



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



**ANÁLISIS DE MOVIMIENTO DE TIERRA EN LA VÍA**  
**PISACOMA – CAPASO CON DIFERENTES EQUIPOS**  
**TOPOGRÁFICOS**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**Bach. ALEX TICONA TICONA**

**Bach. WILLIAM RENE LOPE MAMANI**

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

**PUNO – PERÚ**

**2022**



## DEDICATORIA

*A mis padres, Cipriano y Sebastiana, por su apoyo incondicional a lo largo de mi formación profesional y por depositar su total confianza en mí.*

*A mis hermanos Yossimar, Franke, Yeny, Yuli, José Manuel, por el apoyo y sus contribuciones y sus tiempos para hacer posible el objetivo de este trabajo.*

*Me siento profundamente agradecido a con mis amigos que se han cruzado en mi vida y me han inspirado, para que se realice esta presente tesis.*

*A mi compañero William René por su gran entusiasmo, responsabilidad y perseverancia demostrada hasta finalizar la presente tesis.*

*A nuestro creador quien me guía y acompaña en todo momento.*

*Alex TICONA TICONA.*



## DEDICATORIA

*En reconociendo y comprensión, apoyo y cariño mostrado en los momentos más críticos, dedico este trabajo a mis padres Juan Lope y Simona Mamani, como a mis hermanos Walter Lope, Rolando Lope, Mercedes Lope y a mi cuñado Roy Quispe, por el apoyo incondicional que siempre demostraron para conmigo en especial para la culminación de mis estudios.*

*A los docentes de la carrera profesional de ingeniería topográfica y agrimensura, quienes me inculcaron ser un buen profesional en lo moral y técnico durante los 5 años de formación profesional.*

*Como también a mis compañeros de estudios en especial a Darwin Aroapaza y Alex Ticona, por su apoyo incondicional en gratitud a la amistad que juntos compartimos durante los años de estudios.*

*William Rene LOPE MAMANI.*



## AGRADECIMIENTO

*En gratitud a la labor que cumple nuestra alma mater universidad nacional del altiplano, formando profesionales de ingeniería topográfica y agrimensura herederos del futuro de nuestra región puno.*

*En agradecimiento a la labor que cumplen los docentes de la escuela profesional de ingeniería topográfica y agrimensura muy en especial a nuestro director Ing. Arturo Joels Ventura Mamani y a nuestros jurados por el apoyo y recomendaciones en la elaboración de este proyecto de tesis.*

*A la empresa CONSORCIO ALVAC ARAMSA, muy en especial al ingeniero Edwin Chambi que nos facilitó los datos necesarios para empezar con nuestro proyecto, al ingeniero Gerber Ramos por apoyado con su equipo Escáner Laser 3D, a nuestros compañeros de carpeta Darwin Aroapaza, Alex Cruz Chique y Vidal Choquehuanca, por habernos apoyado en los trabajos en campo realizado.*

*A todos los amigos y compañeros de estudios que de una u otra manera apoyaron la ejecución del presente proyecto de tesis.*

*Alex TICONA y William Rene LOPE.*



# ÍNDICE GENERAL

**DEDICATORIA**

**AGRADECIMIENTO**

**ÍNDICE GENERAL**

**ÍNDICE DE TABLAS**

**ÍNDICE DE FIGURAS**

**ÍNDICE DE ACRÓNIMOS**

**RESUMEN ..... 21**

**ABSTRACT..... 22**

## **CAPITULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

**1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... 24**

1.1.1. Problema general ..... 25

1.1.2. Problemas específicos ..... 26

**1.2. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN ..... 26**

**1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN ..... 26**

**1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN ..... 27**

1.4.1. Objetivo general ..... 27

1.4.2. Objetivos específicos ..... 27

## **CAPITULO II**

### **REVISIÓN DE LITERATURA**

**2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN ..... 28**

2.1.1. A nivel internacional ..... 28

2.1.2. A nivel nacional ..... 28

2.1.3. A nivel local ..... 29

**2.2. MARCO TEÓRICO ..... 31**



2.2.1. Topografía.....	31
2.2.2. Sistema de Proyección UTM .....	32
2.2.3. Datum WGS 84.....	32
2.2.4. Representación de la Superficie del Terreno .....	33
2.2.5. Poligonación .....	34
2.2.6. Captura de Datos.....	35
2.2.7. Levantamiento con escáner Laser .....	36
2.2.8. Escáner Faro Focus 3D y su Método .....	37
2.2.9. Funcionamiento del Focus 3D .....	38
2.2.10. Método de Escaneo .....	39
2.2.11. Target o Dianas .....	39
2.2.12. GPS Diferencial.....	40
2.2.13. Métodos Directos: alfileros, GPS y estaciones topográficas.....	42
2.2.14. Levantamientos topográficos método tradicional .....	42
2.2.15. Método de Radiación .....	43
2.2.16. Estación Total Electrónica .....	44
2.2.17. Nivel de Ingeniero .....	45
2.2.18. Civil 3D .....	46
2.2.19. Carretera .....	46
2.2.20. Carretera trocha carrozable .....	47
2.2.21. Movimiento de tierras en carreteras .....	47
2.2.22. Volumen de tierra.....	48

### **CAPITULO III**

#### **MATERIALES Y MÉTODOS**

<b>3.1. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....</b>	<b>49</b>
3.1.1. Ubicación geográfica .....	49
3.1.2. Ubicación política .....	49



