtenidos de las pruebas en función a los parámetros estadísticos poder evaluar los resultados.

En la presente investigación se analizó la diferencia significativa al comparar el volumen de movimiento de tierras empleando vehículo aéreo no tripulado (dron) y



método convencional (estación total). En la estadística utilizada en esta investigación se utilizaron los datos obtenidos de volumen de corte y relleno en m<sup>3</sup> de la estación total como los datos más cercanos a la realidad por la precisión superior que posee el instrumento.

### 3.6.2. T-Student

Es considerado una técnica comúnmente se utiliza para estimar si la media de una determinada muestra difiere de una media poblacional esperada. Uno de los requisitos para ser usado es cuando la cantidad de muestra no es superior a las 30 unidades y cuando no se sigue una distribución normal.

$$t = \frac{x - u}{s/\sqrt{n}}$$

**En donde:**

*t = el valor estadístico, prueba de T de student*

*x = media de la muestra*

*u = media poblacional*

*s = desviación estandar*

*n = tamaño de la muestra*

Luego, se compara el valor calculado de (t) con los valores críticos de la distribución t para determinar si hay una diferencia significativa entre las medias. Si el valor calculado de (t) es mayor que el valor crítico, se rechaza la hipótesis nula y se concluye que hay una diferencia significativa. Si es menor, no se rechaza la hipótesis nula. También se puede



realizar la prueba de t de Student a través del Excel, posee herramientas para el cálculo fácil y dinámico de análisis estadísticos

### **3.6.3. Planteamiento de hipótesis**

H<sub>0</sub>: No existe diferencia significativa al comparar el volumen de movimiento de tierras empleando vehículo aéreo no tripulado y método convencional del botadero Municipal a capilla Cancharani del tramo km 0+000 al 2+950, Puno.

H<sub>1</sub>: Existe diferencia significativa al comparar el volumen de movimiento de tierras empleando vehículo aéreo no tripulado y método convencional del botadero Municipal a capilla Cancharani del tramo km 0+000 al 2+950, Puno.

### **3.6.4. Nivel de significancia**

El nivel de significancia, representado por  $\alpha$ , es el umbral que se utiliza en las pruebas estadísticas para determinar si se rechaza o no la hipótesis nula. En este caso, se ha establecido un nivel de significancia de 0.05 (5%).

Esto significa que hay un 5% de probabilidad de cometer un error tipo I, es decir, rechazar la hipótesis nula cuando en realidad es verdadera. Por otro lado, la confianza del 95% indica que, si se repitiera el experimento o se tomaran muestras múltiples veces, en el 95% de los casos se esperarían obtener un resultado que respalde la hipótesis alternativa (si esta es verdadera).



### **En resumen:**

- Confianza: 95%
- Nivel de significancia: 5% o 0.05 ( $\alpha$ )

Este es un estándar comúnmente utilizado en muchos estudios estadísticos para balancear el riesgo de cometer errores y la precisión de los resultados.

## **3.7. PRUEBA ESTADISTICA**

### **3.7.1. Estadística de prueba**

Para poder validar si existe diferencia significativa al comparar el volumen de movimiento de tierras empleando vehículo aéreo no tripulado y método convencional del botadero Municipal a capilla Cancharani del tramo km 0+000 al 2+950, primero se debe de realizar el test de Shapiro-Wilk que permitirá puntuar los datos de cada muestra.

#### **3.7.1.1. Prueba de normalidad**

$H_0$ : La información del volumen de movimiento de tierras empleando vehículo aéreo no tripulado y método convencional presenta características de una distribución normal.

$H_1$ : La información del volumen de movimiento de tierras empleando vehículo aéreo no tripulado y método convencional no presenta características de una distribución normal.

Si el *p-valor* es  $>$  a 0.05 se acepta  $H_0$  y se rechaza  $H_1$ .

Si el  $p$ -valor es  $< 0.05$  se acepta  $H_1$  y se rechaza  $H_0$ .

**Tabla 9**

*Prueba de normalidad del volumen de movimiento de tierras empleando vehículo aéreo no tripulado y método convencional- tomado de SPSS versión 26.*

	Kolmogorov - Smirnov			Shapiro - Wilk		
	Estadístico	Gl	Sig.	Estadístico	Gl	Sig.
Volumen de movimiento de tierras empleando vehículo aéreo no tripulado	0.144	6	200	0.960	6	818
Volumen de movimiento de tierras empleando método convencional	0.134	6	200	0.975	6	923

Tal como indica la figura, los niveles de significancia (Sig.) 0.818 y 0.923 son mayores al nivel crítico ( $p > 0.05$ ); por lo tanto, en ambos métodos (vehículo aéreo no tripulado y método convencional), la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk indica la normalidad de la información. Por lo tanto, para determinar si existe diferencia significativa al comparar el volumen de movimiento de tierras empleando vehículo aéreo no tripulado y método convencional del botadero Municipal a capilla Cancharani del tramo km 0+000 al 2+950, se utiliza la prueba t-Student para diferencia de medias de muestras relacionadas.

### **3.7.2. Uso de estadística de prueba**

La prueba t de Student para diferencias de medias emparejadas se utiliza cuando se desea comparar las medias de dos muestras relacionadas o emparejadas, es decir, cuando los datos de ambas muestras provienen de las mismas unidades experimentales bajo diferentes condiciones o en distintos momentos.



Esta prueba permitirá determinar si hay una diferencia significativa entre los dos métodos utilizados para medir el volumen de movimiento de tierras.

### Criterios para la comprobación de hipótesis

- Sig. (bilateral) <  $\alpha$  se acepta la hipótesis H1.
- Sig. (bilateral)  $\geq \alpha$  se acepta la hipótesis H0.

#### 3.7.2.1. Desarrollo con el SPSS:

**Tabla 10**

*Diferencias emparejadas para el volumen de movimiento de tierras empleando vehículo aéreo no tripulado y método convencional – tomado de SPSS versión 26.*

	Diferencias Emparejadas							
	Media	Desvi. Desviación	Desv. Error Promedio	95% De Intervalo De Confianza De La Diferencia		T	Gl	Sig. (Bilateral)
Inferior				Superior				
para volumen de movimiento de tierras empleando vehículo aéreo no tripulado - volumen de movimiento de tierra empleando método convencional	102.60667	237.78726	97.07624	- 46.93576	352.14909	1057	5	0.339



### 3.7.2.2. Desarrollo manual

Se va realizar el cálculo del valor de t-Student para la prueba de muestras emparejadas usando los datos proporcionados. A continuación, se describen los pasos:

- Calcular la diferencia para cada par de datos.
- Calcular la media de las diferencias  $\bar{D}$ .
- Calcular la desviación estándar de las diferencias ( $SD_D$ ).
- Calcular el error estándar de la diferencia ( $SE_D = \frac{SD_D}{\sqrt{n}}$ )
- Calcular el valor de t ( $t = \frac{\bar{D}}{SE_D}$ )

Después de realizar estos cálculos, se comparará el valor de t con el valor crítico para determinar si se acepta o rechaza la hipótesis nula  $H_0$ .

El valor de t-Student para la prueba de muestras emparejadas con los datos proporcionados es aproximadamente  $t=1.057$ .

### 3.7.3. Interpretación

#### 3.7.3.1. Desarrollo del SPSS:

A continuación, se presenta los resultados de la prueba estadística utilizada:

1. Media de las diferencias: La diferencia promedio entre los dos métodos es de 102.60667 unidades, lo que indica que, en promedio, el volumen de movimiento de tierras medido



utilizando un vehículo aéreo no tripulado es ligeramente superior al medido utilizando el método convencional.

2. Intervalo de confianza del 95%: El intervalo de confianza para la diferencia de medias va de -146.93576 a 352.14909. Dado que este intervalo incluye el 0, no se puede concluir que exista una diferencia significativa entre los dos métodos.
3. Valor t: El valor t de 1.057, con 5 grados de libertad, se utiliza para determinar si la diferencia observada es significativa.
4. Valor p (Sig. bilateral): El valor p de 0.339 es mayor que el nivel de significancia comúnmente utilizado (0.05), lo que significa que no se puede rechazar la hipótesis nula de que no hay una diferencia significativa entre los dos métodos. En otras palabras, la diferencia observada no es estadísticamente significativa.

### **3.7.3.2. Conclusión:**

No hay evidencia suficiente para afirmar que existe una diferencia significativa entre el volumen de movimiento de tierras medido mediante un vehículo aéreo no tripulado y el medido mediante el método convencional. El valor p alto indica que no hay razón estadística para preferir un método sobre el otro en este contexto.



### 3.7.4. Desarrollo del cálculo manual

#### 3.7.4.1. Con valor de t calculado:

El valor de t obtenido ( $t=1.057$ ) es comparado con el valor crítico de t para  $n - 1 = 5$  grados de libertad y un nivel de significancia común de  $\alpha=0.05$ .

El valor crítico de t para 5 grados de libertad y un nivel de significancia bilateral de  $\alpha = 0.05$  es aproximadamente 2.571. Dado que  $t = 1.057$  es menor que 2.571, no se rechaza la hipótesis nula  $H_0$ .

Esto significa que no hay suficiente evidencia para afirmar que existe una diferencia significativa entre el volumen de movimiento de tierras utilizando un vehículo aéreo no tripulado en comparación con el método convencional para el tramo especificado. Por lo tanto, los resultados sugieren que, al nivel de significancia utilizado, el volumen de movimiento de tierras es similar entre los dos métodos considerados.

#### 3.7.4.2. Con representación gráfica:

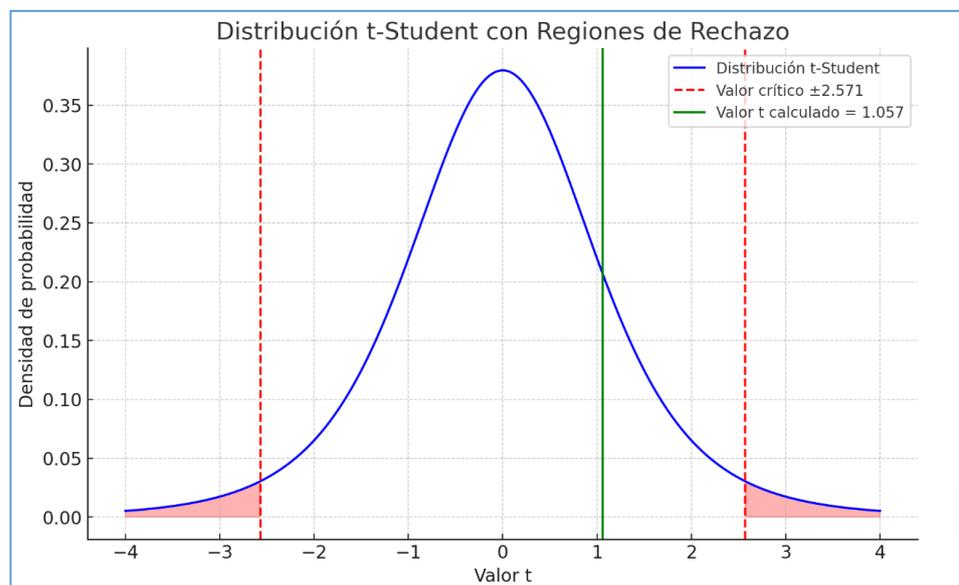
Para realizar la comparación gráfica del valor de t obtenido con los valores críticos de t, se puede seguir este procedimiento:

1. **Graficar la distribución t-Student:** Dibujar la curva de la distribución t-Student con los grados de libertad correspondientes.

2. **Marcar el valor crítico de t:** Este es el valor que define las regiones de rechazo y no rechazo. Para una prueba bilateral con  $\alpha=0.05$ , esto es aproximadamente 2.571 para 5 grados de libertad.
3. **Marcar el valor calculado de t:** Representar el valor de t calculado en la misma gráfica.
4. **Interpretar visualmente:** Verificar si el valor de t calculado cae en la región de rechazo o no rechazo.

**Tabla 11**

*Distribución t-Student con regiones de rechazo*



En la gráfica anterior, se muestra la distribución t-Student con 5 grados de libertad, las regiones de rechazo (áreas sombreadas en rojo)



delimitadas por los valores críticos de  $\pm 2.571$ , y el valor de  $t$  calculado (línea verde) que es aproximadamente  $t=1.057$ .

#### **3.7.4.3. Interpretación:**

El valor de  $t$  calculado  $t=1.057$  se encuentra dentro de la región de no rechazo (entre  $-2.571$  y  $2.571$ ). Esto significa que no se rechaza la hipótesis nula  $H_0$ .

Por lo tanto, no hay suficiente evidencia para afirmar que existe una diferencia significativa entre el volumen de movimiento de tierras utilizando un vehículo aéreo no tripulado y el método convencional en el tramo especificado. Los resultados sugieren que ambos métodos son comparables en términos del volumen de movimiento de tierras para el escenario evaluado.



## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. RESULTADOS

#### 4.2. RESULTADO PARA EL PRIMER OBJETIVO ESPECIFICO

Determinación del volumen de movimiento de tierra empleando vehículo aéreo no tripulado del botadero municipal a capilla Cancharani del tramo km 0+000 al 2+950.

**Tabla 12**

*Reporte total de movimiento de tierras (dron).*

CUADRO DE REPORTE DE CALCULO DE VOLUMEN DE DRON							
PROGRESIVA	AREA CORTE (m <sup>2</sup> )	VOLUMEN DE CORTE (m <sup>3</sup> )	AREA RELLENO (m <sup>2</sup> )	VOLUMEN DE RELLENO (m <sup>3</sup> )	VOLUMEN DE CORTE Acumulado (m <sup>3</sup> )	VOLUMEN DE RELLENO Acumulado (m <sup>3</sup> )	VOLUMEN NETO (m <sup>3</sup> )
0+000.000	2.07	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00
0+010.000	1.80	18.97	0.10	0.91	18.97	0.91	18.06
0+020.000	1.99	18.24	0.03	0.68	37.21	1.59	35.62
0+030.000	2.11	19.78	0.00	0.19	56.99	1.78	55.21
0+040.000	2.11	20.35	0.00	0.06	77.34	1.84	75.51
0+060.000	1.56	36.36	0.00	0.13	113.70	1.97	111.73
0+070.000	2.09	18.16	0.00	0.06	131.86	2.03	129.84
0+080.000	2.13	21.00	0.00	0.05	152.87	2.08	150.79
0+100.000	2.08	42.15	0.00	0.12	195.02	2.20	192.82
0+120.000	2.13	42.09	0.00	0.10	237.11	2.30	234.81
0+130.000	2.12	21.79	0.00	0.04	258.90	2.33	256.57
0+140.000	1.82	20.15	0.00	0.03	279.05	2.36	276.68
0+160.000	2.08	39.47	0.00	0.01	318.52	2.38	316.14
0+180.000	2.26	43.70	0.00	0.00	362.22	2.38	359.84
0+190.000	2.05	21.41	0.00	0.00	383.63	2.38	381.25
0+200.000	2.11	20.31	0.00	0.02	403.94	2.40	401.54
0+210.000	2.15	20.82	0.00	0.01	424.76	2.41	422.35
0+220.000	2.24	21.75	0.00	0.00	446.51	2.41	444.10



---

0+230.000	1.96	20.92	0.00	0.00	467.43	2.41	465.02
0+240.000	2.09	20.19	0.00	0.00	487.62	2.41	485.21
0+260.000	1.88	39.56	0.00	0.00	527.18	2.41	524.77
0+280.000	2.14	40.15	0.00	0.00	567.33	2.41	564.92
0+300.000	2.03	41.67	0.00	0.00	609.00	2.41	606.59
0+320.000	2.06	40.89	0.00	0.00	649.89	2.41	647.48
0+340.000	2.44	44.99	0.00	0.00	694.88	2.41	692.47
0+360.000	2.52	49.61	0.00	0.00	744.49	2.41	742.08
0+380.000	2.20	47.17	0.00	0.00	791.66	2.41	789.25
0+390.000	2.97	26.01	0.00	0.00	817.67	2.41	815.26
0+400.000	2.21	25.99	0.00	0.00	843.67	2.41	841.26
0+420.000	2.19	44.05	0.00	0.00	887.72	2.41	885.31
0+440.000	1.84	40.30	0.00	0.00	928.02	2.41	925.61
0+460.000	2.44	42.83	0.00	0.00	970.85	2.41	968.44
0+480.000	1.98	44.14	0.00	0.00	1014.99	2.41	1012.58
0+490.000	1.56	17.49	0.02	0.11	1032.48	2.52	1029.96
0+500.000	1.83	16.74	0.00	0.11	1049.22	2.64	1046.59
0+510.000	1.83	18.34	0.03	0.16	1067.56	2.80	1064.77
0+520.000	2.22	20.72	0.03	0.29	1088.29	3.09	1085.20
0+540.000	2.13	43.63	0.00	0.29	1131.92	3.37	1128.54
0+560.000	2.25	43.89	0.00	0.00	1175.81	3.37	1172.44
0+580.000	1.77	40.22	0.44	4.43	1216.03	7.81	1208.22
0+600.000	1.96	37.32	0.00	4.40	1253.35	12.21	1241.14
0+620.000	2.09	40.53	0.00	0.00	1293.88	12.21	1281.67
0+640.000	2.06	41.51	0.00	0.00	1335.39	12.21	1323.18
0+660.000	1.79	38.27	0.03	0.35	1373.66	12.56	1361.10
0+680.000	1.81	35.79	0.03	0.61	1409.45	13.17	1396.28
0+690.000	2.19	19.84	0.01	0.18	1429.29	13.35	1415.93
0+700.000	1.51	18.31	0.05	0.30	1447.60	13.65	1433.94
0+720.000	1.36	28.65	0.07	1.15	1476.24	14.80	1461.45
0+740.000	1.62	29.76	0.00	0.68	1506.00	15.48	1490.52
0+760.000	1.56	31.75	0.00	0.01	1537.75	15.49	1522.26
0+780.000	1.53	30.91	0.00	0.00	1568.66	15.50	1553.16
0+800.000	2.22	37.82	0.00	0.07	1606.47	15.57	1590.91
0+810.000	2.21	22.89	0.06	0.31	1629.36	15.88	1613.48
0+820.000	2.38	23.74	0.00	0.32	1653.10	16.20	1636.91
0+840.000	2.38	47.59	0.00	0.08	1700.69	16.28	1684.41
0+860.000	2.39	47.61	0.02	0.20	1748.30	16.48	1731.83
0+870.000	2.05	21.95	0.00	0.11	1770.26	16.58	1753.68
0+880.000	3.32	26.87	0.00	0.00	1797.13	16.59	1780.54
0+900.000	2.36	56.79	0.00	0.00	1853.92	16.59	1837.33
0+920.000	2.20	45.51	0.00	0.00	1899.42	16.59	1882.84