3.1.3. Ubicación de puntos geodésicos .....	53
3.1.4. Ubicación geográfica del tramo .....	54
3.1.5. Extensión superficial.....	54
3.1.6. Límite.....	54
3.1.7. Vías de acceso.....	54
<b>3.2. MATERIALES, INSTRUMENTOS Y EQUIPOS UTILIZADOS.....</b>	<b>55</b>
3.2.1. Materiales.....	55
3.2.2. Equipos y Herramientas:.....	56
3.2.3. Recurso Utilizado en Gabinete .....	57
3.2.4. Software .....	57
3.2.5. Área de Influencia.....	58
<b>3.3. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>58</b>
3.3.1. Tipo de investigación.....	60
3.3.2. Diseño de investigación: .....	61
3.3.3. Variables.....	61
<b>3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA DE ESTUDIO .....</b>	<b>62</b>
3.4.1. Población .....	62
3.4.2. Muestra .....	62
<b>3.5. PROCEDIMIENTOS.....</b>	<b>62</b>
3.5.1. Proceso Metodológico .....	63
3.5.2. Trabajo Inicial.....	63
3.5.3. Trabajos realizados en campo.....	65
3.5.4. Colocación de puntos de control.....	66
3.5.5. Presentación de Secciones Típicas para los tres Instrumentos Utilizados ...	68
<b>3.6. PROCEDIMIENTOS PARA CÁLCULO DE VOLUMEN CON ESCÁNER LASER 3D.....</b>	<b>68</b>
3.6.1. Levantamiento Topográfico con escáner Laser 3D .....	68



<b>3.7. PROCEDIMIENTOS PARA CÁLCULO DE VOLUMEN CON ESTACION</b>	
<b>TOTAL.....</b>	<b>81</b>
3.7.1. Levantamiento Topográfico con Estación Total.....	81
<b>3.8. PROCEDIMIENTOS PARA CÁLCULO DE VOLUMEN CON NIVEL DE</b>	
<b>INGENIERO.....</b>	<b>89</b>
3.8.1. Levantamiento con Nivel de Ingeniero.....	89
<b>3.9. COMPARACIÓN DE SECCIONES.....</b>	<b>100</b>
<b>3.10. COSTO DE VOLUMEN EN SECCIONES GENERADAS SEGÚN CADA</b>	
<b>EQUIPO.....</b>	<b>102</b>

#### **CAPITULO IV**

#### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

<b>4.1. RESULTADOS.....</b>	<b>106</b>
4.1.1. Comparación de Resultados para el Objetivo Específico 1 .....	106
4.1.2. Análisis de resultados de volúmenes en costos para el objetivo específico 2 .	
.....	<b>139</b>
<b>4.2. DISCUSIONES.....</b>	<b>142</b>
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>145</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>147</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>148</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>155</b>

**ÁREA :** Vías de transporte

**TEMA:** Diseño de vías y gerencia de vías

**FECHA DE SUSTENTACIÓN: 03 de agosto del 2022**



## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
<b>Tabla 1</b> Puntos Geodésicos .....	53
<b>Tabla 2</b> Ubicación geográfica del Tramo.....	54
<b>Tabla 3</b> Materiales e Instrumentos .....	55
<b>Tabla 4</b> Equipos y Herramientas .....	56
<b>Tabla 5</b> Recurso Utilizado en Gabinete .....	57
<b>Tabla 6</b> Variables de la Investigación .....	61
<b>Tabla 7</b> Puntos Auxiliares para la Poligonal con Estación Total.....	67
<b>Tabla 8</b> Resumen de Volumen de Corte y en cada 20 metros con Escáner Laser 3d. .....	78
<b>Tabla 9</b> Resumen de Volumen de Relleno y en cada 20 metros con Escáner Laser 3d .....	80
<b>Tabla 10</b> Leyenda de Códigos de Levantamiento .....	82
<b>Tabla 11</b> Resumen de volumen de Corte a cada 20 metros con estación total .....	86
<b>Tabla 12</b> Resumen de volumen de Relleno a cada 20 metros con estación total.....	88
<b>Tabla 13</b> Calculo la Distancia Horizontal Utilizando las Lecturas de los hilos Superior e Inferior.....	91
<b>Tabla 14</b> Cálculo del acimut verdadero .....	91
<b>Tabla 15</b> Calcula para Encontrar el Segundo Acimut Calcularemos el Contra Acimut luego Sumaremos los Ángulos Horizontales .....	92
<b>Tabla 16</b> Cálculo del Incremento norte y este de cada punto Sumándolos a las Coordenadas Norte.....	92
<b>Tabla 17</b> Leyenda de Códigos de Levantamiento .....	94
<b>Tabla 18</b> Resumen de volumen de Corte a cada 20 metros con nivel de ingeniero....	97



<b>Tabla 19</b>	Resumen de Volumen de Relleno a cada 20 metros con Nivel de Ingeniero .....	99
<b>Tabla 20</b>	Cuadro de resultados volumen de corte y relleno .....	102
<b>Tabla 21</b>	Volumen de Movimiento de Tierra en Corte de 500 metros con escáner laser 3d.....	102
<b>Tabla 22</b>	Volumen de Movimiento de Tierra en Corte de 500 metros con estación total .....	103
<b>Tabla 23</b>	Volumen de Movimiento de Tierra en Corte de 500 metros con nivel de ingeniero .....	103
<b>Tabla 24</b>	Volumen de Movimiento de Tierra en Relleno de 500 metros con escáner laser 3d .....	104
<b>Tabla 25</b>	Volumen de Movimiento de Tierra en Relleno de 500 metros con estación total .....	104
<b>Tabla 26</b>	Volumen de Movimiento de Tierra en Relleno de 500 metros con nivel de ingeniero .....	105
<b>Tabla 27</b>	Datos obtenidos en corte secciones a 1 metro .....	107
<b>Tabla 28</b>	Análisis de Varianza y Prueba de las Mediciones del Volumen en Movimiento de Tierras según tres Equipos Topográficos para Secciones de 1 metro en corte .....	108
<b>Tabla 29</b>	Comparación de TukeyHSD de las Mediciones del Volumen en Movimiento de Tierras Según tres Equipos Topográficos para Secciones de 1 metro en Corte.....	108
<b>Tabla 30</b>	Prueba de Promedios Test HSD a Secciones de Corte de 1 metro .....	109
<b>Tabla 31</b>	Cuadro de Tratamientos .....	109



<b>Tabla 32</b>	Pruebas de Normalidad de las Mediciones del Volumen en Movimiento de Tierras según tres Equipos Topográficos para Secciones de 1 metro corte. .....	110
<b>Tabla 33</b>	Pruebas de Homogeneidad de Varianza de las Mediciones del Volumen en Movimiento de Tierras según tres Equipos Topográficos para Secciones de 1 metro en Corte.....	110
<b>Tabla 34</b>	Datos obtenidos en relleno secciones a 1 metro .....	111
<b>Tabla 35</b>	Análisis de Varianza y Prueba de las Mediciones del Volumen en Movimiento de Tierras según tres Equipos Topográficos para Secciones de 1 metro en Relleno .....	112
<b>Tabla 36</b>	Comparación de TukeyHSD de las Mediciones del Volumen en Movimiento de Tierras Según tres Equipos Topográficos para Secciones de 1 metro en Relleno .....	112
<b>Tabla 37</b>	Prueba de Promedios Test HSD a Secciones de Relleno de 1 metro.....	113
<b>Tabla 38</b>	Cuadro de Tratamientos .....	113
<b>Tabla 39</b>	Pruebas de Normalidad de las Mediciones del Volumen en Movimiento de Tierras según tres Equipos Topográficos para Secciones de 1 metro Relleno .....	114
<b>Tabla 40</b>	Pruebas de Homogeneidad de Varianza de las Mediciones del Volumen en Movimiento de Tierras según tres Equipos Topográficos para Secciones de 1 metro en Relleno .....	114
<b>Tabla 41</b>	Datos obtenidos en corte secciones a 5 metros .....	115
<b>Tabla 42</b>	Análisis de Varianza y Prueba de las Mediciones del Volumen en Movimiento de Tierras según tres Equipos Topográficos para Secciones de 5 metros en corte .....	116



<b>Tabla 43</b>	Comparación de TukeyHSD de las Mediciones del Volumen en Movimiento de Tierras Según tres Equipos Topográficos para Secciones de 5 metros en Corte.....	116
<b>Tabla 44</b>	Prueba de Promedios Test HSD a Secciones de Corte de 5 metros .....	117
<b>Tabla 45</b>	Cuadro de Tratamientos .....	117
<b>Tabla 46</b>	Pruebas de Normalidad de las Mediciones del Volumen en Movimiento de Tierras según tres Equipos Topográficos para Secciones de 5 metros corte. ....	118
<b>Tabla 47</b>	Pruebas de Homogeneidad de Varianza de las Mediciones del Volumen en Movimiento de Tierras según tres Equipos Topográficos para Secciones de 5 metros en Corte .....	118
<b>Tabla 48</b>	Datos obtenidos en relleno secciones a 5 metros.....	119
<b>Tabla 49</b>	Análisis de Varianza y Prueba de las Mediciones del Volumen en Movimiento de Tierras según tres Equipos Topográficos para Secciones de 5 metros en Relleno .....	120
<b>Tabla 50</b>	Comparación de TukeyHSD de las Mediciones del Volumen en Movimiento de Tierras Según tres Equipos Topográficos para Secciones de 5 metros en Relleno .....	120
<b>Tabla 51</b>	Prueba de Promedios Test HSD a Secciones de Relleno de 5 metros .....	121
<b>Tabla 52</b>	Cuadro de Tratamientos .....	121
<b>Tabla 53</b>	Pruebas de Normalidad de las Mediciones del Volumen en Movimiento de Tierras según tres Equipos Topográficos para Secciones de 5 metros Relleno .....	121



<b>Tabla 54</b>	Pruebas de Homogeneidad de Varianza de las Mediciones del Volumen en Movimiento de Tierras según tres Equipos Topográficos para Secciones de 5 metros en Relleno .....	122
<b>Tabla 55</b>	Datos obtenidos en corte secciones a 10 metros .....	123
<b>Tabla 56</b>	Análisis de Varianza y Prueba de las Mediciones del Volumen en Movimiento de Tierras según tres Equipos Topográficos para Secciones de 10 metros en corte .....	124
<b>Tabla 57</b>	Comparación de TukeyHSD de las Mediciones del Volumen en Movimiento de Tierras Según tres Equipos Topográficos para Secciones de 10 metros en Corte.....	125
<b>Tabla 58</b>	Prueba de Promedios Test HSD a Secciones de Corte de 10 metros.....	125
<b>Tabla 59</b>	Cuadro de Tratamientos .....	125
<b>Tabla 60</b>	Pruebas de Normalidad de las Mediciones del Volumen en Movimiento de Tierras según tres Equipos Topográficos para Secciones de 10 metros corte. ....	126
<b>Tabla 61</b>	Pruebas de Homogeneidad de Varianza de las Mediciones del Volumen en Movimiento de Tierras según tres Equipos Topográficos para Secciones de 10 metros en Corte .....	126
<b>Tabla 62</b>	Datos obtenidos en relleno secciones a 10 metros.....	127
<b>Tabla 63</b>	Análisis de Varianza y Prueba de las Mediciones del Volumen en Movimiento de Tierras según tres Equipos Topográficos para Secciones de 10 metros en Relleno .....	128
<b>Tabla 64</b>	Comparación de TukeyHSD de las Mediciones del Volumen en Movimiento de Tierras Según tres Equipos Topográficos para Secciones de 10 metros en Relleno .....	129