---



---

0+930.000	1.95	20.89	0.00	0.00	1920.31	16.59	1903.72
0+940.000	1.75	18.72	0.00	0.02	1939.03	16.61	1922.41
0+950.000	2.23	20.22	0.13	0.63	1959.24	17.25	1941.99
0+960.000	2.11	21.71	0.01	0.70	1980.95	17.95	1963.00
0+970.000	2.18	21.20	0.05	0.33	2002.15	18.28	1983.87
0+980.000	2.21	21.45	0.07	0.62	2023.60	18.90	2004.70
1+000.000	2.28	44.55	0.00	0.68	2068.15	19.58	2048.57
1+020.000	2.37	46.47	0.18	1.77	2114.63	21.35	2093.28
1+040.000	1.94	42.73	0.09	2.74	2157.36	24.09	2133.27
1+060.000	2.05	39.68	0.34	4.43	2197.04	28.52	2168.52
1+070.000	2.40	22.36	0.00	1.71	2219.39	30.23	2189.16
1+080.000	2.18	23.02	0.00	0.00	2242.41	30.23	2212.18
1+090.000	2.78	24.96	0.00	0.00	2267.37	30.23	2237.14
1+100.000	3.29	30.34	0.00	0.00	2297.71	30.23	2267.48
1+120.000	2.51	58.07	0.00	0.00	2355.77	30.23	2325.54
1+130.000	2.79	26.64	0.00	0.00	2382.41	30.23	2352.18
1+140.000	2.47	26.30	0.00	0.00	2408.72	30.23	2378.48
1+160.000	2.50	49.72	0.00	0.00	2458.44	30.23	2428.20
1+180.000	2.29	47.94	0.00	0.00	2506.38	30.23	2476.15
1+200.000	2.31	46.03	0.00	0.00	2552.41	30.23	2522.18
1+220.000	2.22	45.32	0.00	0.00	2597.73	30.23	2567.50
1+240.000	2.17	43.89	0.00	0.00	2641.63	30.23	2611.40
1+260.000	1.92	40.79	0.00	0.00	2682.42	30.23	2652.19
1+280.000	1.94	38.60	0.00	0.00	2721.02	30.23	2690.79
1+290.000	2.01	19.74	0.00	0.00	2740.76	30.23	2710.53
1+300.000	1.57	17.93	0.00	0.00	2758.69	30.23	2728.46
1+320.000	2.11	36.93	0.00	0.00	2795.62	30.23	2765.39
1+330.000	2.03	20.67	0.00	0.00	2816.29	30.23	2786.06
1+340.000	2.63	23.25	0.00	0.00	2839.54	30.23	2809.30
1+350.000	2.13	23.83	0.00	0.00	2863.37	30.23	2833.13
1+360.000	1.98	20.69	0.00	0.00	2884.06	30.24	2853.82
1+380.000	1.89	38.78	0.09	0.91	2922.84	31.14	2891.70
1+390.000	1.49	17.46	0.00	0.42	2940.30	31.57	2908.74
1+400.000	2.20	18.49	0.00	0.00	2958.79	31.57	2927.23
1+410.000	2.13	21.45	0.02	0.11	2980.25	31.68	2948.57
1+420.000	2.11	20.72	0.00	0.12	3000.97	31.79	2969.17
1+430.000	2.18	20.95	0.05	0.28	3021.92	32.07	2989.85
1+440.000	2.23	21.56	0.00	0.28	3043.48	32.35	3011.13
1+450.000	1.87	20.08	0.07	0.40	3063.56	32.74	3030.81
1+460.000	2.28	20.34	0.12	0.99	3083.90	33.74	3050.16
1+470.000	2.33	24.03	0.14	1.20	3107.92	34.94	3072.98
1+480.000	2.20	22.96	0.19	1.59	3130.88	36.53	3094.35

---



---

1+500.000	1.77	39.71	0.09	2.80	3170.59	39.32	3131.27
1+520.000	2.44	42.08	0.22	3.16	3212.67	42.48	3170.19
1+540.000	2.28	47.46	0.15	3.65	3260.13	46.14	3213.99
1+550.000	2.29	23.35	0.13	1.35	3283.48	47.49	3235.99
1+560.000	2.47	23.79	0.07	1.03	3307.27	48.51	3258.75
1+570.000	2.04	22.75	0.00	0.36	3330.02	48.87	3281.15
1+580.000	2.15	21.15	0.02	0.09	3351.17	48.96	3302.21
1+590.000	2.09	21.56	0.02	0.16	3372.74	49.12	3323.61
1+600.000	2.15	21.30	0.00	0.08	3394.04	49.20	3344.84
1+610.000	2.62	24.04	0.00	0.00	3418.07	49.20	3368.88
1+620.000	2.40	25.41	0.12	0.58	3443.48	49.77	3393.71
1+650.000	2.90	78.57	0.00	1.83	3522.05	51.60	3470.44
1+660.000	1.87	23.84	0.01	0.07	3545.89	51.67	3494.21
1+680.000	2.28	41.54	0.05	0.65	3587.43	52.33	3535.10
1+700.000	2.51	47.94	0.15	2.00	3635.36	54.32	3581.04
1+720.000	2.22	47.32	0.07	2.21	3682.69	56.53	3626.15
1+730.000	2.29	22.42	0.12	0.98	3705.10	57.51	3647.59
1+740.000	2.28	22.86	0.12	1.22	3727.96	58.74	3669.23
1+760.000	2.39	46.73	0.39	5.15	3774.69	63.89	3710.80
1+780.000	2.18	45.72	0.10	4.95	3820.41	68.84	3751.56
1+790.000	2.31	22.03	0.20	1.58	3842.44	70.43	3772.01
1+800.000	2.32	22.06	0.11	1.65	3864.50	72.07	3792.43
1+810.000	2.56	23.25	0.23	1.78	3887.76	73.86	3813.90
1+820.000	2.18	23.25	0.15	1.98	3911.01	75.84	3835.17
1+830.000	2.56	25.16	0.21	1.67	3936.17	77.51	3858.66
1+840.000	2.12	25.13	0.16	1.68	3961.30	79.18	3882.12
1+850.000	2.53	24.96	0.21	1.68	3986.26	80.86	3905.40
1+860.000	1.90	23.59	0.51	3.30	4009.85	84.15	3925.70
1+880.000	2.43	43.33	0.22	7.27	4053.18	91.42	3961.76
1+900.000	2.66	51.55	0.34	5.46	4104.73	96.89	4007.84
1+910.000	1.85	22.04	0.00	1.75	4126.76	98.64	4028.12
1+920.000	2.20	19.48	0.05	0.28	4146.24	98.92	4047.32
1+940.000	1.78	39.77	0.00	0.59	4186.01	99.51	4086.50
1+960.000	1.99	37.39	0.04	0.51	4223.40	100.02	4123.38
1+970.000	2.66	22.31	0.04	0.44	4245.71	100.46	4145.25
1+980.000	2.51	25.68	0.28	1.60	4271.39	102.06	4169.33
1+990.000	2.74	26.04	0.35	3.16	4297.43	105.22	4192.21
2+000.000	2.49	25.96	0.28	3.16	4323.39	108.37	4215.02
2+020.000	2.06	45.45	0.29	5.65	4368.85	114.02	4254.82
2+040.000	2.43	44.97	0.16	4.44	4413.82	118.46	4295.35
2+060.000	2.70	51.29	0.13	2.92	4465.10	121.39	4343.72
2+080.000	2.36	50.59	0.31	4.47	4515.69	125.85	4389.84

---



---

2+100.000	2.52	48.88	0.47	7.84	4564.57	133.69	4430.88
2+120.000	2.76	52.81	0.41	8.79	4617.38	142.48	4474.90
2+130.000	2.71	27.63	0.07	2.36	4645.01	144.84	4500.17
2+140.000	2.85	29.11	0.18	1.18	4674.12	146.02	4528.10
2+160.000	2.63	54.64	0.46	6.44	4728.76	152.47	4576.30
2+170.000	2.79	25.75	0.45	4.84	4754.51	157.31	4597.20
2+180.000	2.28	24.72	0.11	2.91	4779.23	160.22	4619.02
2+200.000	2.53	48.13	0.23	3.45	4827.36	163.66	4663.70
2+220.000	2.84	53.72	0.47	7.06	4881.08	170.72	4710.36
2+230.000	2.84	28.66	0.30	3.80	4909.74	174.52	4735.23
2+240.000	2.42	26.86	0.17	2.26	4936.60	176.78	4759.83
2+250.000	2.61	25.11	0.27	2.20	4961.71	178.98	4782.73
2+260.000	2.65	25.64	0.43	3.63	4987.35	182.61	4804.74
2+270.000	2.49	24.63	0.56	5.27	5011.98	187.88	4824.11
2+280.000	2.38	23.64	0.25	4.27	5035.62	192.14	4843.48
2+300.000	2.42	47.80	0.23	4.83	5083.41	196.97	4886.44
2+310.000	2.40	24.95	0.21	2.05	5108.37	199.02	4909.35
2+320.000	2.35	24.58	0.16	1.73	5132.95	200.75	4932.20
2+340.000	2.48	48.31	0.19	3.46	5181.26	204.21	4977.05
2+350.000	2.41	24.60	0.18	1.80	5205.86	206.02	4999.85
2+360.000	1.82	21.84	0.35	2.50	5227.70	208.51	5019.19
2+380.000	2.25	40.03	0.09	4.52	5267.72	213.03	5054.69
2+390.000	2.34	21.92	0.18	1.44	5289.65	214.47	5075.17
2+400.000	2.31	22.85	0.13	1.55	5312.50	216.02	5096.48
2+410.000	2.17	22.12	0.04	0.84	5334.62	216.86	5117.76
2+420.000	2.17	21.54	0.04	0.42	5356.16	217.28	5138.88
2+440.000	2.24	44.69	0.07	1.12	5400.85	218.40	5182.45
2+460.000	2.27	45.50	0.10	1.69	5446.35	220.09	5226.26
2+480.000	2.34	46.02	0.15	2.57	5492.37	222.66	5269.71
2+500.000	2.31	46.00	0.12	2.75	5538.37	225.41	5312.96
2+510.000	2.30	22.47	0.13	1.26	5560.84	226.67	5334.17
2+520.000	2.32	22.49	0.07	1.02	5583.33	227.70	5355.64
2+540.000	2.32	45.88	0.15	2.18	5629.22	229.88	5399.34
2+550.000	2.47	24.21	0.25	1.94	5653.43	231.83	5421.60
2+560.000	2.47	25.19	0.24	2.38	5678.62	234.20	5444.42
2+580.000	2.37	48.80	0.09	3.27	5727.43	237.47	5489.96
2+600.000	2.23	45.98	0.00	0.96	5773.41	238.43	5534.97
2+620.000	2.30	45.35	0.05	0.56	5818.76	239.00	5579.76
2+640.000	2.18	44.63	0.00	0.52	5863.38	239.52	5623.86
2+660.000	2.11	42.38	0.00	0.00	5905.76	239.52	5666.24
2+680.000	2.12	42.27	0.00	0.02	5948.04	239.54	5708.49
2+690.000	2.19	22.25	0.00	0.02	5970.29	239.56	5730.73

---



2+700.000	2.13	22.39	0.01	0.05	5992.68	239.62	5753.07
2+720.000	2.13	43.02	0.00	0.12	6035.71	239.73	5795.97
2+740.000	2.13	42.65	0.00	0.05	6078.35	239.79	5838.57
2+750.000	2.18	21.23	0.08	0.40	6099.58	240.19	5859.39
2+760.000	2.49	23.01	0.00	0.39	6122.59	240.58	5882.01
2+780.000	2.09	45.82	0.00	0.00	6168.42	240.58	5927.84
2+800.000	2.35	44.41	0.00	0.00	6212.82	240.58	5972.25
2+820.000	2.14	45.02	0.01	0.15	6257.84	240.73	6017.11
2+830.000	2.42	23.13	0.00	0.09	6280.97	240.82	6040.16
2+840.000	2.07	22.55	0.00	0.02	6303.52	240.84	6062.68
2+860.000	2.05	41.20	0.00	0.00	6344.72	240.84	6103.88
2+880.000	2.15	41.96	0.00	0.00	6386.68	240.84	6145.84
2+900.000	2.16	43.09	0.00	0.00	6429.78	240.84	6188.93
2+920.000	2.08	42.47	0.00	0.00	6472.25	240.84	6231.41
2+940.000	2.25	43.33	0.00	0.00	6515.58	240.84	6274.73
2+950.004	2.10	21.75	0.00	0.00	6537.32	240.84	6296.48

En la tabla 13 se muestra el volumen de corte y relleno, los resultados en cuestión de volúmenes, se indica que el volumen en M<sup>3</sup> que se debe cortar es de 6537.32 m<sup>3</sup> y el volumen a rellenar es de 240.84 m<sup>3</sup>. Para un mejor análisis se muestra cada 500 metros.

**Tabla 13**

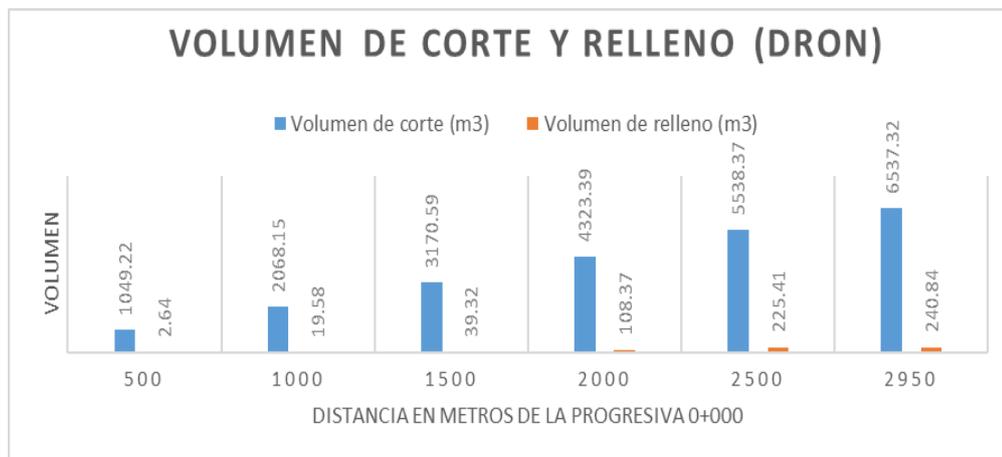
*Volumen de corte y relleno cada 500 metros (dron).*

Distancia del punto de inicio	Volumen de corte (m <sup>3</sup> )	Volumen de relleno (m <sup>3</sup> )
0	0	0
500	1049.22	2.64
1000	2068.15	19.58
1500	3170.59	39.32
2000	4323.39	108.37
2500	5538.37	225.41
2950.00	6537.32	240.84

En la figura 29 se muestra en forma de grafico de barras la variación de la magnitud de los volúmenes de corte y relleno cada 500 metros a través del uso de equipo topográfico dron.

**Figura 29**

*Gráfico de barras volumen de corte y relleno, equipo topográfico dron.*



En la figura se muestra el volumen de corte y relleno según la tabla 13.

### 4.3. RESULTADO PARA EL SEGUNDO OBJETIVO ESPECIFICO

Determinación del volumen de movimiento de tierra empleando método convencional del tramo Botadero Municipal a capilla Cancharani del tramo km 0+000 al 2+950.