<b>Tabla 65</b>	Prueba de Promedios Test HSD a Secciones de Relleno de 10 metros .....	129
<b>Tabla 66</b>	Cuadro de Tratamientos .....	129
<b>Tabla 67</b>	Pruebas de Normalidad de las Mediciones del Volumen en Movimiento de Tierras según tres Equipos Topográficos para Secciones de 10 metros Relleno .....	130
<b>Tabla 68</b>	Pruebas de Homogeneidad de Varianza de las Mediciones del Volumen en Movimiento de Tierras según tres Equipos Topográficos para Secciones de 10 metros en Relleno .....	130
<b>Tabla 69</b>	Datos obtenidos en corte secciones a 20 metros .....	131
<b>Tabla 70</b>	Análisis de Varianza y Prueba de las Mediciones del Volumen en Movimiento de Tierras según tres Equipos Topográficos para Secciones de 20 metros en corte .....	132
<b>Tabla 71</b>	Comparación de TukeyHSD de las Mediciones del Volumen en Movimiento de Tierras Según tres Equipos Topográficos para Secciones de 20 metros en Corte.....	133
<b>Tabla 72</b>	Prueba de Promedios Test HSD a Secciones de Corte de 20 metros.....	133
<b>Tabla 73</b>	Cuadro de Tratamientos .....	133
<b>Tabla 74</b>	Pruebas de Normalidad de las Mediciones del Volumen en Movimiento de Tierras según tres Equipos Topográficos para Secciones de 20 metro corte. ....	134
<b>Tabla 75</b>	Pruebas de Homogeneidad de Varianza de las Mediciones del Volumen en Movimiento de Tierras según tres Equipos Topográficos para Secciones de 20 metro en Corte.....	134
<b>Tabla 76</b>	Datos obtenidos en relleno secciones a 20 metros .....	135



<b>Tabla 77</b>	Análisis de Varianza y Prueba de las Mediciones del Volumen en Movimiento de Tierras según tres Equipos Topográficos para Secciones de 20 metros en Relleno .....	136
<b>Tabla 78</b>	Comparación de TukeyHSD de las Mediciones del Volumen en Movimiento de Tierras Según tres Equipos Topográficos para Secciones de 20 metros en Relleno .....	137
<b>Tabla 79</b>	Prueba de Promedios Test HSD a Secciones de Relleno de 20 metros .....	137
<b>Tabla 80</b>	Cuadro de Tratamientos .....	137
<b>Tabla 81</b>	Pruebas de Normalidad de las Mediciones del Volumen en Movimiento de Tierras según tres Equipos Topográficos para Secciones de 20 metros Relleno .....	138
<b>Tabla 82</b>	Pruebas de Homogeneidad de Varianza de las Mediciones del Volumen en Movimiento de Tierras según tres Equipos Topográficos para Secciones de 20 metros en Relleno .....	138
<b>Tabla 83</b>	Discusiones entre autores .....	142



## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 1</b> Representación Topográfica.....	32
<b>Figura 2</b> Poligonación Abierta.....	35
<b>Figura 3</b> Métodos de Captura de Datos para la Construcción del modelo Digital del Terreno.....	36
<b>Figura 4</b> Imágenes y Nube de Puntos Tomadas con Escáner.....	37
<b>Figura 5</b> Escáner Láser Faro Focus 3D.....	38
<b>Figura 6</b> Rotación vertical y horizontal.....	39
<b>Figura 7</b> Tipos de dinas artificiales (target).....	40
<b>Figura 8</b> Levantamiento Topográfico por Radiación.....	44
<b>Figura 9</b> Estación Total Modelo GTS 102N.....	45
<b>Figura 10</b> Nivel de Ingeniero.....	46
<b>Figura 11</b> Diagrama de Actividades.....	48
<b>Figura 12</b> Plano de Ubicación Regional.....	50
<b>Figura 13</b> Plano de Ubicación Provincial.....	51
<b>Figura 14</b> Plano de Localización.....	52
<b>Figura 15</b> Ubicación de los Puntos de Control.....	53
<b>Figura 16</b> Ubicación del Área de Investigación.....	58
<b>Figura 17</b> Metodología de investigación científica.....	59
<b>Figura 18</b> Como elegir la prueba estadística adecuada.....	60
<b>Figura 19</b> Diagrama de Flujo de Investigación.....	63
<b>Figura 20</b> Trabajo Inicial.....	64
<b>Figura 21</b> Trabajos de Campo.....	64
<b>Figura 22</b> Trabajos de Gabinete.....	65



<b>Figura 23</b>	Colocación de Puntos de Control GPS 9A .....	66
<b>Figura 24</b>	Colocación de Puntos de Control GPS 10A .....	67
<b>Figura 25</b>	Sección Típica para Todos los Diseños .....	68
<b>Figura 26</b>	Levantamiento Topográfico con escáner Laser 3D .....	69
<b>Figura 27</b>	Instalación de target en el Punto de Control.....	72
<b>Figura 28</b>	Exportación de Nube de Puntos en Formato. Rcp.....	73
<b>Figura 29</b>	Visualización del escáner Laser 3D.....	74
<b>Figura 30</b>	Puntos de Estacionamiento del escáner .....	74
<b>Figura 31</b>	Importación de Puntos a Autocad Civil y Generación de Curvas de Nivel .....	75
<b>Figura 32</b>	Generación de la superficie a Partir de los Puntos .....	76
<b>Figura 33</b>	Creación del Alineamiento .....	76
<b>Figura 34</b>	Volúmenes de corte (m3) con escáner laser 3D .....	79
<b>Figura 35</b>	Volúmenes de Relleno (m3) con escáner laser 3D.....	81
<b>Figura 36</b>	Levantamiento topográfico.....	82
<b>Figura 37</b>	Importación de Puntos del Levantamiento Topográfico con Estacio Total .....	84
<b>Figura 38</b>	Creación de la Triangulación de la Superficie Topográfica.....	84
<b>Figura 39</b>	Creación del Alineamiento .....	85
<b>Figura 40</b>	Volúmenes de Corte (m3) con estación total.....	87
<b>Figura 41</b>	Volúmenes de Relleno (m3) con estación total .....	89
<b>Figura 42</b>	Levantamiento con Nivel de Ingeniero .....	90
<b>Figura 43</b>	Puntos de Cambio del Levantamiento Topográfico con nivel de Ingeniero .....	93
<b>Figura 44</b>	Procesamiento de Datos del Nivel de Ingeniero.....	95