**Tabla 14**

*Reporte de movimiento de tierras (estación total).*

<b>CUADRO DE REPORTE CALCULO DE VOLUMEN MOVIMIENTO DE TIERRAS ESTACION TOTAL</b>							
<b>PROGRESIVA</b>	<b>AREA CORTE (m<sup>2</sup>)</b>	<b>VOLUMEN DE CORTE (m<sup>3</sup>)</b>	<b>AREA RELLENO (m<sup>2</sup>)</b>	<b>VOLUMEN DE RELLENO (m<sup>3</sup>)</b>	<b>VOLUMEN DE CORTE Acumulado (m<sup>3</sup>)</b>	<b>VOLUMEN DE RELLENO Acumulado (m<sup>3</sup>)</b>	<b>VOLUMEN NETO (m<sup>3</sup>)</b>
0+000.000	3.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+010.000	1.98	25.86	0.00	0.00	25.86	0.00	25.86
0+020.000	2.10	20.36	0.00	0.00	46.21	0.00	46.21
0+030.000	1.25	16.79	0.05	0.24	63.01	0.24	62.76
0+040.000	1.73	14.91	0.00	0.24	77.91	0.49	77.43
0+060.000	2.14	38.66	0.00	0.00	116.57	0.49	116.08
0+070.000	2.12	21.30	0.00	0.00	137.87	0.49	137.38
0+080.000	2.00	20.60	0.00	0.00	158.47	0.49	157.98
0+100.000	2.00	40.03	0.00	0.00	198.50	0.49	198.01
0+120.000	1.71	37.07	0.00	0.00	235.57	0.49	235.08
0+130.000	1.55	16.43	0.00	0.00	252.00	0.49	251.51
0+140.000	1.71	16.68	0.04	0.18	268.68	0.67	268.01
0+160.000	1.60	33.41	0.00	0.38	302.10	1.05	301.05
0+180.000	2.16	37.59	0.00	0.00	339.69	1.05	338.64
0+190.000	2.09	21.20	0.00	0.00	360.89	1.05	359.85
0+200.000	2.09	20.73	0.00	0.00	381.62	1.05	380.58
0+210.000	2.26	21.61	0.00	0.00	403.23	1.05	402.18
0+220.000	2.07	21.58	0.00	0.00	424.81	1.05	423.76
0+230.000	1.92	19.95	0.00	0.00	444.75	1.05	443.71
0+240.000	1.50	17.02	0.04	0.23	461.78	1.27	460.50
0+260.000	1.55	30.16	0.01	0.58	491.93	1.85	490.08
0+280.000	1.86	34.17	0.00	0.13	526.10	1.98	524.12
0+300.000	1.55	34.15	0.00	0.00	560.25	1.98	558.27
0+320.000	2.29	38.45	0.00	0.00	598.71	1.98	596.73
0+340.000	2.12	44.13	0.00	0.00	642.84	1.98	640.86
0+360.000	2.32	44.40	0.00	0.00	687.24	1.98	685.26
0+380.000	1.68	40.02	0.00	0.00	727.26	1.98	725.28
0+390.000	2.31	20.09	0.00	0.00	747.34	1.98	745.36
0+400.000	2.73	25.31	0.00	0.00	772.65	1.98	770.67
0+420.000	2.45	51.85	0.00	0.00	824.50	1.98	822.53



0+440.000	2.30	47.50	0.00	0.00	872.00	1.98	870.02
0+460.000	1.71	40.07	0.00	0.00	912.07	1.98	910.09
0+480.000	1.95	36.46	0.00	0.00	948.53	1.98	946.55
0+490.000	4.32	30.58	1.84	9.46	979.10	11.44	967.67
0+500.000	6.19	51.06	0.04	9.66	1030.16	21.09	1009.07
0+510.000	1.81	40.16	0.06	0.51	1070.32	21.60	1048.72
0+520.000	2.09	19.93	0.00	0.31	1090.25	21.91	1068.34
0+540.000	1.01	31.04	0.19	1.94	1121.29	23.85	1097.44
0+560.000	1.46	24.74	0.09	2.82	1146.03	26.67	1119.36
0+580.000	1.12	25.86	0.56	6.52	1171.89	33.19	1138.70
0+600.000	1.96	30.79	0.00	5.58	1202.69	38.76	1163.92
0+620.000	1.52	34.81	0.00	0.05	1237.49	38.82	1198.68
0+640.000	1.77	32.95	0.02	0.22	1270.44	39.03	1231.41
0+660.000	1.47	32.27	0.27	2.94	1302.70	41.97	1260.73
0+680.000	1.41	28.62	0.42	7.01	1331.33	48.98	1282.35
0+690.000	1.28	13.34	0.32	3.75	1344.67	52.73	1291.94
0+700.000	1.43	13.44	0.04	1.84	1358.11	54.58	1303.53
0+720.000	1.77	31.93	0.35	3.96	1390.05	58.54	1331.51
0+740.000	1.58	33.49	0.00	3.56	1423.53	62.10	1361.44
0+760.000	1.66	32.38	0.00	0.04	1455.91	62.13	1393.78
0+780.000	1.40	30.52	0.03	0.29	1486.43	62.42	1424.01
0+800.000	1.56	29.81	0.00	0.32	1516.24	62.74	1453.50
0+810.000	1.86	17.49	0.00	0.04	1533.73	62.77	1470.96
0+820.000	2.02	19.87	0.00	0.02	1553.60	62.80	1490.80
0+840.000	2.57	45.82	0.00	0.02	1599.42	62.82	1536.60
0+860.000	2.46	50.20	0.00	0.04	1649.62	62.86	1586.76
0+870.000	1.35	18.87	0.03	0.19	1668.49	63.05	1605.44
0+880.000	1.16	12.54	0.10	0.69	1681.03	63.74	1617.29
0+900.000	1.81	29.65	0.00	1.05	1710.68	64.79	1645.89
0+920.000	2.11	39.13	0.00	0.00	1749.81	64.79	1685.02
0+930.000	1.48	18.07	0.00	0.00	1767.88	64.80	1703.08
0+940.000	2.05	17.84	0.00	0.04	1785.72	64.84	1720.88
0+950.000	2.20	21.43	0.00	0.07	1807.15	64.91	1742.24
0+960.000	2.05	21.24	0.00	0.05	1828.39	64.95	1763.44
0+970.000	1.78	18.97	0.08	0.40	1847.37	65.35	1782.01
0+980.000	1.60	16.65	0.34	2.16	1864.02	67.51	1796.50
1+000.000	1.73	33.14	0.17	5.21	1897.16	72.73	1824.43
1+020.000	1.95	36.84	0.05	2.27	1934.00	75.00	1859.01
1+040.000	1.95	38.76	0.24	2.93	1972.76	77.93	1894.84
1+060.000	2.09	40.22	0.00	2.45	2012.99	80.38	1932.60



1+070.000	2.38	22.46	0.00	0.03	2035.44	80.41	1955.03
1+080.000	2.79	26.01	0.00	0.00	2061.45	80.41	1981.04
1+090.000	3.04	29.32	0.00	0.00	2090.77	80.41	2010.36
1+100.000	3.14	30.89	0.00	0.00	2121.67	80.41	2041.25
1+120.000	3.21	63.48	0.00	0.00	2185.15	80.41	2104.73
1+130.000	3.03	31.26	0.00	0.00	2216.41	80.41	2135.99
1+140.000	2.61	28.18	0.00	0.00	2244.58	80.41	2164.17
1+160.000	2.49	51.03	0.00	0.00	2295.61	80.41	2215.20
1+180.000	2.17	46.62	0.00	0.00	2342.23	80.41	2261.82
1+200.000	1.97	41.41	0.00	0.00	2383.64	80.41	2303.23
1+220.000	1.81	37.82	0.00	0.00	2421.46	80.41	2341.05
1+240.000	2.08	38.93	0.00	0.00	2460.39	80.41	2379.97
1+260.000	1.65	37.27	0.04	0.40	2497.66	80.82	2416.84
1+280.000	1.34	29.92	0.09	1.27	2527.58	82.09	2445.49
1+290.000	1.61	14.78	0.00	0.46	2542.36	82.55	2459.81
1+300.000	1.62	16.19	0.00	0.03	2558.54	82.58	2475.96
1+320.000	2.22	38.49	0.00	0.00	2597.03	82.58	2514.45
1+330.000	2.30	22.55	0.00	0.00	2619.58	82.58	2537.00
1+340.000	2.39	23.41	0.00	0.00	2642.98	82.58	2560.41
1+350.000	2.41	24.03	0.00	0.00	2667.02	82.58	2584.44
1+360.000	4.06	32.52	0.00	0.00	2699.53	82.58	2616.96
1+380.000	2.18	62.52	0.07	0.69	2762.06	83.27	2678.79
1+390.000	2.11	22.09	0.00	0.32	2784.15	83.59	2700.56
1+400.000	2.10	21.12	0.00	0.00	2805.26	83.59	2721.67
1+410.000	3.98	30.15	0.00	0.00	2835.41	83.60	2751.82
1+420.000	2.40	31.05	0.00	0.00	2866.46	83.60	2782.86
1+430.000	2.08	22.40	0.00	0.00	2888.86	83.60	2805.26
1+440.000	2.62	22.89	0.36	1.93	2911.75	85.52	2826.23
1+450.000	1.99	22.07	0.10	2.44	2933.82	87.96	2845.86
1+460.000	1.90	19.25	0.01	0.55	2953.07	88.51	2864.56
1+470.000	2.53	22.37	0.00	0.05	2975.45	88.56	2886.89
1+480.000	3.01	27.77	0.00	0.00	3003.22	88.56	2914.66
1+500.000	2.94	59.47	0.01	0.11	3062.68	88.67	2974.01
1+520.000	3.88	68.23	2.93	29.46	3130.91	118.13	3012.78
1+540.000	2.73	66.54	0.25	31.61	3197.45	149.74	3047.71
1+550.000	2.67	27.67	0.22	2.26	3225.12	152.00	3073.12
1+560.000	2.31	24.90	0.00	1.12	3250.03	153.12	3096.91
1+570.000	2.59	24.85	0.12	0.63	3274.88	153.75	3121.13
1+580.000	3.02	28.48	0.00	0.60	3303.36	154.35	3149.01
1+590.000	2.96	30.24	0.00	0.00	3333.60	154.35	3179.25



1+600.000	2.46	27.27	0.00	0.05	3360.87	154.39	3206.48
1+610.000	2.63	26.43	0.16	0.79	3387.30	155.18	3232.12
1+620.000	2.71	27.25	0.18	1.64	3414.56	156.82	3257.73
1+650.000	2.68	79.55	0.00	2.87	3494.11	159.69	3334.42
1+660.000	2.95	28.13	0.00	0.04	3522.24	159.73	3362.50
1+680.000	3.09	60.40	0.41	4.14	3582.64	163.87	3418.77
1+700.000	3.03	61.21	0.59	10.00	3643.85	173.88	3469.98
1+720.000	3.01	60.44	0.00	5.87	3704.29	179.74	3524.55
1+730.000	2.80	28.99	0.00	0.00	3733.28	179.74	3553.54
1+740.000	2.37	25.88	0.00	0.02	3759.17	179.76	3579.40
1+760.000	1.94	43.16	0.00	0.11	3802.32	179.87	3622.45
1+780.000	2.86	48.05	0.00	0.07	3850.37	179.94	3670.44
1+790.000	2.81	28.17	0.00	0.00	3878.54	179.94	3698.61
1+800.000	2.67	26.78	0.00	0.00	3905.32	179.94	3725.39
1+810.000	2.79	26.56	0.00	0.03	3931.89	179.97	3751.92
1+820.000	2.89	28.07	0.00	0.03	3959.95	179.99	3779.96
1+830.000	2.97	30.25	0.00	0.00	3990.20	179.99	3810.21
1+840.000	2.74	29.82	0.00	0.00	4020.02	179.99	3840.03
1+850.000	2.24	26.42	0.14	0.61	4046.44	180.60	3865.84
1+860.000	2.10	23.09	0.40	2.45	4069.53	183.05	3886.48
1+880.000	3.54	56.37	0.00	4.00	4125.90	187.05	3938.85
1+900.000	2.65	62.56	0.29	2.89	4188.45	189.94	3998.51
1+910.000	3.55	30.36	0.00	1.50	4218.81	191.44	4027.37
1+920.000	2.56	29.83	0.00	0.00	4248.64	191.44	4057.20
1+940.000	3.62	61.72	0.00	0.00	4310.36	191.44	4118.92
1+960.000	2.66	62.55	0.00	0.00	4372.91	191.44	4181.47
1+970.000	3.23	28.94	0.00	0.00	4401.86	191.44	4210.41
1+980.000	3.38	32.93	0.00	0.00	4434.79	191.44	4243.35
1+990.000	3.10	32.25	0.00	0.00	4467.04	191.44	4275.60
2+000.000	2.57	28.19	0.02	0.08	4495.24	191.52	4303.71
2+020.000	2.82	53.77	0.00	0.16	4549.00	191.69	4357.32
2+040.000	3.54	63.57	0.00	0.00	4612.57	191.69	4420.89
2+060.000	2.91	64.42	0.00	0.00	4677.00	191.69	4485.31
2+080.000	2.13	50.40	0.00	0.00	4727.40	191.69	4535.71
2+100.000	3.41	55.47	0.00	0.00	4782.87	191.69	4591.18
2+120.000	2.94	63.55	0.31	3.15	4846.42	194.84	4651.58
2+130.000	4.14	35.81	0.00	1.55	4882.23	196.39	4685.84
2+140.000	2.87	36.69	0.05	0.22	4918.92	196.61	4722.31
2+160.000	2.41	52.74	0.28	3.31	4971.65	199.91	4771.74
2+170.000	3.07	26.26	0.00	1.50	4997.91	201.42	4796.49



---

2+180.000	2.44	27.01	0.00	0.03	5024.92	201.45	4823.47
2+200.000	2.73	51.72	0.01	0.19	5076.64	201.64	4875.00
2+220.000	2.70	54.26	0.00	0.16	5130.90	201.80	4929.10
2+230.000	2.93	28.38	0.50	2.47	5159.29	204.28	4955.01
2+240.000	2.84	29.50	0.15	3.15	5188.79	207.43	4981.36
2+250.000	3.06	29.50	0.30	2.28	5218.29	209.71	5008.58
2+260.000	3.32	31.20	0.00	1.57	5249.49	211.28	5038.21
2+270.000	3.11	30.85	0.14	0.76	5280.33	212.04	5068.29
2+280.000	3.10	30.11	0.00	0.75	5310.44	212.79	5097.65
2+300.000	2.95	60.29	0.00	0.00	5370.74	212.80	5157.94
2+310.000	3.37	32.47	0.00	0.00	5403.20	212.81	5190.40
2+320.000	4.14	38.51	0.00	0.00	5441.72	212.81	5228.91
2+340.000	3.54	76.73	0.00	0.00	5518.45	212.81	5305.63
2+350.000	2.95	32.61	0.00	0.00	5551.06	212.82	5338.24
2+360.000	3.27	31.93	0.00	0.00	5582.99	212.83	5370.16
2+380.000	3.01	62.11	0.00	0.00	5645.10	212.83	5432.27
2+390.000	2.60	27.13	0.13	0.70	5672.22	213.53	5458.70
2+400.000	2.71	26.18	0.00	0.68	5698.41	214.21	5484.20
2+410.000	2.29	24.84	0.00	0.00	5723.24	214.21	5509.03
2+420.000	2.28	22.78	0.00	0.00	5746.02	214.21	5531.81
2+440.000	2.42	47.35	0.00	0.00	5793.37	214.22	5579.15
2+460.000	2.17	46.20	0.00	0.06	5839.57	214.28	5625.30
2+480.000	1.57	37.48	0.50	5.01	5877.05	219.29	5657.76
2+500.000	1.47	30.16	0.11	6.17	5907.21	225.46	5681.75
2+510.000	1.67	15.50	0.00	0.59	5922.71	226.05	5696.66
2+520.000	1.90	17.77	0.00	0.00	5940.48	226.05	5714.43
2+540.000	2.23	41.12	0.00	0.03	5981.60	226.08	5755.52
2+550.000	2.31	22.85	0.11	0.57	6004.45	226.65	5777.80
2+560.000	2.55	24.69	0.07	0.89	6029.13	227.54	5801.59
2+580.000	2.58	51.61	0.00	0.72	6080.75	228.26	5852.49
2+600.000	2.31	48.89	0.00	0.03	6129.64	228.29	5901.35
2+620.000	2.30	46.13	0.00	0.00	6175.77	228.29	5947.48
2+640.000	2.01	43.06	0.00	0.00	6218.82	228.29	5990.54
2+660.000	3.44	54.15	0.00	0.00	6272.97	228.29	6044.68
2+680.000	2.12	55.57	0.00	0.00	6328.54	228.29	6100.25
2+690.000	2.58	23.89	0.00	0.00	6352.43	228.29	6124.15
2+700.000	2.35	24.93	0.00	0.00	6377.36	228.29	6149.08
2+720.000	1.95	43.11	0.00	0.02	6420.48	228.30	6192.17
2+740.000	2.03	39.77	0.00	0.02	6460.24	228.32	6231.92
2+750.000	1.92	19.59	0.00	0.00	6479.83	228.32	6251.51

---



2+760.000	2.09	19.93	0.00	0.00	6499.76	228.32	6271.44
2+780.000	1.81	39.00	0.00	0.01	6538.76	228.33	6310.43
2+800.000	2.22	40.35	0.00	0.00	6579.11	228.33	6350.78
2+820.000	2.50	47.33	0.00	0.00	6626.44	228.33	6398.11
2+830.000	2.45	24.88	0.00	0.00	6651.33	228.33	6422.99
2+840.000	2.26	23.59	0.00	0.00	6674.92	228.33	6446.58
2+860.000	2.19	44.49	0.00	0.00	6719.41	228.33	6491.08
2+880.000	2.12	43.01	0.00	0.00	6762.43	228.33	6534.09
2+900.000	2.06	41.76	0.00	0.00	6804.18	228.33	6575.85
2+920.000	2.19	42.54	0.00	0.00	6846.73	228.33	6618.39
2+940.000	2.11	43.09	0.00	0.00	6889.81	228.33	6661.48
2+950.004	1.97	20.42	0.00	0.00	6910.23	228.33	6681.90

En la tabla 15 se muestra el volumen de corte y relleno, los resultados en cuestión de volúmenes, se indica que el volumen en m<sup>3</sup> que se debe cortar es de 6910.23 m<sup>3</sup> y el volumen a rellenar es de 228.33 m<sup>3</sup>. Para un mejor análisis se muestra cada 500 metros.

**Tabla 15**

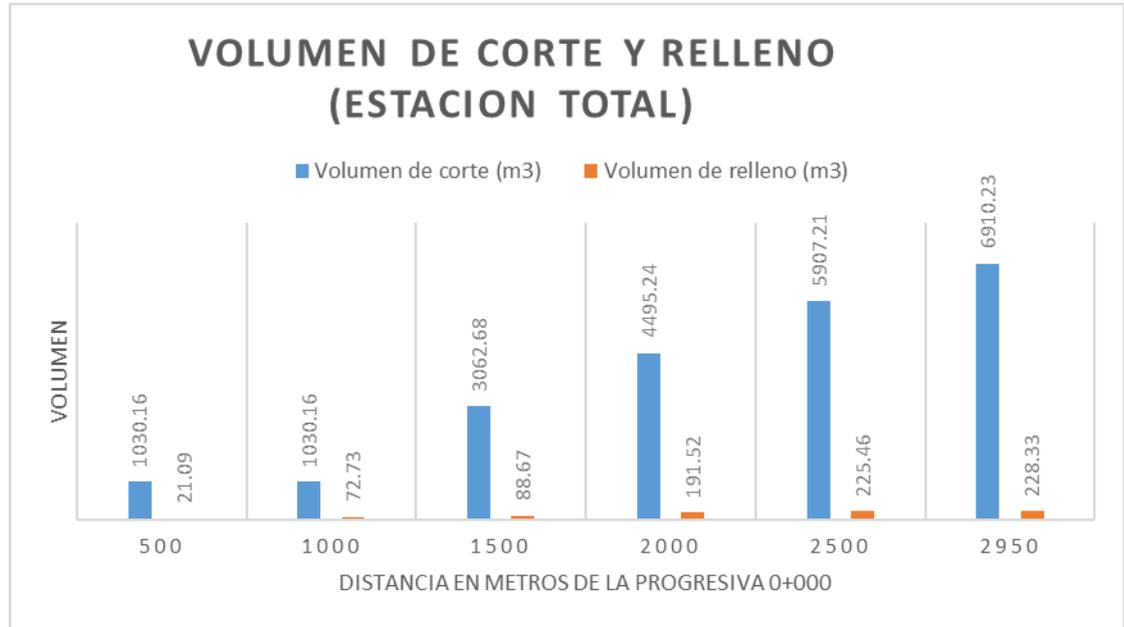
*Volumen de corte y relleno cada 500 metros (estación total).*

Distancia del punto de inicio	Volumen de corte (m <sup>3</sup> )	Volumen de relleno (m <sup>3</sup> )
0	0	0
500	1030.16	21.09
1000	1897.16	72.73
1500	3062.68	88.67
2000	4495.24	191.52
2500	5907.21	225.46
2950.00	6910.23	228.33

En la figura 30 se muestra en forma de grafico de barras la variación de la magnitud de los volúmenes de corte y relleno cada 500 metros a través del uso del equipo topográfico estación total.

**Figura 30**

*Gráfico de barras volumen de corte y relleno, instrumento topográfico*



Por último, se muestra la tabla 16 en donde se resume los resultados por ambos métodos (dron y estación total), se evidencia mayor cantidad de m<sup>3</sup> capturados por el dron.

**Tabla 16**

*Comparación de resultados de movimiento de tierras por ambos métodos (corte y relleno).*

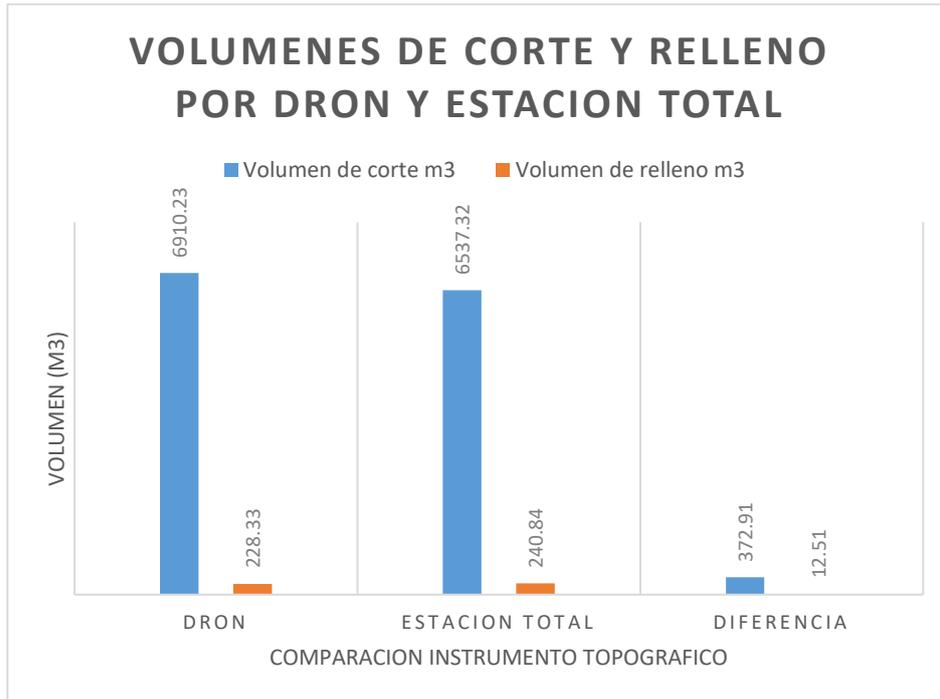
Instrumento topográfico	Volumen de corte (m <sup>3</sup> )	Volumen de relleno (m <sup>3</sup> )
Estación total	6910.23	228.33
Dron	6537.32	240.84
<b>Diferencia</b>	<b>372.91</b>	<b>12.51</b>

En la figura 31 se muestra la interpretación de la variación en los volúmenes se debe a que en la zona de estudio se encontraban vehículos deteriorados (chatarra) y residuos que

podrían haber afectado la precisión, por otro lado, la estación total requiere el cambio de estaciones lo que incrementa las probabilidades de cometer error por parte del investigador.

### Figura 31

*Volúmenes de corte y relleno por dron y estación total*





#### 4.4. RESULTADO PARA EL TERCER OBJETIVO ESPECIFICO

##### 4.4.1. EL Análisis orientado al tiempo de trabajo de campo y gabinete para el procesamiento de datos

##### 4.4.1.1. Tiempo de trabajo de campo y gabinete para el dron

**Tabla 17**

*Tiempo de trabajo para tomar datos y procesar la información para la obtención de volumen de movimiento de tierras.*

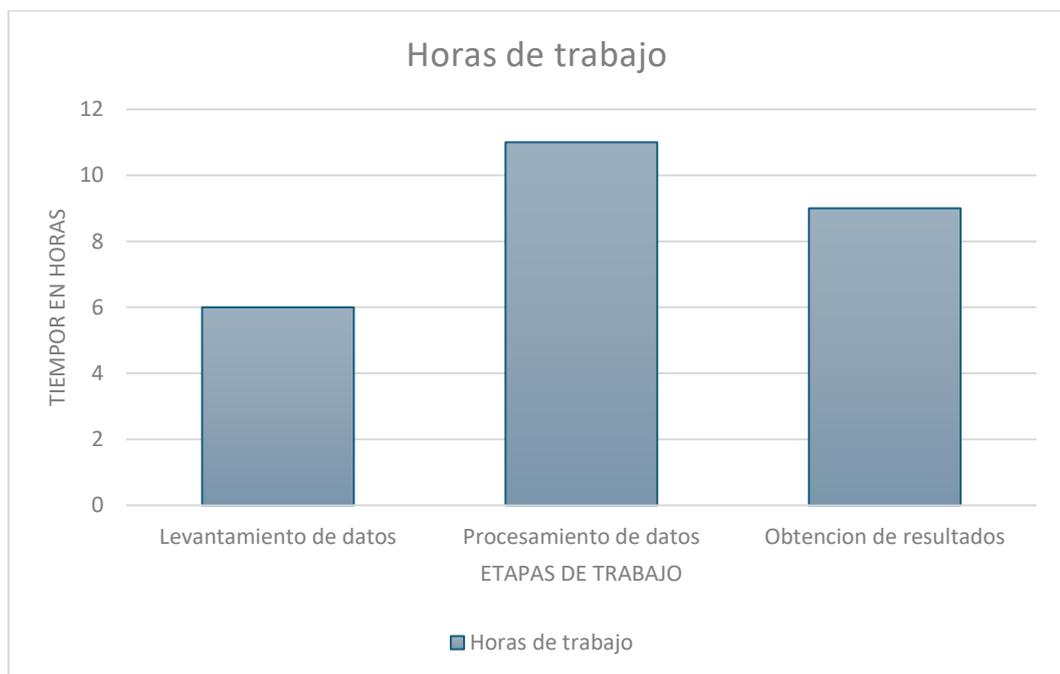
		DRON							
ITEM	DESCRIPCION	DIA 01 y/o HORAS	DIA 02 y/o HORAS	DIA 03 y/o HORAS	DIA 04 y/o HORAS	DIA 05 y/o HORAS	DIA 06 y/o HORAS	SUB TOTAL	TOTAL
<b>1</b>	<b>LEVANTAMIENTO DE DATOS</b>								
1.1	localizar el terreno y Marcado de puntos de control	3 horas						3 horas	
1.2	Levantamiento topográfico		3 horas					3 horas	
<b>2</b>	<b>PROCESAMIENTO DE DATOS</b>								
2.1	descarga de datos			1 hora				1 hora	<b>26 horas</b>
2.2	procesamiento fotogramétrico				10 hora			10 hora	
<b>3</b>	<b>OBTENCION DE RESULTADOS</b>								
3.1	generación de DTM y curvas de nivel resultados y					1 hora		1 hora	
3.2	reporte de cálculo de volumen						8 hora	8 hora	

El tiempo de trabajo para la obtención de volumen de movimiento de tierras se dividió en 3 etapas, en la tabla 17 se muestra, levantamiento de datos 6 horas, procesamiento de datos

11 horas y obtención de resultados 9 horas, la sumatoria total de horas de trabajo asciende a las 26 horas durante 6 días. En la figura 32 se muestra un gráfico de barras relacionando las etapas de trabajo vs el tiempo en horas, instrumento dron.

**Figura 32**

*Horas de trabajo por etapa (dron)*



En la figura se muestra el tiempo de trabajo en horas de las 3 etapas para la actividad de levantamiento topográfico por dron.



#### 4.4.1.2. Tiempo de trabajo de campo y gabinete para la estación total

**Tabla 18**

*Tiempo de trabajo para tomar datos y procesar la información para la obtención de volumen de movimiento de tierras*

		ESTACION TOTAL						SUB TOTA L	TOTA L
ITEM	DESCRIPCION	DIA 01 y/o HORA S	DIA 02 y/o HORA S	DIA 03 y/o HORA S	DIA 04 y/o HORA S	DIA 05 y/o HORA S	DIA 06 y/o HORA S		
<b>1</b>	<b>LEVANTAMIENTO DE DATOS</b>								<b>49 horas</b>
1.1	reconocimiento de terreno	2 horas						2 horas	
1.2	Establecimiento de puntos de control	8 hora						8 horas	
1.3	Levantamiento topográfico		8 hora	8 hora	8 hora			24 hora	
<b>2</b>	<b>PROCESAMIENTO DE DATOS</b>								
2.1	trabajo gabinete					8 hora		8 hora	
<b>3</b>	<b>OBTENCION DE RESULTADOS</b>								
3.1	resultados y reporte de cálculo de volumen						7 hora	7 hora	

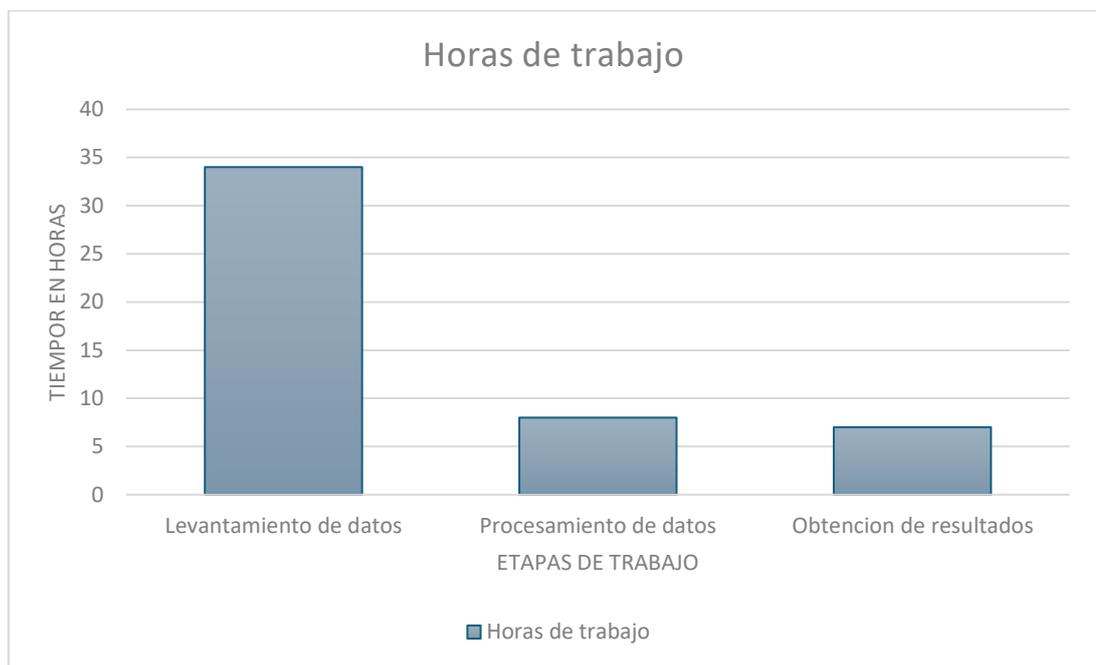
En la tabla se muestra el tiempo de trabajo para tomar datos y procesar la información para la obtención de volumen de movimiento de tierras (estación total).

El tiempo de trabajo para la obtención de volumen de movimiento de tierras se dividió en 3 etapas, en la tabla 18 se muestra, levantamiento de datos 34 horas, procesamiento de

datos 8 horas y obtención de resultados 7 horas, la sumatoria total de horas de trabajo asciende a las 49 horas durante 6 días. En la figura 33 se muestra un gráfico de barras relacionando las etapas de trabajo vs el tiempo en horas, instrumento estación total.

**Figura 33**

*Horas de trabajo por etapa (estación total)*



#### 4.4.1.3. Comparación entre los tiempos de trabajo, dron y estación total

**Tabla 19**

*Comparación de días, horas según etapa para dron y estación total.*

Descripción	Días	Horas
<b>Dron</b>		
Levantamiento de datos	2	6
Procesamiento de datos	2	11
Obtención de resultados	2	9
<b>Estación total</b>		
Levantamiento de datos	4	34

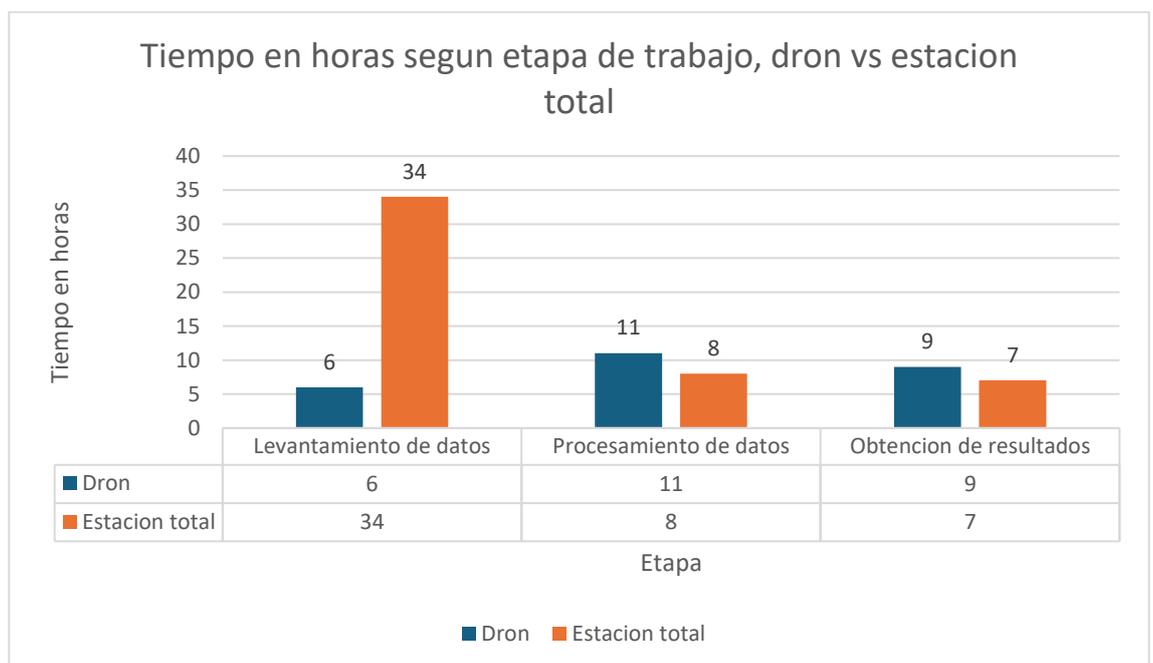
Procesamiento de datos	1	8
Obtención de resultados	1	7

En la tabla se muestra la comparación de tiempo entre el que tardo en días y horas para la actividad de levantamiento topográfico con ambos instrumentos (dron y estación total).