<b>Figura 45</b>	Se Muestra la Creación del Triangulación de la Superficie Topográfica..	95
<b>Figura 46</b>	Creación de Alineamiento .....	96
<b>Figura 47</b>	Volúmenes de Corte (m3) con nivel de ingeniero .....	98
<b>Figura 48</b>	Volúmenes de Relleno (m3) con nivel de ingeniero .....	100
<b>Figura 49</b>	Sección a 1metro con escáner laser 3D .....	100
<b>Figura 50</b>	Sección a 1metro con estación total. ....	101
<b>Figura 51</b>	Sección a 1metro con nivel de ingeniero.....	101
<b>Figura 52</b>	Precio de volúmenes en corte según cada equipo topográfico .....	139
<b>Figura 53</b>	Precio de volúmenes en relleno según cada equipo topográfico .....	140



## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

MDT	: Modelo Digital de Terreno
SPSS	: Paquete Estadístico para las Ciencias Sociales (Statistical Package for Social Sciences)
GPS	: Sistema de posición global (Global positioning system).
PPP	: Posicionamiento Preciso de Puntos (Precise Point Positioning)
LIDAR	: Medición y detección por luz y distancia
UTM	: Universal Transverse Mercator
WGS-84	: Sistema geodésico mundial 1984 (World geodetic system 84)
MDT	: Modelo Digital de Terreno
GPS	: Sistema de posición global (Global positioning system).
MTC	: Ministerio de Transportes y Comunicaciones
IMDA	: Índice Medio Diario
RTK	: Cinemático en tiempo real (Real time kinematic).
C.V.	: Comparación volumétrica
M.T.	: Método tradicional
D.S.	: Diferencia de superficies
BIM	: Building information modeling



## RESUMEN

El proyecto de investigación tiene por objetivo del análisis de movimiento de tierra en la vía Pisacoma – Capaso con diferentes equipos topográficos. Se comparó el cálculo de volumen en movimiento de tierras en secciones de 1,5,10 y 20 metros, en lo cual se plantó realizar con tres equipos topográficos (Scanner Laser 3D, estación total, nivel de ingeniero). El método es de nivel descriptivo analítico, siendo un diseño experimental longitudinal. El levantamiento de la carretera mejoramiento y conservación vial Pisacoma a Capaso 0+000 al km 1+065 de la región Puno – 2022. Para el post proceso se ha utilizado el software especializado, Autodesk Civil 3D, con la finalidad de obtener la superficie topográfica para realizar el diseño geométrico existente de la carretera en mantenimiento que pertenece a tipo carretera trocha carrozable con la finalidad de generar una superficie. Para la muestra se toma del Km 0+200 hasta 0+700 de las tres superficies y se procede a calcular el volumen de movimiento de tierras en gabinete con los volúmenes obtenidas mediante secciones generadas de estimaciones por promedio de áreas de corte y relleno, luego se hizo el análisis de costo de volumen obtenidos con los equipos topográficos para garantizar resultados óptimos y realizar comparaciones. Concluyendo estadísticamente los resultados de volúmenes de corte y relleno de 1 metro tienen mayor confiabilidad al 95%, obtenida con el instrumento topográfico escáner Laser 3D, así mismo los volúmenes obtenidos de corte y relleno a 5,10 y 20 metros son similares estadísticamente. En cuanto al análisis de costos de volumen de movimiento de tierra los resultados con el equipo escáner laser 3D, en volúmenes obtenidos en 1,5,10 y 20 metros son mayores a comparación de los demás instrumentos.

**Palabras Clave:** Cálculos de volúmenes, escáner Laser 3D, estación total, nivel de ingeniero, vía.



## ABSTRACT

The research project aims to analyze the movement of earth on the Pisacoma – Capaso road with different topographic equipment. The calculation of volume in earthmoving in sections of 1,5,10 and 20 meters was compared, in which it was planted or carried out with three topographic equipment (Scanner Laser 3D, total station, engineer level). The method is of analytical descriptive level, being a longitudinal experimental design. The lifting of the road improvement and road conservation Pisacoma to Capaso 0+000 to km 1+065 of the Puno region – 2022. For the post-process, the specialized software, Autodesk Civil 3D, has been used in order to obtain the topographic surface to carry out the existing geometric design of the road under maintenance that belongs to the road type trocha carrozable in order to generate a surface. For the sample, the volume of earthworks in cabinet is calculated with the volume obtained through sections generated from estimates by average of cutting and filling areas is calculated, then the volume of volumes obtained with the topographic equipment was calculated to guarantee optimal results and make comparisons. Statistically concluding the results of cutting and filling volumes of 1 meter have greater reliability at 95%, obtained with the topographic instrument 3D Laser scanner, likewise the volumes obtained from cutting and filling at 5.10 and 20 meters are statistically similar. As for the analysis of earthmoving volume costs, the results with the 3D laser scanner equipment, in volumes obtained in 1,5,10 and 20 meters are higher compared to the other instruments.

**Keywords:** Volume calculations, 3D Laser scanner, total station, engineer level, track.



# CAPITULO I

## INTRODUCCIÓN

En la elaboración de proyectos de desarrollo lineal como son vías carreteras, en el Perú se aplican procedimientos para calcular el movimiento de tierra en las carreteras, estimar el promedio del área de corte y relleno multiplicado por la longitud entre las secciones entre dos tramos consecutivos de progresivas, lo que minimiza la variación de volumen que pueda existir entre dos tramos sucesivos.