En la tabla 19 se muestra la comparación días, horas según etapa de trabajo para ambos métodos de obtención para el volumen de movimiento de tierras. Para un mejor análisis se muestra a través de un gráfico, figura 34.

**Figura 34**

*Tiempo en horas según etapa, dron vs estación total*





#### 4.5. DISCUSIÓN

En la figura 34 se muestra la interpretación de la variación en los volúmenes se debe a que en la zona de estudio se encontraban vehículos deteriorados (chatarra) y residuos que podrían haber afectado la precisión, por otro lado, la estación total requiere el cambio de estaciones lo que incrementa las probabilidades de cometer error por parte del investigador.

Teniendo en cuenta la investigación de Jiménez et al. (2019), los datos obtenidos de las mediciones de campo por los instrumentos topográficos dron y estación total son bastante similares, la diferencia de los volúmenes percibidos es  $12.51 \text{ m}^3$  de corte y  $372.91 \text{ m}^3$  de relleno.

La variación puede estar asociada según Medrano & Zúñiga (2022), a que la estación total no permite el acceso total a todas las áreas si es que se presenta desniveles de terreno o depresiones geográficas, a tal motivo el uso del dron es más eficiente puesto que por su versatilidad permite acceder a zonas que con la estación total no.

Por otra parte, Mamani (2022), sostiene que ciertas zonas geográficas la variación como en su investigación difiere en  $0.20 \text{ m}^3$  en corte y  $0.70 \text{ m}^3$ , a lo que afirma que son bastantes similares puesto que recomienda usar ambos métodos.

Según Cabada (2018) en su zona escogida para su investigación la cual evaluaba la precisión de levantamientos topográficos piloteados, el dron ofrece resultados más precisos que la estación total.



Por último, Delgado y Sánchez (2022) la información percibida por dron es menos precisa y se requiere complementar ciertos puntos con GPS diferencial y usar más puntos de control para compensar las variaciones en los datos.

En la figura 38 se muestran los resultados del tiempo que duro cada etapa de trabajo para ambos métodos (dron y estación total), en la primera etapa, levantamiento de datos, se evidencia una clara diferencia de 28 horas, el dron toma apenas 6 horas mientras que la estación total 34 horas, esto se debe obviamente a las facilidades que brinda el dron con respecto a la movilidad y a la tecnología láser 3D para la toma de imágenes, por otro lado la estación total debe posicionarse más de una vez para realizar el trabajo, en la segunda etapa correspondiente al procesamiento de datos la diferencia es de 3 horas, el dron toma 11 horas y la estación total 8 horas, esto se justifica porque se debe utilizar un software para el procesamiento de las imágenes captadas, a diferencia de la estación total que hizo uso de Excel, en la última etapa el dron es superado por 2 horas.

Jiménez et al. (2019) sostiene que el sistema topográfico tradicional es menos eficiente (estación total), requiere mayores costos, mano de obra y tiempo, así mismo presente limitaciones y depende mucho de la accesibilidad de la zona de estudio.

De la misma manera Carrillo (2021) sostiene que el margen de error que ofrece el dron es bajo, del mismo modo el tiempo de trabajo lo cual favorece a aminorar los retrasos del cronograma, el dron es la opción más viable.

Machaca y Pertuz (2020) afirman que reduce los tiempos de trabajo del topógrafo notablemente porque al mismo tiempo se modela toda el área de trabajo, y luego se miden



convenientemente los puntos necesarios en el modelo. Esto elimina el riesgo de repetir el trabajo de campo cuando necesitamos nuevos recursos.

Delgado & Sánchez (2022) sostuvieron por contrario que pese a la reducción de costos que ofrece el dron, la información obtenida es menos precisa lo cual demanda complementar con GPS diferencial para utilizar más puntos de control y poder compensar la información incompleta del área de trabajo.

Por otra parte, Medrano & Zúñiga (2022) afirmaron que pese los resultados emitidos por ambos métodos el dron es la opción más favorable porque puede acceder a áreas que la estación total no puede por las depresiones geográficas.



## V. CONCLUSIONES

Del presente trabajo de investigación realizado se llegó a las siguientes conclusiones:

- Se determinó el volumen de movimiento de tierras mediante el uso de un dron equipado con cámaras, se realizó un exhaustivo levantamiento topográfico del área de trabajo. A partir de los datos recopilados, se determinó que el volumen total de corte asciende a  $6.910,23 \text{ m}^3$ , mientras que el volumen de relleno alcanza los  $228,33 \text{ m}^3$ . Este análisis se logró gracias a la aplicación del método de fotogrametría, una técnica que permite generar modelos tridimensionales precisos a partir de imágenes aéreas. La implementación de estas herramientas tecnológicas avanzadas, como los drones y la fotogrametría, ha permitido obtener una evaluación detallada y confiable del movimiento de tierras, lo que sin duda contribuye a una planificación y ejecución más eficiente de los trabajos.
- Mediante el uso de una estación total, se llevó a cabo la determinación del volumen de movimiento de tierras en el proyecto. El resultado obtenido indica que el volumen de corte es de  $6,537.32 \text{ m}^3$ , mientras que el volumen de relleno es de  $240.84 \text{ m}^3$ . El instrumento utilizado se enfocó en el análisis del plano topográfico del área. Este proceso de medición y cálculo del movimiento de tierras es fundamental para la planificación y ejecución eficiente de obras de construcción. La estación total, como método convencional, permite obtener datos precisos y confiables sobre los volúmenes de corte y relleno requeridos, lo que a su vez facilita la toma de decisiones y la optimización de los recursos necesarios para el proyecto.



- Se analizaron ambas metodologías de cálculo de volúmenes de movimiento de tierra, y se identificó que la utilización de dron como instrumento topográfico, reduce notablemente los errores, los tiempos, para esta investigación el tiempo de trabajo para el dron en la fase de campo y gabinete es de 26 horas, por el contrario, al tiempo de trabajo por la estación total en la fase de campo y gabinete es de 49 horas. La primera etapa correspondiente a levantamiento de datos es la más influyente en ambos métodos, el dron tarda apenas 6 horas mientras que la estación total 34. Se concluye que la utilización del dron es la más recomendable puesto que reduce los errores, acorta los tiempos de trabajo y según el contraste con otros trabajos de otros investigadores sostiene que los costos se reducen debido a que demanda menor cantidad de mano de obra.



## VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda para trabajos de comparación en términos de tiempo en días y horas entre métodos para efectuar levantamientos topográficos y seguidamente determinación de movimiento de tierras una descripción más profunda del área de terreno puesto que influyen factores como geografía del terreno y horas al día de trabajo previstas.
- Se recomienda tomar en cuenta la precisión del instrumento y el factor calidad puesto que todas las marcas no ofrecen el mismo servicio.
- Se requiere un análisis comparativo de costos de operación, alquiler y/o servicios adicionales durante el tiempo usado para cada instrumento.



## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cabada, J. (2018). *Evaluacion de resicion y costo oen un levantamiento topografico con estacion total y aeronave pilotada remotamente (rpa - dron) en el centro poblado cashapampa . Lima: Universiadad privacidad del norte .*
- Chávez, A. (2018). *Aplicación de tecnología mediante equipos aéreos para mejorar el estudio topográfico de la vía Tingo-Kuelap Amazonas-2018.* In Universidad César Vallejo.  
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/34699>
- Carrillo, J. (2021). *El dron metodo de levatamiento topografico mas eficas para el municipio de villanueva departamento del casanaere colombia.*
- Castañeda, V., & Quiroz, W. (2022). *Análisis del volumen de material apilado obtenido de un levantamiento topográfico con drone comparado con el volumen obtenido de un levantamiento topográfico con estación total.* In Universidad Nacional de Cajamarca.  
<http://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/4747>
- Delgado Cotrina, E. F., & Sanchez Bravo, J. C. (2022). *Levantamiento topografico con estacion total y vehiculo aereo no tripulado para evaluar la presicion, costo y tiempo en un proyecto drenaje pluvial , en el centro poblado, ciudad de dios en el distrito de san jose, provincia y departamento de lambayaque.* Lima: universidad de san martin de porres.



Gil, L. (2019). *Levantamientos topográficos.*

<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/11710>

Gutiérrez, D., & Alca, G. (2021). *Análisis de movimiento de tierras en carreteras generado por el método de diferencia de superficies con drone en contraste al método de prisma de carretera.* In Universidad Nacional del Altiplano. <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3440756>

Jimenez , N., Magaña, A., & Soriano, E. (2019). *Análisis comparativo entre levantamientos topográficos con estación total como método directo y el uso de drones y gps como métodos indirectos. san salvador : universidad el salvador.*

Londoño, J. (2010). *Maquinaria Pesada Para Movimiento De Tierras.*

Machaca , M., & Pertúz, J. (2020). *Análisis de la utilización de drones para el levantamiento topográfico en sitios habitados donde se presentan aguas estancadas en el municipio de ciénaga magdalena.*

Mamani, C. (2022). *comparacion de volumen de material con estacion total y drone en la carretera desvio cutini a centro poblado de casimuyo huallatiri juli 2020.* Puno: universidad nacional del altiplano .

Mamani, J., & Platero, A. (2021). *Precisión en el cálculo de volúmenes usando vehículos aéreos no tripulados de ala fija y de ala rotatoria en contrastación con estación total, en el distrito de Calapuja provincia de Lampa.* Universidad Nacional del Altiplano.



- Maza, F. (2005). Instructivo de programación en Microsoft Excel con Visual Basic Aplicado a Cálculos Topográficos [https://Go .Openathens.Net/Redirector / Udec.Cl?Url=http:// Tesisencap.Udec.Cl/Los\\_angeles/dela\\_maza\\_a\\_m/Index.Html](https://Go.Openathens.Net/Redirector/Udec.Cl?Url=http://Tesisencap.Udec.Cl/Los_angeles/dela_maza_a_m/Index.Html).  
[http://repositorio.udec.cl/ jspui/handle/11594/8699](http://repositorio.udec.cl/jspui/handle/11594/8699)
- Gil, L. (2019). Levantamientos topográficos. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/11710>
- Medrano, G., & Zuñiga Hurtado, C. P. (2022). *Levantamiento topografico con estacion total para la calibracion de productos obtenidos con vuelo de dron , caso saneamiento basico centro poblado canizal chico, la Union , piura*. 2022: Universidad Ricardo Palma.
- Pachas, R. (2009). El levantamiento topográfico: Uso del GPS y estación total. *Academia*, 8(16), 29-45.
- Romero, A. (2023). *La fotogrametría para la optimización de levantamiento topográfico de un tramo de carretera, del distrito de Challhuahuacho - provincia de Cotabambas - departamento de Apurímac, 2023*. In Universidad Privada del Norte. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/36419>
- Santamaria, J. (2019). *Comparación técnica económica utilizando drone y estación total para el diseño geométrico de carreteras, centro poblado Cruz Del Médano – Mórrope*. In Repositorio Institucional - UCV. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/35381>



- Ticona, A., & Lope Mamani, R. W. (2022). *Analisis de movimientos de tierras en la via pisacoma - capaso con diferentes equipos topograficos*. Puno: Universidad nacional altiplano.
- Vargas, J. (2017). *Determinar el grado de confiabilidad del levantamiento topográfico con dron en la Plaza San Luis - 2017*. In Universidad César Vallejo. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/12246>
- Ventura - Leon, J. (2017). *Poblacion o muestra?: una diferencia necesaria*. *Revista Cubana de Salud Publica*, 648-649.
- White, H., & Sabarwal, S. (2014). *Diseño y metodos cuasiexperimentales*. Florencia : UNICEF.

## ANEXOS

### ANEXO 1: Panel fotográfico

**Fotografía 1:** Excavación para establecimiento de puntos geodésicos.



**Fotografía 2:** Monumentación con concreto para la incrustación de los discos de bronce



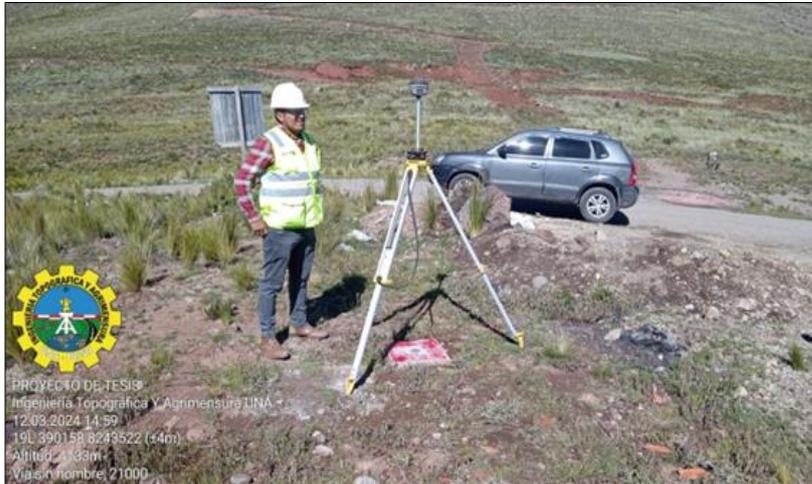
**Fotografía 3:** Incrustación de disco PCG-01



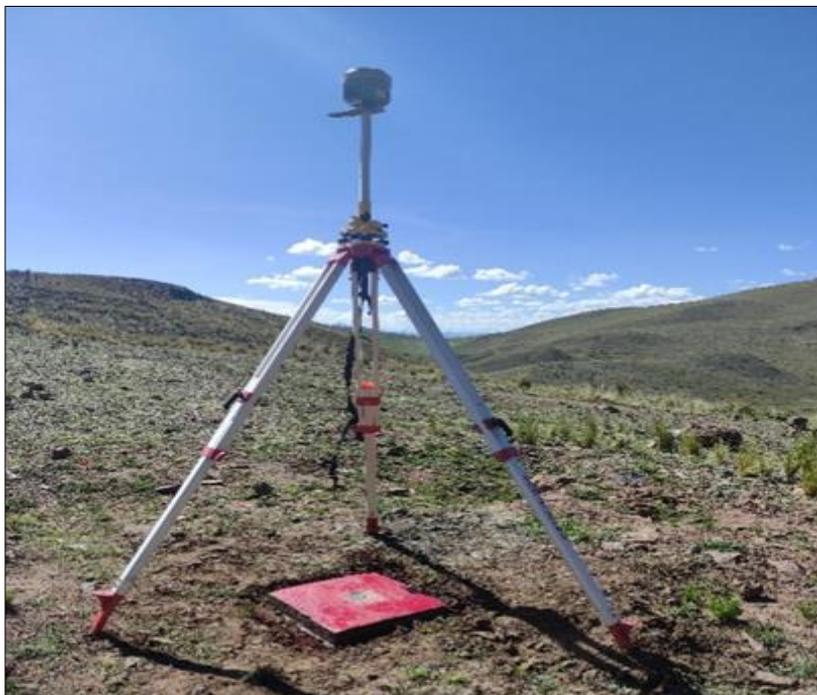
**Fotografía 4:** Adquisición de Placas de bronce de orden C PCG-01



**Fotografía 5:** Posicionamiento de GNSS navegador SOUTH Galaxy G1 modo ROVER para el establecimiento de fotocontroles FC-1.



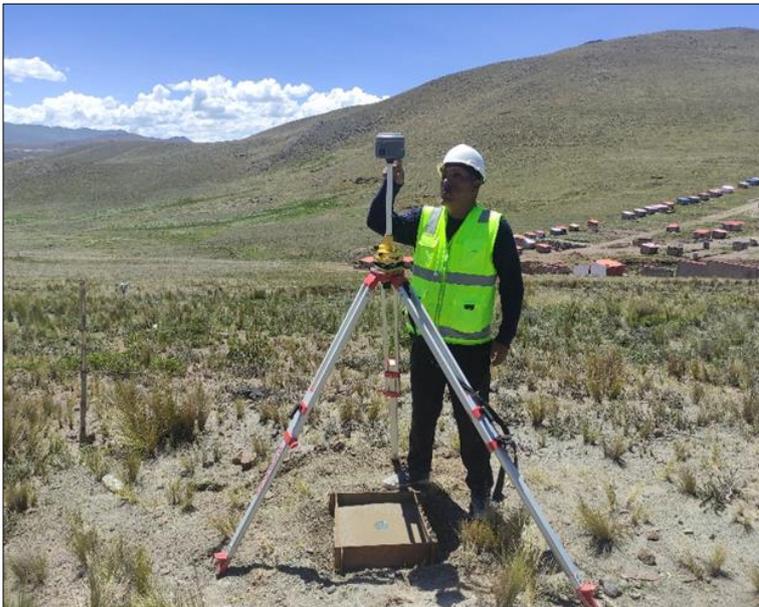
**Fotografía 6:** Posicionamiento de GNSS navegador SOUTH Galaxy G1 modo BASE en la estación PCG – 02, para el establecimiento de fotocontroles.



**Fotografía 7:** Posicionamiento de GNSS navegador SOUTH Galaxy G1- PCG – 01 WGS 1984.



**Fotografía 8:** Posicionamiento de GNSS navegador SOUTH Galaxy G1- PCG – 02 WGS 1984.



**Fotografía 9:** Inicio de actividades para el levantamiento topográfico con estación total marca LEICA TS03/TS07.



**Fotografía 10:** Estacionamiento de estación total LEICA TS07.



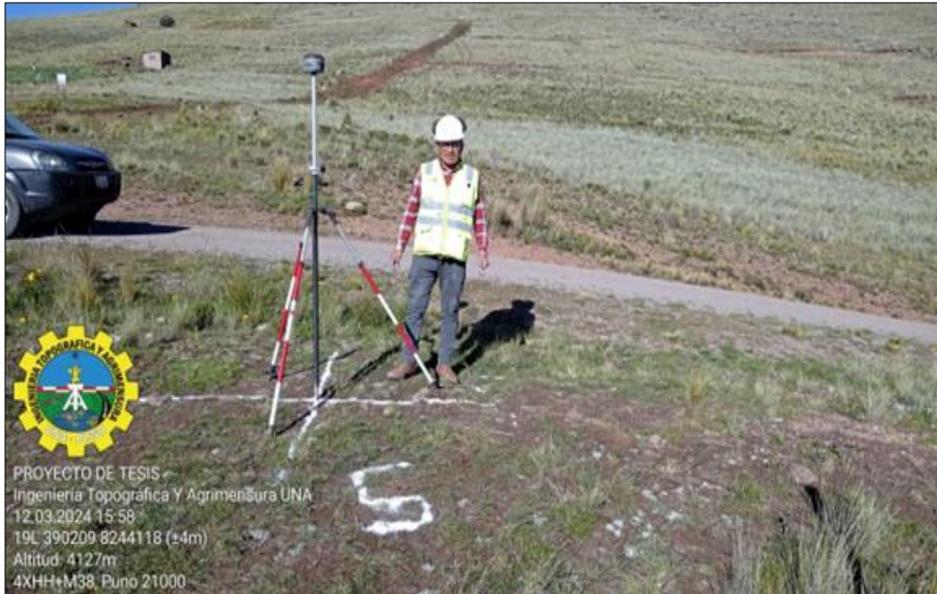
**Fotografía 11:** Levantamiento topográfico método convencional.



**Fotografía 12:** Posicionamiento de GNSS navegador SOUTH Galaxy G1 modo ROVER para el establecimiento de fotocontroles FC-03.



**Fotografía 13:** Posicionamiento de GNSS navegador SOUTH Galaxy G1 modo ROVER para el establecimiento de fotocontroles FC-05.

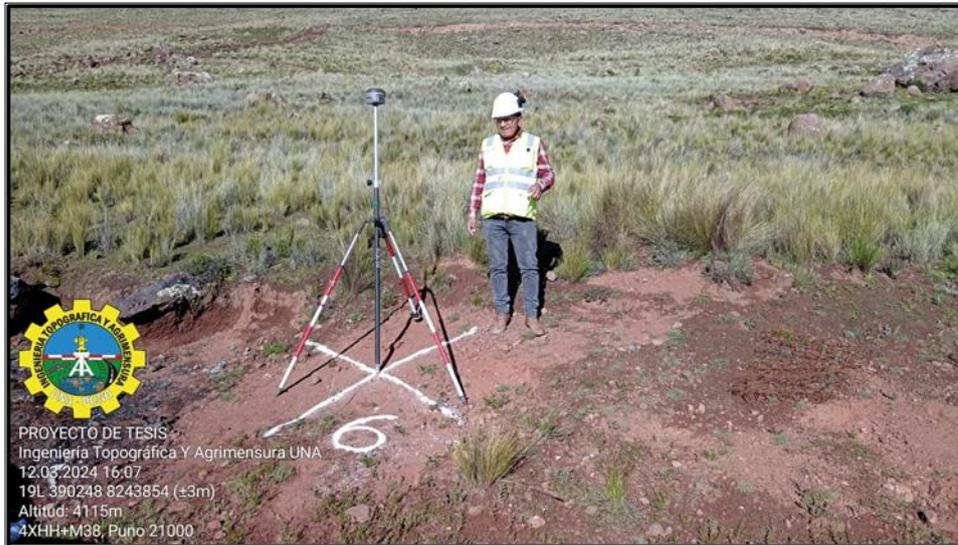


**Fotografía 14:** Posicionamiento de GNSS navegador SOUTH Galaxy G1 modo ROVER para el establecimiento de fotocontroles FC-4

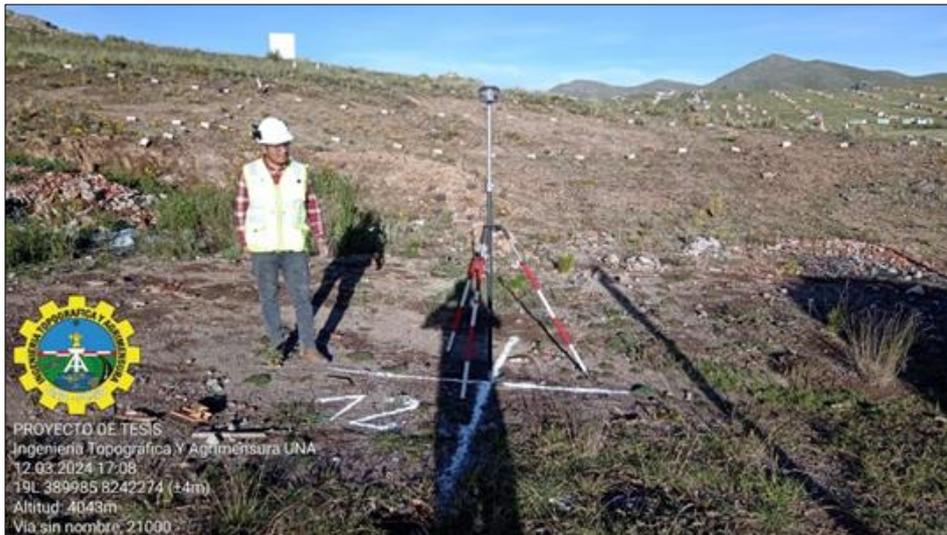


**Fotografía 15:** Posicionamiento de GNSS navegador SOUTH Galaxy G1 modo

ROVER para el establecimiento de fotocontroles FC-6.



**Fotografía 16:** Posicionamiento de GNSS navegador SOUTH Galaxy G1 modo ROVER  
para el establecimiento de fotocontroles FC-12





## ANEXO 2: Certificado de equipos



### CERTIFICADO DE OPERATIVIDAD N° 00164-2023

#### OTORGADO A

JOHN EFRAIN FLORES LERNA

#### DATOS GENERALES

EQUIPO	RECEPTOR GNSS	MARCA	SOUTH
MODELO EQUIPO	GALAXY G1	SERIAL EQUIPO	SG13B9148016842EDN
ANTENA CALIBRADA NGS	STHG1SG1Z-K508A	ANTENA CALIBRADA FABRICA	STHG1SG1Z-K508A
FIRMWARE	1.09.210825.RG13GL	ANTENA UHF	QT450GTC
COLECTORA	H6	SERIAL COLECTORA	SN12BC0D033589SE
RADIO EXTERNA	-	SERIAL RADIO EXTERNA	-

#### VIGENCIA DEL CERTIFICADO

FECHA DE EMISIÓN	FECHA DE VENCIMIENTO
10/03/2023	10/03/2024

TOPOEQUIPOS T&T SRL CERTIFICA QUE EL EQUIPO Y ACCESORIOS ARRIBA DESCRITO, SE ENCUENTRA TOTALMENTE REVISADO, CONTROLADO Y OPERATIVO, SEGÚN LOS ESTÁNDARES INTERNACIONALES ISO 17123 Y POR LA CASA FABRICANTE.

#### CARACTERÍSTICAS DEL RECEPTOR GNSS

DESCRIPCIÓN	RESULTADO
PRECISIÓN ESTÁTICO HORIZONTAL	± 2.5 mm ± 0.5 ppm
PRECISIÓN ESTÁTICO VERTICAL	± 5.0 mm ± 0.5 ppm
PRECISIÓN RTK UHF HORIZONTAL	± 8 mm ± 1 ppm
PRECISIÓN RTK UHF VERTICAL	± 15 mm ± 1 ppm
PRECISIÓN RTK NTRIP HORIZONTAL	± 8 mm ± 0.5 ppm
PRECISIÓN RTK NTRIP VERTICAL	± 15 mm ± 0.5 ppm
SENSOR DE INCLINACIÓN	-
MODELOS E INTERFAZ DE COMUNICACIÓN I/O	OPERATIVO
MÓDULO DE ALMACENAMIENTO	OPERATIVO

#### COLECTOR DE DATOS Y APLICATIVO DE CAMPO

DESCRIPCIÓN	RESULTADO
APP SURVSTAR	OPERATIVO
MODELOS E INTERFAZ DE COMUNICACIÓN I/O	OPERATIVO

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

ESTA ES UNA COPIA AUTÉNTICA IMPRIMIBLE DE UN DOCUMENTO ELECTRÓNICO EMITIDO POR TOPOEQUIPOS PERÚ, ESCÁNEE EL CÓDIGO QR PARA OBTENER EL CERTIFICADO DE OPERATIVIDAD ELECTRÓNICO.



JUNIOR A. ROQUE S.  
PERSONAL RESPONSABLE

Av. Aramburú N° 920 Of 202, San Isidro, Lima - Perú  
(511) 421-6165 | 222-6102 | 222-6062  
WT Business: 992-724084 | 992-722730  
peru@topoequipos.com



www.topoequiposperu.com



## CERTIFICADO DE OPERATIVIDAD N° 00165-2023

### OTORGADO A

JOHN EFRAIN FLORES LERNA

### DATOS GENERALES

EQUIPO	RECEPTOR GNSS	MARCA	SOUTH
MODELO EQUIPO	GALAXY G1	SERIAL EQUIPO	SG13B8148016109EDN
ANTENA CALIBRADA NGS	STHG1S82D_T970A	ANTENA CALIBRADA FABRICA	STHG1S82D_T970A
FIRMWARE	1.09.210825.RG13GL	ANTENA UHF	QT450GTC
COLECTORA	H6	SERIAL COLECTORA	SN12BC0D033589SE
RADIO EXTERNA	-	SERIAL RADIO EXTERNA	-

### VIGENCIA DEL CERTIFICADO

FECHA DE EMISIÓN	FECHA DE VENCIMIENTO
10/03/2023	10/03/2024

TOPOEQUIPOS T&T SRL CERTIFICA QUE EL EQUIPO Y ACCESORIOS ARRIBA DESCRITO, SE ENCUENTRA TOTALMENTE REVISADO, CONTROLADO Y OPERATIVO, SEGÚN LOS ESTÁNDARES INTERNACIONALES ISO 17123 Y POR LA CASA FABRICANTE.

### CARACTERÍSTICAS DEL RECEPTOR GNSS

DESCRIPCIÓN	RESULTADO
PRECISIÓN ESTÁTICO HORIZONTAL	± 2.5 mm ± 0.5 ppm
PRECISIÓN ESTÁTICO VERTICAL	± 5.0 mm ± 0.5 ppm
PRECISIÓN RTK UHF HORIZONTAL	± 8 mm ± 1 ppm
PRECISIÓN RTK UHF VERTICAL	± 15 mm ± 1 ppm
SENSOR DE INCLINACIÓN	-
MODELOS E INTERFAZ DE COMUNICACIÓN I/O	OPERATIVO
MÓDULO DE ALMACENAMIENTO	OPERATIVO

### COLECTOR DE DATOS Y APLICATIVO DE CAMPO

DESCRIPCIÓN	RESULTADO
APP SURVSTAR	OPERATIVO
MODELOS E INTERFAZ DE COMUNICACIÓN I/O	OPERATIVO

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

ESTA ES UN COPIA AUTENTICA IMPRIMIBLE DE UN DOCUMENTO ELECTRÓNICO EMITIDO POR TOPOEQUIPOS PERÚ, ESCANEE EL CÓDIGO QR PARA OBTENER EL CERTIFICADO DE OPERATIVIDAD ELECTRÓNICO.



JUNIOR A. ROQUE S.  
PERSONAL RESPONSABLE





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

**CERTIFICADO DE OPERATIVIDAD**  
CERTIFICATE OF OPERATION

Mant. General   
 Reparación   
 Operatividad   
 Garantía   
 Nuevo

**DATOS DEL EQUIPO**

**DATOS DEL CLIENTE**

Equipo : RECEPTOR GNSS	Persona Natural o Jurídica : JASMANI YOVANI FLORES TEVES
Fabricante : CHCNAV	Dirección : Jr. Los Incas 455 - Puno
Modelo : 150	RUC / DNI : 45746910
N° Serie : 3382783	

**CERTIFICADO DE OPERATIVIDAD**

Nro : 246-01/2024      Imagen del Receptor

Fecha : 10/01/2024



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

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

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

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

HORIZONTAL	±3 mm + 0.4 ppm RMS
VERTICAL	±5 mm + 0.5 ppm RMS

HORIZONTAL	8 mm + 1 ppm RMS
VERTICAL	15 mm + 1 ppm RMS

**FECHA DE MANTENIMIENTO**

Fecha	Mantenimiento	Prueba de Operatividad	Fecha de Vencimiento	Observación
10/01/2024	x	x	10/07/2024	% 100 OPERATIVO

Responsable Técnico	GERENTE GENERAL
Julio C. Colque Sullca	INGENIEROS COIPSA ICT E.I.R.L.
	  Ing. Julio Cesar Colque Sullca CIP 192245

**ORD. N° 246-01/24**



# CATACORA

LABORATORIO TOPOGRÁFICO

CALIBRACIÓN y MANTENIMIENTO DE  
INSTRUMENTOS DE TOPOGRAFÍA

## CERTIFICADO DE CALIBRACION

N° CERT	015-23
AÑO	2024

Nombre	HERLIN HUAYNA TOQUE	Precisión Angular	5"
DNI/RUC	76968885	Lectura Mínima	1"
Equipo	Estación total	Precisión de Distancia/Prisma	2 mm+2 ppm
Marca	Leica	Precisión de Distancia/DR	3 mm+2 ppm
Modelo	TS07 5" R500	Alcance con Prisma Sin Prisma	1.5 a 3500m. con 01 prisma 0 a 500m.
Serie	3304628	Lectura Distancia Mínima	1.5 m

### MEDICION DE SISTEMA ANGULAR

PATRON DE MEDIDAS		
GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS
0	0	0
90	0	0

VALOR A CORREGIR			
	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS
HORIZONT.	0	0	5
VERT.	0	0	12

LECTURAS DE EQUIPO			
	ANGULO DIRECTO	ANGULO INVERSO	DELTA
AH	0 ° 0 ' 0 "	180 ° 00 ' 5 "	5"

DESPUES DE COLIMACION			
	ANGULO DIRECTO	ANGULO INVERSO	DELTA
	0 ° 0 ' 0 "	180 ° 0 ' 0 "	0 "

AV	90 ° 00 ' 4 "	269 ° 59 ' 44 "	12"
----	---------------	-----------------	-----

	90 ° 00 ' 10 "	269 ° 59 ' 50 "	0 "
--	----------------	-----------------	-----

### SISTEMA DE MEDIDAS DE DISTANCIA

PATRON DE MEDIDAS	0.735mts	2.144mts	5.981mts	6.183mts	6.420mts
VALOR LEIDO EN EL INSTRUMENTO	0.735mts	2.144mts	5.981mts	6.183mts	6.420mts
ERROR PARA CORREGIR	00.00mm	00.00mm	00.00mm	00.00mm	00.00mm

### EQUIPO DE CALIBRACION UTILIZADO:

Colimador marca SOUTH, modelo F420-3T, serie COL3T0001, precisión de 2" y aumento de lentes 30X.

**PRECISION DEL INSTRUMENTO:** la precisión angular es de 2" lectura mínima en el Display 1"

Sistema de medición de Distancia ± (2mm+2ppm) .

Certificamos que el Equipo Topográfico mencionado cumple con las especificaciones técnicas de la fábrica y los estándares internacionales.