En el presente proyecto se ha comparado los volúmenes de movimiento de tierra en secciones generadas a 1,5,10 y 20 metros, a partir de los datos obtenidos con diferentes equipos topográficos en la vía de mantenimiento Pisacoma – Capaso siendo una vía existente en ladera, teniendo un ancho total de 4 metros que pertenece a una carretera trocha carrozable. Para sus metrados y costos a mayor precisión y beneficios para ser utilizados en futuros proyectos de carreteras. En movimiento de tierras para el levantamiento topográfico con la utilización de equipo escáner Laser 3D. Con datos de precisión y medición en forma detallada, con menos tiempo en la recopilación de datos y el nivel de detalle de los datos recopilados. En comparación con los métodos tradicionales, mediante Estación Total y nivel de ingeniero presentan algunas limitaciones que reducen su grado de precisión y tiempo.

Se llegó a la deducción completa y clara de un equipo topográfico, para el cálculo volumen de movimiento de tierras, que nos permitirá comparar con otros equipos como estación total, nivel de ingeniero y escáner Laser 3D determinando diferencia entre ellos, describir sus ventajas e inconvenientes, a continuación, explicar cuál de ellos es más preciso a la hora de calcular el volumen del movimiento de tierras, elaborando el diseño geométrico de la carretera existente.



Los trabajos realizados en campo son como la georreferenciación de la zona de estudio con GPS diferencial la determinación de coordenadas con estación total, nivel de ingeniero y escáner láser 3D, el trabajo de, gabinete, la georreferenciación de la nube de puntos, el procesamiento y el análisis con los programas Scenev 7.1, Autocad ReCap y Autocad Civil 3D.

En este proyecto de investigación se plantea llegar a la confiabilidad de precisión de un solo equipo, que nos permita obtener volúmenes reales para realizar los metrados y costos en obras viales.

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

El proyecto de investigación actual está enfocado en cálculo de volúmenes en las carreteras de la Región, que está constituido por un sistema de tramos viales que se integran a través de una Red de Carreteras, estos tramos presentan limitaciones en el nivel de servicio que deben prestar y en especial, grandes deterioros en la superficie de rodadura por las condiciones producidas en gran medida por razones climatológicas lo que hace. También su mantenimiento es muy limitado y se toma costoso precisamente por las limitaciones que presentan sus características superficiales. El volumen de movimiento de tierra en muchos proyectos de carretera siempre pide adicional de obra y mayores metrados en la partida de volúmenes de movimiento tierra, debido a que muchas veces los levantamientos no se realizan detalladamente posterior a eso se hace un mal cálculo de volumen, causando dificultades en las ejecuciones de las obras viales.

Castro Turca, (2018) A la hora de realizar el cálculo de volúmenes es crucial una buena representación de la superficie terrestre.

Ramírez León, (2018) Para el cálculo de cantidades de obra y presupuestos por parte de empresas de constructoras y consultoras ha sido primordial la



aplicación de la metodología tradicional, que consiste en planos elaborados en CAD, para lo cual, los presupuestos y los metrados de obra, están sujetos a diversos errores.

Según Ccosi Cahuana, (2017), la topografía tradicional realiza por medio de secciones transversales en intervalos de distancia de acuerdo al detalle que se requiere, dónde se asume que el sector entre abscisas es homogéneo, es decir, estos espacios son tomados como una superficie con pendientes promediados.

Zapana Zapana, (2021) Los inconvenientes más frecuentes de los expedientes técnicos se localizan en la Memoria Descriptiva, Metrados, Especificaciones Técnicas y Estudios Básicos

Maquera Ccalle, (2022) Afirma que las entidades público y privadas tiene un grado de error en sus cálculos de volúmenes de corte y relleno en sus proyectos de infraestructura vial.

Alca Arpasi & Gutierrez Yana, (2021), en obras de infraestructura vial para el cálculo de volumen de movimiento de tierras, utilizan el método “Prisma de Carreteras” que estima mediante el promedio del área de corte y relleno con el producto por su distancia entre dos secciones de progresivas continuas, el cual afecta el volumen que puede haber entre la distancia de dos progresivas.

Teniendo las necesidades apropiadas para la investigación se proyecta los siguientes problemas:

### **1.1.1. Problema general**

¿Existe diferencias en el análisis de movimiento de tierra, con escáner Laser 3D en comparación con estación total y nivel de ingeniero?



### 1.1.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es el volumen de movimiento de tierra obtenida por levantamiento con escáner Laser 3D varían en comparación, con estación total y nivel de ingeniero en secciones de 1, 5, 10 y 20 metros?
- ¿Existe diferencias al analizar costos de cálculo de volumen de movimiento de tierra utilizando los tres equipos?

### 1.2. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

- $H_0$ : No hay diferencias de volúmenes en movimiento de tierras obtenida con los tres equipos topográficos, generadas en secciones de 1, 5, 10 y 20 metros.
- $H_a$ : Al menos un par de volúmenes en movimiento de tierras obtenida con los tres equipos topográficos, generadas en secciones de 1, 5, 10 y 20 metros son diferentes.

### 1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El propósito de esta investigación es la comparación volúmenes de movimiento de tierra en una carretera, utilizando nueva tecnología como el levantamiento con escáner Laser 3D, con respecto a los procesos desarrollados en la actualidad con la utilización de la topografía convencional con una estación total y nivel de ingeniero, y demostrar el nivel de precisión en proyectos de carretera.

Por qué muchas veces en las obras piden adicionales de obra por movimiento de tierras, la presente investigación mediante levantamiento topográfico escáner Laser 3D, nos ayudara a calcular el volumen de movimiento de tierra a gran precisión en la ejecución de la vía.

La información obtenida del levantamiento con escáner Laser 3D, ayudara al profesional a controlar mejor los volúmenes de movimiento de tierra en la vía.



El beneficio que se puede apreciar con la utilización del escáner Laser 3D, logrando una ventaja el tiempo y la precisión, lo que se busca en una vía es maximizar la recolección de datos y así obtener una superficie real del terreno, calcular en volumen de corte y relleno lo más exacto posible y así mismo ayudar al proyectista en la elaboración de proyectos.

## **1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.4.1. Objetivo general**

Análisis de movimiento de tierra en la vía Pisacoma - Capaso con diferentes equipos topográficos.

### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Comparar el volumen de movimiento de tierras obtenida por levantamiento con escáner Laser 3D, con estación total y nivel de ingeniero en secciones de 1, 5, 10, 20 metros.
- Estimar costos de la comparación de volumen de movimiento de tierra en secciones de 1, 5, 10, 20 metros en la vía Pisacoma – Capaso con diferentes equipos.



## CAPITULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

##### 2.1.1. A nivel internacional

Castro Turga, (2018), el autor se centra principalmente en el “cálculo de los volúmenes de acopios en la cantera El aljibe- Almonacid Toledo”, En el momento de hacer el cálculo de volúmenes en la cantera es determinante una buena representación del modelo digital de terreno. En la actualidad en la minería los levantamientos topográficos convencionales se hacen por medio de instrumentos ópticos, como por ejemplo una estación total, y por medio de métodos satelitales, así como levantamientos aéreos a través de la captura de imágenes o mediante un escáner laser. La escasa cobertura de los procedimientos clásicos provoca que no sea una solución óptima para el plan debido a que necesita comprender un área amplia y compleja. sin embargo, la fotogrametría aérea por medio de aeronaves tripuladas necesita grandes extensiones para que su uso resulte rentable. En su conclusión nos dice que, para el cálculo de volúmenes de acopio en la cantera, el método de fotogrametría aérea es el método más eficiente económica y técnicamente.

##### 2.1.2. A nivel nacional

De La Cruz Huamani, (2019), En su investigación “Análisis e Implementación de Levantamiento Topográfico por Método Lidar Para Proyectos Viales, Modelamiento de Superficie y Validación de Cálculos con Precise Point Positioning (PPP)” nos dice que con el progreso de la tecnología es cada vez más aceptado en nuestro País en el campo de la geomática, y es necesario sacar



máximo provecho posible en su empleo en proyectos viales. Por ello, la finalidad del estudio es evaluar el huso del levantamiento topográfico por el método LIDAR procesando con Precise Point Positioning para determinar sus beneficios en los levantamientos topográficos de una vía. Para ello se ha realizado el proceso de los datos de vuelo LIDAR, el análisis de los resultados del procesamiento con Precise Point Positioning (PPP) y la comparación del Modelo Digital del Terreno creado desde el procesamiento con PPP, con el objetivo de demostrar que es viable obtener un resultado requerido para una cartografía 1:1000, para ser usado en los estudios de factibilidad y perfil de un proyecto vial de acuerdo a los resultados aceptables conseguidos. En su conclusión menciona que el levantamiento LIDAR ofrece un mejor espaciamiento de puntos en comparación con los métodos tradicional y su contenido de mayor cobertura proporciona y contribuye la información para otras especialidades cálculo de movimiento de tierra que requieren topografía e imagen de alta calidad.

### **2.1.3. A nivel local**

Maquera Ccalle, (2022) en su investigación “Comparación de volúmenes de movimiento de tierras obtenidos por el método tradicional y BIM en el diseño geométrico de la carretera Huaquina - Chucasuyo km 5+000 al km 12+500 Juli, Chucuito, Puno” determina los volúmenes de corte y relleno por el método tradicional en secciones de 10, 5, 1, 0.5 y 0.25 metros, donde afirma la lógica que a menor distancia sean las secciones para cálculo de volúmenes se adapta mejor a la superficie del terreno. concluye que la metodología BIM permite obtener con mayor precisión los volúmenes de movimiento de tierras

Alca Arpasi & Gutierrez Yana, (2021), en su investigación “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” está impulsada por la validación de un método alternativo para el cálculo del volumen de movimiento de tierras. Para el análisis, se han tenido en cuenta tanto el levantamiento con fotogrametría con Drone y con estación total. Obtenida una superficie real de terreno y la superficie de vía proyectada, se divide la vía en tramos de 100 metros donde cada tramo es una muestra y se procede a calcular el volumen de movimiento de tierras, tanto por el método propuesto de diferencia de superficies que considera toda la superficie y el método de prisma de carreteras que consiste en la estimación por promedio de áreas de corte y relleno en cada progresiva multiplicada por la distancia entre ellos. Una vez obtenida la superficie del terreno y la superficie proyectada de la carretera, ésta se divide en distancias de 100 metros de longitud, cada distancia es una muestra y se calcula el volumen de movimiento de tierras mediante dos métodos prisma de carreteras y diferencia de superficies, que consiste en la estimación por promedio de áreas de corte y relleno en cada progresiva multiplicada por la distancia. Concluye que el volumen de movimiento de tierras en carreteras, generado del método de diferencia de superficies, representa el volumen real de movimiento de tierras debido a que no subestima información en intermedio de dos progresivas consecutivas y garantiza mayor precisión en metrados y presupuesto de obras viales en comparación a los resultados obtenidos con el método de prisma de carreteras. carreteras.