### PATRON UTILIZADO PARA CALIBRACION DEL COLIMADOR

➤ Estación Total marca TOPCON IS-01, número de serie 9R0057. CERTIFICADO N° C2019

➤ Nivel Leica Sprinter 250M Serie 2210165 1mm/km - Certificado N° C2095

La verificación del alineamiento de los colimadores se realiza diariamente según manual de Instrucción de la fábrica estándar basada en La norma: ISO 9001:2008/FM/ISO14001 y Cumplimos con los Estándar de Fabrica Establecidos en Equipos de Precisión y Topografía, Normas Internacionales Establecidos según (DIN18723).

Puno, 23 de Marzo del 2023.

FECHA DE CALIBRACION	PROXIMA CALIBRACION	PROX. MANTENIMIENTO	CALIBRACION
23/03/2023	23/09/2023	23/03/2024	X
Servicio Técnico	Propietario	Técnico Responsable	
 <b>GRUPO CATACORA SRL</b> REPRESENTANTE			

DATOS: ESTE EQUIPO ANTES DE SALIR DE ALMACEN HA SIDO CHEQUEADO, Y SE ENCUENTRA EN PERFECTO ESTADO, ES DE SU RESPONSABILIDAD EL ADECUADO CUIDADO, ESTA EMPRESA NO SE RESPONSABILIZA POR POSIBLES DAÑOS CAUSADOS POR UNA MALA MANIPULACION Y/O TRANSPORTE INAPROPIADO. A LA FIRMA SE MUESTRA LA CONFORMIDAD.

Jr. Justo Riquelme # 182. Puno Perú Cel. 993412540 Email: [serviciotecnico@grupocatacora@gmail.com](mailto:serviciotecnico@grupocatacora@gmail.com)

### ANEXO 3: especificaciones técnicas

## GNSS - PERU

---

### SOUTH RTK Galaxy G1

S/35,175.00

SKU: SOUTH RTK Galaxy G1 (91143)

Link: <http://www.estaciontotalperu.com/home-1/cos/south-rtk-galaxy-g1/>



---

### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL PRODUCTO

**Categories:** COS, GPS DE PRECISION TOPOGRAFICA, GPS DIFERENCIAL, GPS DIFERENCIAL SOUTH, GPS TOPOGRAFICO, SOUTH PERU, SOUTH RTK Galaxy G1

**Tags:** GPS DE PRECISION TOPOGRAFICA, GPS DIFERENCIAL, GPS DIFERENCIAL SOUTH, GPS TOPOGRAFICO, SOUTH PERU

GPS TOPOGRAFICO MARCA: SOUTH MODELO: RTK GALAXY G1 ESPECIFICACIONES CARACTERISTICAS Y FICHA TECNICAEl equipo comprende:

- 1 Receptor Base con firmware RTK
- 1 Receptor Rover con firmware RTK
- 1 Radio modem externo para Base de 35 watts (alcance de hasta 20 km), incluye antena externa con soporte y tripie
- 1 Estuche para Base y sus accesorios
- 1 Estuche para Rover y sus accesorios
- 2 Baterías para Base con cargador dual (para una operación combinada de 10 horas)
- 2 Baterías para Rover con cargador dual (para una operación combinada de 10 horas)

- 1 Software de Post -Proceso Estático
- 1 Controladora de pantalla táctil a color con conexión bluetooth y en español
- 1 Cable para PC/USB para controladora
- 1 Cargador para controladora
- 1 Software Carlson SurvCE en español para la controladora con módulo GNSS activado
- 1 Soporte para controladora
- 1 Trípode de aluminio para Base
- 1 Base nivelante con adaptador rotativo
- 1 Bastón de 2.5 m para Roveritem: cos

## DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Somos Importadores Directos de SOUTH RTK Galaxy G1 en Peru



GPS TOPOGRAFICO - > MARCA: SOUTH -> MODELO: RTK GALAXY G1 ; realizamos entrega en las ciudades de Lima, Arequipa, Cusco , Moquegua , Tacna , Ica , Chiclayo , Trujillo , Cajamarca, Piura, Tumbes, Iquitos, Huancayo , Ayacucho , Pucallpa, Huanuco , Cerro de Pasco ; llevamos mas de 10 años comercializando SOUTH en Peru , somos especialistas importando gps topografico , gps diferencial , gps de precision topografica , gps diferencial southGPS Diferencial SOUTH RTK Galaxy G1

El GPS South Galaxy G1 contiene y trabaja con la Tarjeta Electrónica de marca TRIMBLE (Modelo BD970, Placa Trimble G1BD990) y ofrece diferentes modalidades de operacion: medicion en tiempo real (RTK) con precision de 8 mm + 1ppm RMS, medicion estatica con precision de 2.5mm + 1ppm RMS, acceso a sistemas CORS a traves de tarjeta SIM (GPRS), levantamiento hidrometrico en tiempo real (utilizando ecosonda digital SDSDE-28S), tambien tiene la posibilidad de realizar replanteo de proyectos.

En la modalidad de medicion, el sistema establece el control de puntos nuevos o existentes en forma precisa y productiva tanto en modo estatico como en modo cinematico o RTK. A diferencia de los equipos de medicion opticos, el GPS no requiere linea visual entre los puntos de medicion, logrando asi aumentar significativamente la productividad, ya que los tramos transversales pueden ser mas largos y sin necesidad de hacer inicializaciones por perdida de señal de satelites.

El sistema cuenta con 220 canales para recibir señal de GPS, GLONASS, GALILEO, SBAS, COMPASS (GNSS), para obtener precision milimetrica en levantamientos topograficos, hidrograficos y replanteo, tanto en coordenadas como elevacion, asi como posibilidad de recibir datos de correccion a traves de una tarjeta SIM de celular (GPRS).

ESPECIFICACIONES:

El equipo comprende:

- 1 Receptor Base con firmware RTK
- 1 Receptor Rover con firmware RTK
- 1 Radio modem externo para Base de 35 watts (alcance de hasta 20 km), incluye antena externa con soporte y tripie
- 1 Estuche para Base y sus accesorios
- 1 Estuche para Rover y sus accesorios
- 2 Baterías para Base con cargador dual (para una operación combinada de 10 horas)
- 2 Baterías para Rover con cargador dual (para una operación combinada de 10 horas)
- 1 Software de Post -Proceso Estático
- 1 Controladora de pantalla táctil a color con conexión bluetooth y en español
- 1 Cable para PC/USB para controladora
- 1 Cargador para controladora
- 1 Software Carlson SurvCE en español para la controladora con módulo GNSS activado
- 1 Soporte para controladora
- 1 Trípode de aluminio para Base
- 1 Base nivelante con adaptador rotativo



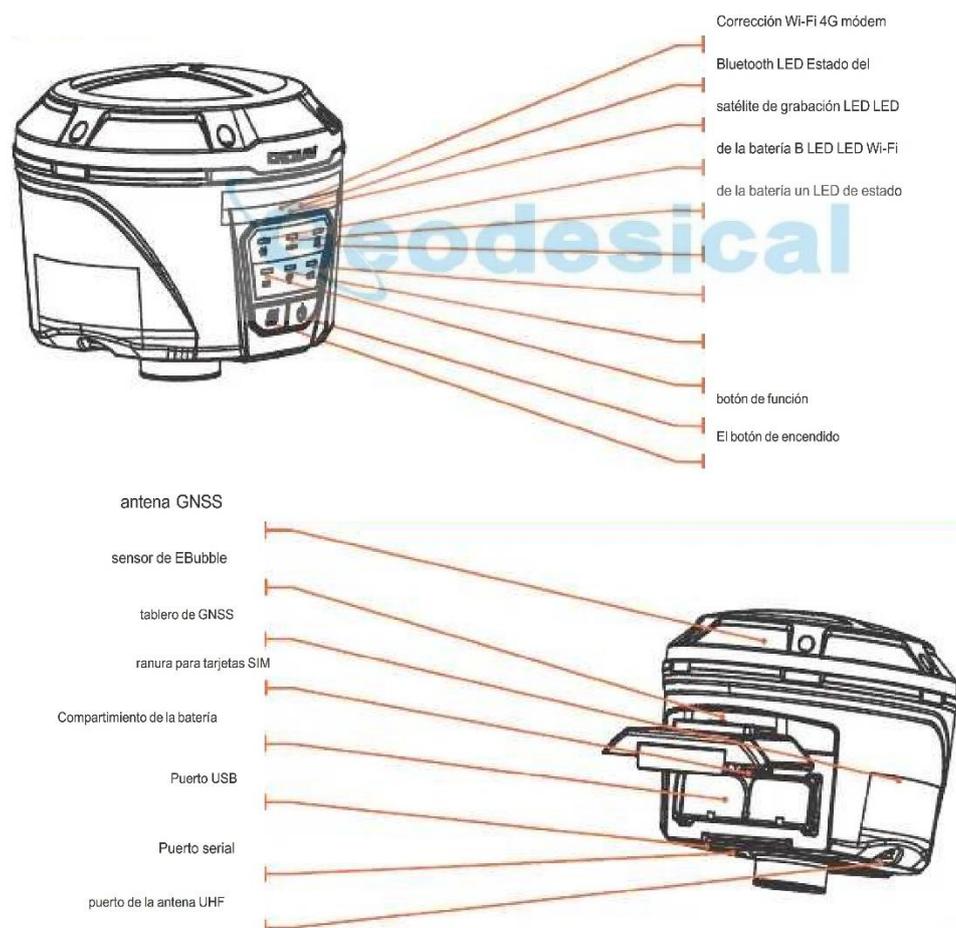
## Descripción del hardware

### i50 GNSS RTK Receptor

Serie de inicio

El receptor GNSS CHCNAV i50 aporta velocidad y precisión en una solución GNSS-fácil de usar para completar sus proyectos de topografía y construcción eficiente. En combinación con el software CHCNAV LANDSTAR 7 campo y el controlador HCE320 Android, el i50 es la solución ideal para tareas de topografía y construcción gráficas topográficas de posicionamiento.

El receptor GNSS i50 integra posicionamiento y tecnologías comunicación Gies en una unidad robusta que está diseñado para proporcionar flexibilidad de trabajo. Cuando las redes RTK no están disponibles en sus sitios de trabajo, simplemente configurar fácilmente una base de i50 GNSS UHF y usar su i50 GNSS UHF Rover para llevar a cabo el levantamiento RTK.



## especificaciones

Características (GNSS)	
canales	432
GPS	L1, L2, L2C, L5 L1,
QZSS	L2 E1, E5a, E5b B1,
GLONASS	B2, B3 B1 L1, L2, L5
Galileo	
BeiDou SBAS	

Las precisiones (GNSS)	
Tiempo real cinemática (RTK)	Horizontal: 8 mm + 1 ppm RMS vertical: 15 mm + 1 ppm Tiempo de RMS Inicialización: <10 s Inicialización fiabilidad: > 99,9%
cinemática de post-procesamiento (PPK)	Horizontal: 3 mm + 1 ppm RMS vertical: 5 mm + 1 ppm RMS
El post-procesado estático	Horizontal: 3 mm + 0,5 ppm RMS vertical: 5 mm + 0,5 ppm RMS
código diferencial	Horizontal: 0,4 m RMS Vertical: 0,8 m RMS
Autónomo	Horizontal: 1,5 m RMS Vertical: 3,0 m RMS hasta 10
Tiempo tasa de colocación de primera fix (3)	Hz Arranque en frío: <45 s Comienzo caliente: <10 s Señal re-adquisición: <1 s

Hardware	
Tamaño (L x W x H)	140 mm x 106 mm (5,5 en x 5,1 x 4,2 en en) 1,25 kg (2,8 lb)
peso Medio	Almacenamiento: -40 ° C a 75 ° C (-40 ° F a 167 ° F) 140 mm x 130
Ambiente	De funcionamiento: -40 ° C a 65 ° C (-40 ° F a 149 ° F)
Humedad	95%
Protección de ingreso	IP67 agua y al polvo, protegido de inmersión temporal a la profundidad de 1 m
Choque	Sobrevivir a una caída polo 2-metro
Sensor de inclinación	nivelación EBubble
Panel frontal	6 LED de estado

Características (GNSS)	
canales	432
GPS	L1, L2, L2C, L5 L1,
QZSS	L2 E1, E5a, E5b B1,
GLONASS	B2, B3 B1 L1, L2, L5
Galileo	
BeiDou SBAS	

Comunicaciones y almacenamiento de datos	
módem de red	Integrada 4G módem LTE (FDD): B1, B2, B3, B4, B5, B7, B8, B20 DC-HSPA + / HSPA + / HSPA / UMTS: B1, B2, B5, B8 EDGE / GPRS / GSM 850/900/1800 / 1900 MHz
Wifi	802.11 b / g / n, punto de acceso v4.1 modo
Bluetooth®	
puertos	1 x 7-pin del puerto LEMO (de alimentación externa, RS-232) 1 x puerto USB 2.0 (descarga de datos, actualizar el firmware) 1 x UHF puerto de la antena (TNC hembra) Estándar Interno Rx / Tx: 410 MHz a 470 MHz Potencia de transmisión: 0,5 W a 2 W Protocolo: radio UHF
radio UHF	CHC, la tasa de Enlaoe transparente, TT450: 9600 bps a 19200 bps Rango: Típica de 3 km y 5 km
Los formatos de datos	2x RTCM, RTCM 3x, entrada y salida CMR HCN, HRC, RINEX 2,11, 3,02 NMEA 0183 de salida de cliente NTRIP, NTRIP Caster
Almacenamiento de datos	8 GB de memoria interna

Eléctrico	
El consumo de energía capacidad de la batería de litio (4)	3600 mAh, 7,4 V
Tiempo de funcionamiento con batería interna (4)	UHF de recepción / transmisión: 5 h a 7 h celular sólo reciben: hasta 10 h estático: hasta 12 h
Entrada de alimentación externa	9 V CC a 36 V DC

\* Las especificaciones están sujetas a cambios sin previo aviso.

Características (GNSS)	
canales	432
GPS	L1, L2, L2C, L5 L1,
QZSS	L2 E1, E5a, E5b B1,
GLONASS	B2, B3 B1 L1, L2, L5
Galileo	
BeiDou SBAS	

Las precisiones (GNSS)	
Tiempo real cinemática (RTK)	Horizontal: 8 mm + 1 ppm RMS vertical: 15 mm + 1 ppm Tiempo de RMS Inicialización: <10 s Inicialización fiabilidad: > 99,9%
cinemática de post-procesamiento (PPK)	Horizontal: 3 mm + 1 ppm RMS vertical: 5 mm + 1 ppm RMS
El post-procesado estático	Horizontal: 3 mm + 0,5 ppm RMS vertical: 5 mm + 0,5 ppm RMS
código diferencial	Horizontal: 0,4 m RMS Vertical: 0,8 m RMS
Autónomo	Horizontal: 1,5 m RMS Vertical: 3,0 m RMS hasta 10
Tiempo tasa de colocación de primera fix (3)	Hz Arranque en frío: <45 s Comienzo caliente: <10 s Señal re-adquisición: <1 s

Hardware	
Tamaño (L x W x H)	140 mm x 106 mm (5,5 en x 5,1 x 4,2 en en) 1,25 kg (2,8 lb)
peso Medio	Almacenamiento: -40 ° C a 75 ° C (-40 ° F a 167 ° F) 140 mm x 130
Ambiente	De funcionamiento: -40 ° C a 65 ° C (-40 ° F a 149 ° F)
Humedad	95%
Protección de ingreso	IP67 agua y al polvo, protegido de inmersión temporal a la profundidad de 1 m
Choque	Sobrevivir a una caída polo 2-metro
Sensor de inclinación	nivelación EBubble
Panel frontal	6 LED de estado

Comunicaciones y almacenamiento de datos	
módem de red	Integrada 4G módem LTE (FDD): B1, B2, B3, B4, B5, B7, B8, B20 DC-HSPA + / HSPA + / HSPA / UMTS: B1, B2, B5, B8 EDGE / GPRS / GSM 850/900/1800 / 1900 MHz
Wifi	802.11 b / g / n, punto de acceso v4.1 modo
Bluetooth®	
puertos	1 x 7-pin del puerto LEMO (de alimentación externa, RS-232) 1 x puerto USB 2.0 (descarga de datos, actualizar el firmware) 1 x UHF puerto de la antena (TNC hembra) Estándar Interno Rx / Tx: 410 MHz a 470 MHz Potencia de transmisión: 0,5 W a 2 W Protocolo: radio UHF
radio UHF	CHC, la tasa de Enlaoe transparente, TT450: 9600 bps a 19200 bps Rango: Típica de 3 km y 5 km
Los formatos de datos	2x RTCM, RTCM 3x, entrada y salida CMR HCN, HRC, RINEX 2,11, 3,02 NMEA 0183 de salida de cliente NTRIP, NTRIP Caster
Almacenamiento de datos	8 GB de memoria interna

Eléctrico	
El consumo de energía capacidad de la batería de litio (4)	3600 mAh, 7,4 V
Tiempo de funcionamiento con batería interna (4)	UHF de recepción / transmisión: 5 h a 7 h celular sólo reciben: hasta 10 h estático: hasta 12 h
Entrada de alimentación externa	9 V CC a 36 V DC

\* Las especificaciones están sujetas a cambios sin previo aviso.

(1) Cumple, pero sujeto a la disponibilidad de los SDE CIE y Galileo definición de servicio comercial. GLONASS L3, BDS B3 y Galileo E6 se proporcionan a través de futuras actualizaciones del firmware. (2) La exactitud y la fiabilidad se determinan bajo el cielo abierto, libre de trayectos múltiples, GNSS óptima geometría y condición atmosférica. Actuaciones asumen un mínimo de 5 satélites, el seguimiento de las prácticas recomendadas generales de GPS. (3) los valores observados típicos. (4) Duración de la batería está sujeta a la temperatura de funcionamiento.

# PHANTOM 4 PRO<sup>+</sup>

## Quick Start Guide

V1.0



### AERONAVE

Peso (baterías y hélices incluidas)	1375g
Tamaño diagonal (hélices excluidas)	350mm
Velocidad máx. de ascenso	Modo S: 6 m/s Modo P: 5 m/s
Velocidad máx. de descenso	Modo S: 4m/s Modo P: 3m/s
Velocidad máx.	Modo S: 72 km/h Modo A: 58km/h Modo P: 50km/h
Ángulo de inclinación máx.	Modo S: 42° Modo A: 35° Modo P: 25°
Velocidad angular máx.	Modo S: 250°/s Modo P: 150°/s
Altura máx. de servicio sobre el nivel del mar	6000m
Resistencia máx. al viento	10 m/s
Tiempo máx. de vuelo	aprox. 30m
Rango de temperatura de funcionamiento	de 0 a 40 °C
Sistemas de posicionamiento por satélite	GPS/GLONASS
Rango de precisión de vuelo estacionario	Vertical: ±0.1m (con posicionamiento visual) ±0.5m (Con posicionamiento por GPS) Horizontal: ±0.3m (con posicionamiento visual) ±1.5m (Con posicionamiento por GPS)
<b>ESTABILIZADOR</b>	
Estabilización	3 ejes (inclinación, mov. Vertical y rotación)
Intervalo controlable	Inclinación: -90° a 30°
Velocidad angular máx. controlable	Inclinación: 90°/s
Intervalo de vibración angular	±0.02°

### CAMARA

Sensor	1.2.3" CMOS pixeles efectivos: 20MP
Objetivo	FOV 84° 8.8mm / 24mm / f/2.8-f/11 enf. 1m-∞
Rango ISO	Video 100 - 3200 (auto) 100 - 6400 (manual) Foto: 100 - 3200 (auto) 100 - 12800 (manual)
Velocidad de obturador mecánico	8-1/2000s
Tamaño máximo de imagen	3:2 proporción d eimagen: 5472x3648 4:3 proporción d eimagen: 5864x3648 16:9 proporción d eimagen: 5472x3078
Modos de fotografía	Disparo único Disparo en ráfaga: 3/5/7/10/14fotogramas Exposición automática en horquillado (AEB), 3/5 Intervalo: 2/3/5/7/10/15/20/30/60 s
Modos de video	H.265 C4K - 4K - 2.7K - FHD - HD H.264 C4K - 4K - 2.7K - FHD - HD
Tasa de bits máx.	100mbps
Sistema de archivos compatibles	FAT32 (<32GB); exFAT (>32GB)
Foto	JPEG, FNG (RAW), JPEG+DNG
Video	MP4/MOV (AVC/H.264; HEVC/H.265)
Tarjetas SD Compatibles	MicroSD máx128GB. Clase 10 ó UHS-1
<b>BATERIA DE VUELO INTELIGENTE</b>	
Capacidad	5870 mAh
Voltaje	15.2V
Tipo de batería	Lipo 4S
Energía	89.2 Wh
Peso neto	468g
Temperatura de operación	De 5 a 40°C
Potencia de carga máx.	180W
<b>CARGADOR</b>	
Voltaje	17.4 V
Potencia nominal	100 W

## Leica FlexLine TS03/TS07/TS10 Estaciones totales manuales



Las nuevas estaciones totales manuales de alta calidad Leica FlexLine TS03, TS07 y TS10 se basan en un concepto de producto probado que lleva casi 200 años revolucionando el mundo de la topografía y la medición. El software Leica FlexField (TS03/TS07), fácil de usar y familiar, le ayuda a realizar tareas de topografía y replanteo de forma sencilla y eficiente. FlexLine TS10 está equipado con el software de campo Leica Captivate, que le permite conectarse al moderno flujo de datos en 3D, incluyendo la codificación y el trabajo en línea mejorados. Las nuevas estaciones totales manuales Leica FlexLine funcionan de forma fiable y ofrecen resultados precisos incluso en entornos difíciles.

### LEICA FLEXLINE TS03/TS07/TS10 ESTACIONES TOTALES MANUALES

- **Trabaje más rápido:** Mida más puntos al día gracias a los procedimientos de medición y replanteo más rápidos (tornillos sin fin, tecla de función, movimientos a ambos lados y más), con el apoyo del software de Leica Geosystems, muy fácil de usar.
- **Utilícelas sin problemas:** Aumente la productividad y minimice el tiempo de inactividad confiando en instrumentos que funcionan y cuentan con una red global de servicio y asistencia.
- **Elija productos que se construyen para durar:** Incluso después de años de uso en condiciones difíciles (como barro, polvo, lluvia, calor y frío extremos), las estaciones totales FlexLine siguen funcionando con el mismo alto nivel de precisión y fiabilidad.
- **Ahorre tiempo con AutoHeight:** Esta función revolucionaria permite a las estaciones totales manuales medir, leer y ajustar automáticamente la altura del instrumento. De esta forma se minimizan los errores y se agiliza el proceso de estacionamiento en obra.
- **Controle su inversión:** Fiabilidad, rapidez y durabilidad garantizan una menor inversión a lo largo de la vida útil del producto.



leica-geosystems.com



- when it has to be **right**

**Leica**  
Geosystems

## Leica FlexLine TS03/TS07/TS10



Leica FlexLine TS03



Leica FlexLine TS07



Leica FlexLine TS10

### MEDICIÓN ANGULAR

	Absoluto, continuo, diametral <sup>1</sup>	2" / 3" / 5"	1" / 2" / 3" / 5" / 7"	1" / 2" / 3" / 5"
<b>Precisión Hz y V</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Resolución de la pantalla: 0,1" (0,1 mgon)</li> <li>Compensación de cuádruple eje</li> <li>Configuración de precisión del compensador: 0,5" / 1" / 1,5" / 2"</li> <li>Alcance del compensador: +/- 4"</li> <li>Resolución del nivel electrónico: 2"</li> <li>Sensibilidad del nivel esférico: 6" / 2 mm</li> </ul>	✓	✓	✓
<b>Medición de distancias</b>				
<b>Alcance</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Prisma (GPR1, GPH1P): 1,5 m a 3,500 m</li> <li>Prism GPR1 (modo de largo alcance) &gt; 10.000 m</li> <li>Sin Prisma / A cualquier superficie</li> <li>R500<sup>2</sup></li> <li>R1000<sup>3</sup></li> </ul>	✓ ✓ ✗	✓ ✓ •	✓ ✓ •
<b>Precisión / Tiempo de Medición</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Normal (a prisma)</li> <li>Más preciso / Una vez: 1 mm + 1,5 ppm (normalmente 2,4 s)</li> <li>Preciso y rápido / Una vez y rápido: 2 mm + 1,5 ppm (normalmente 2 s)</li> <li>Seguimiento / Continuo: 3 mm + 1,5 ppm (normalmente &lt; 0,15 s)</li> <li>Promedio: 1 mm + 1,5 ppm</li> <li>Modo de largo alcance / &gt; 4 km: 5 mm + 2 ppm (normalmente 2,5 s)</li> <li>Sin Prisma / A cualquier superficie</li> <li>0 m - 500 m: 2 mm + 2 ppm (normalmente 3 - 6 s)</li> <li>&gt; 500 m: 4 mm + 2 ppm (normalmente 3 - 6 s)</li> </ul>	✓	✓	✓
<b>Tamaño del punto láser</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>A 30 m: 7 mm x 10 mm</li> <li>A 50 m: 8 mm x 20 mm</li> <li>A 100 m: 16 mm x 25 mm</li> <li>Aumento: 30x</li> </ul>	✓	✓	✓
<b>Objetivo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Poder de resolución: 3"</li> <li>Alcance de enfoque: 1,55 m/5,08 ft al infinito</li> <li>Campo visual: 1°30' / 1,66 gon / 2,7 m a 100 m</li> </ul>	✓	✓	✓

### GENERAL

		3,5" (pulgadas), 320 x 240 px QVGA, escala de grises, 28 teclas <sup>5a</sup>	3,5" (pulgadas), 320 x 240 px QVGA, color, táctil, 28 teclas <sup>5b</sup>	5" (pulgadas), 800 x 480 pixels WVGA, color, táctil, 25 teclas <sup>5c</sup> , (opcional <sup>5d</sup> : 37 teclas, incluyendo teclas de función)
<b>Pantalla y teclado</b>				
	Segundo teclado	✗	•	•
	Tecla de iluminación	✗	•	•
<b>Manejo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Accionamientos para HZ y V</li> <li>Pulsador de activación: definible por el usuario con 2 funciones</li> </ul>	✓	✓	✓
<b>Alimentación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Batería intercambiable Li-Ion<sup>6</sup></li> <li>Autonomía de uso con GEB361</li> <li>Autonomía de uso con GEB331</li> </ul>	hasta 30 h hasta 15 h	hasta 30 h hasta 15 h	hasta 18 h hasta 9 h
	Tiempo de carga con			
	Cargador GKL341 para GEB361 / GEB331	3 h 30 min / 3 h	3 h 30 min / 3 h	3 h 30 min / 3 h
	Cargador GKL311 para GEB361 / GEB331	6 h 30 min / 3 h 30 min	6 h 30 min / 3 h 30 min	6 h 30 min / 3 h 30 min
	Tensión de fuente de alimentación externa	✓	✓	✓
	Tensión nominal: 13,0 V CC y 16 W máx.	✓	✓	✓
<b>Almacenamiento de datos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Memoria interna: 2 GB Flash</li> <li>Tarjeta de memoria: Tarjeta SD 1 GB o 8 GB</li> <li>Memoria USB: 1 GB</li> </ul>	✓	✓	✓
<b>Procesador</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>TI OMAP4430 1GHz Dual-core ARM® Cortex™ A9 MPCore™</li> </ul>	✓	✓	✓
<b>Interfaces</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sistema operativo - Windows EC7</li> <li>RS232<sup>7</sup>, dispositivo USB</li> <li>Bluetooth®<sup>8</sup>, WLAN<sup>9</sup></li> </ul>	✓ ✓ ✗	✓ ✓ •	✓ ✓ •
	Cobertura lateral de datos móviles: LTE-Módem para acceso a Internet	✗	•	•
<b>Luces Guía de Replanteo (EGL)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rango de trabajo: 5 m a 150 m</li> <li>Precisión en la posición: 5 cm a 100 m</li> <li>Longitud de onda rojo/naranja: 617 nm / 593 nm</li> </ul>	✗	(R1000)	(R1000)
<b>Plomada láser (Laserclass 2)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Precisión</li> <li>Desviación de la línea de la plomada: 1,5 mm a una altura del instrumento de 1,5 m</li> <li>Diámetro del punto láser: 2,5 mm a una altura del instrumento de 1,5 m</li> </ul>	✓	✓	✓
<b>Módulo AutoHeight para la medición automática de la altura de los instrumentos (Laserclass 2)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Precisión</li> <li>Precisión en la distancia: 1,0 mm (1 sigma)</li> <li>Alcance: 0,7 m a 2,7 m</li> </ul>	✗	•	✓
<b>Peso</b>		4,3 kg	4,3 - 4,5 kg	4,4 - 4,9 kg
<b>Especificaciones ambientales<sup>10</sup></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rango de temperaturas de trabajo: -20 °C a +50 °C</li> <li>Versión Arctic: -35 °C a +50 °C</li> <li>Polvo / Agua (IEC 60529) / Humedad: IP66 / 95 % , sin condensación</li> <li>Estandar militar 810G, método 506.5</li> </ul>	✓ ✗ ✓ ✓	✓ • • ✓	✓ • • ✓

#### Legenda:

- 1" (0,3 mgon), 2" (0,6 mgon), 3" (1 mgon), 5" (1,5 mgon), 7" (2 mgon)
2. Precisión angular / Configuración de precisión del compensador: 1" / 0,5" (0,2 mgon), 2" / 0,5" (0,2 mgon), 3" / 1,0" (0,3 mgon), 5" / 1,5" (0,5 mgon), 7" / 2,0" (0,7 mgon)
3. R500: Gris Kodak 90% reflectante (1,5 m a > 500 m), gris Kodak 18% reflectante (1,5 m a > 200 m)
4. R1000: Gris Kodak 90% reflectante (1,5 m a > 1000 m), gris Kodak 18% reflectante (1,5 m a > 500 m)
5. (a) Cara I estándar, (b) Cara I estándar, cara II opcional, (c) Cara I opcional, cara II opcional

6. Medición de distancia/ángulo cada 30 segundos
7. LEMO-0 de 5 pines para alimentación, comunicación y transferencia de datos
8. Para la comunicación y la transferencia de datos
9. Para el acceso a Internet, la comunicación y la transferencia de datos, el alcance de WLAN es de hasta 200 m
10. Temperatura de almacenamiento: -40°C a +70°C

✓ = Includido • = Opcional ✗ = No disponible



Radiación láser, evitar la exposición directa a los ojos.  
Láser clase 3R de acuerdo con IEC 60825-1:2014.

Las marcas registradas de Bluetooth® son propiedad de Bluetooth SIG, Inc. Windows es una marca registrada de Microsoft Corporation. Otras marcas y nombres comerciales pertenecen a sus respectivos propietarios.

Copyright Leica Geosystems AG, 9435 Heerbrugg, Switzerland. Todos los derechos reservados. Impreso en Suiza - 2018. Leica Geosystems es parte de Hexagon. 876713es - 01.19

### Leica Geosystems AG

Heinrich-Wild-Strasse  
9435 Heerbrugg, Suiza  
+41 71 727 31 31

- when it has to be **right**





**ANEXOS 4:** Planos planta y perfil

**ANEXOS 5:** Planos secciones transversales



### DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo RONAL CALCINA GARCIA  
identificado con DNI 70149203 en mi condición de egresado de:

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

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA TOPOGRAFICA Y AGRIMENSURA

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

"COMPARACIÓN DE VOLUMEN DE MOVIMIENTO DE TIERRAS EMPLEANDO  
VEHÍCULO AÉREO NO TRIPULADO Y MÉTODO CONVENCIONAL DEL BOTADERO  
MUNICIPAL A CAPILLA CANCHARANI DEL TRAMO KM 04000 AL 2+950, PUNO "

Es un tema original.

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

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

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

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

Puno 07 de NOVIEMBRE del 20 24

  
FIRMA (obligatoria)



Huella



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

Por el presente documento, Yo RONAL CALCINA GARCIA,  
identificado con DNI 76149203 en mi condición de egresado de:

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

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA TOPOGRAFICA Y AGRIMENSORA,

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

"COMPARACIÓN DE VOLUMEN DE MOVIMIENTO DE TIERRAS EMPLEANDO VEHÍCULO  
AÉREO NO TRIPULADO Y MÉTODO CONVENCIONAL DEL BOTADERO MUNICIPAL A  
CAPILLA CANCHARANI DEL TRAMO KM 0+000 AL 2+950, PUNO"

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

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

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

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

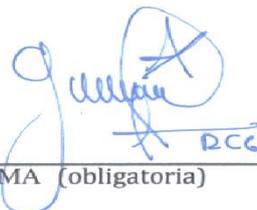
En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de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

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

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

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 07 de NOVIEMBRE del 20 24

  
FIRMA (obligatoria)



Huella



### DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo EDUARDO PILCO COTRADO,  
identificado con DNI 75762740 en mi condición de egresado de:

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

ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA TOPOGRAFICA Y AGREMENSURA,

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

"COMPARACION DE MODO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS EMPLEANDO VEHICULO  
AEREO NO TRIPULADO Y METODO CONVENCIONAL DEL BOTADERO MUNICIPAL  
A CADILLA CANCHARANI DEL TRAMO KM 01000 AL 21950, PUNO"

Es un tema original.

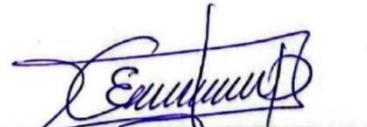
Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales,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

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

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

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

Puno 06 de NOVIEMBRE del 20 24

  
FIRMA (obligatoria)





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

Por el presente documento, Yo EDUARDO PILCO COTRADO,  
identificado con DNI 75762740 en mi condición de egresado de:

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

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA TOPOGRAFICA Y AGRIMENSURA  
informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación denominada:

"COMPARACION DE VOLUMEN DE MOVIMIENTO DE TIERRAS EMPLEANDO  
VEHICULO AEREO NO TRIPULADO Y METODO CONVENCIONAL DEL BOTADERO  
MUNICIPAL A CAPILLA CANCHARONI DEL TRAMO KM 01000 AL 21950, PUNO "

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

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

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

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

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

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

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

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 06 de Noviembre del 2024

  
FIRMA (obligatoria)