Lipa Mamani , (2020), en su tesis “comparación volumétrica de agregados con vehículo aéreo no tripulado y escáner en la cantera Cutimbo” utilizando vehículo aéreo no tripulado de ala fija y un escáner topográfico 3D, comparar el cálculo volumétrico de los agregados naturales de la cantera de Cutimbo. Determinar el tiempo que se tardó en recoger datos de la cantera Cutimbo



utilizando vehículo aéreo no tripulado de ala fija en comparación con un escáner topográfico tridimensional (3D). Además, determinar el costo del trabajo de campo de la vehículo aéreo no tripulado de ala fija en comparación con un escáner topográfico 3D. Como resultado, tenemos un cálculo volumétrico determinado de agregados naturales de la cantera Cutimbo, así como los datos del vehículo aéreo no tripulado de ala fija y Escáner topográfico 3D Faro. Al comparar los volúmenes calculados, estadísticamente hablando, no hay mucha diferencia entre ellos, y los costos de alquiler de los equipos que se necesitaron para llevar a cabo todo el trabajo de campo también difieren.

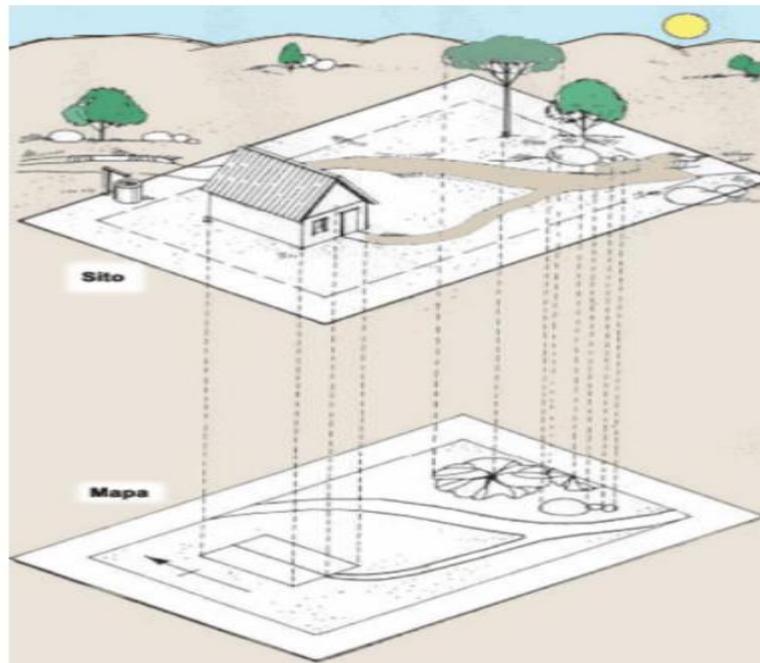
## **2.2. MARCO TEÓRICO**

### **2.2.1. Topografía**

Wolf & Ghilani , (2016), Se define como la ciencia, el arte y la tecnología de encontrar o determinar las posiciones relativas de los puntos que quedan en la superficie de la Tierra. La topografía puede considerarse como el sistema que incluye todos los métodos de medición, procesamiento y difusión de información sobre la Tierra y nuestro entorno. Hoy en día, la importancia de medir y verificar nuestro medio ambiente se ha vuelto vital a medida que crece la población, aumenta el valor de la tierra, se agotan nuestros recursos naturales y aumentan las actividades, y las actividades humanas continúan contaminando nuestra tierra, agua y aire. Los topógrafos de hoy pueden medir y monitorear la Tierra y sus recursos naturales a escala global. El uso de tecnologías modernas de tierra, aéreas y por satélite, así como computadoras para el procesamiento de datos.

## Figura 1

### *Representación Topográfica*



*Nota:* el gráfico representa la superficie topográfica del terreno. Tomado de Wolf & Ghilani , 2016.

### 2.2.2. Sistema de Proyección UTM

Ignacio Alonso, (2001), La proyección TRANSVERSAL MERCATOR se basa en la proyección Mercator, pero la posición del cilindro de proyección es transversal al eje de la Tierra. El sistema UTM divide el globo en un total de 60 huso. Cada huso está etiquetado con un número y una zona, identificada con una letra. Cada huso comprende un total de  $6^\circ$  de longitud, medidos desde el antemeridiano de Greenwich ( $180^\circ$  Este), numerados en dirección este.

### 2.2.3. Datum WGS 84

Ignacio Alonso, (2001), Con el uso de las nuevas tecnologías de posicionamiento, especialmente la constelación GPS (Global Positioning System), surgió la necesidad de un sistema que permitiera determinar una ubicación geográfica tomando como referencia un datum universal con cobertura



en toda la superficie de la Tierra, evitando así el "territorialidad" para el resto de los datum existentes.

Por esta razón se creó el WGS (Global Geodetic System), siendo el primer sistema llamado WGS-74, analizado y modificado, y el sistema WGS-84 actualmente en uso, válido y usado.

#### **2.2.4. Representación de la Superficie del Terreno**

C.L. & R.A., (1985), Los pobladores intentaron por todos los medios conocer y representar su entorno y los elementos topográficos que les eran familiares, y la pintura es quizás la forma de expresión más antigua. Un croquis que proporciona información muy general sobre la forma y ubicación del terreno que representa; Las características del terreno que luego se representan en el mapa juegan un papel importante en el desarrollo de la humanidad, mejorando la calidad de los datos (o la precisión) usándolos para proyectos de ingeniería.

C.L. & R.A., (1985), Los mapas topográficos, en un plano bidimensional y con la ayuda de curvas de nivel, utilizan una representación tridimensional de la Tierra. Quizás por este factor, se dice que los mapas de contorno, también conocidos como curvas de nivel, son uno de los inventos más importantes en la historia de la cartografía, debido a su conveniencia e intuición para determinar la información de elevación. Desde 1849, las fotografías y posteriores fotografías aéreas han sido utilizadas por el medio de la fotogrametría para representar la topografía. Luego, desde 1970, los sistemas satelitales toman imágenes superpuesta del terreno para que estas imágenes también se puedan usar para construir modelos 3D.



### 2.2.5. Poligonación

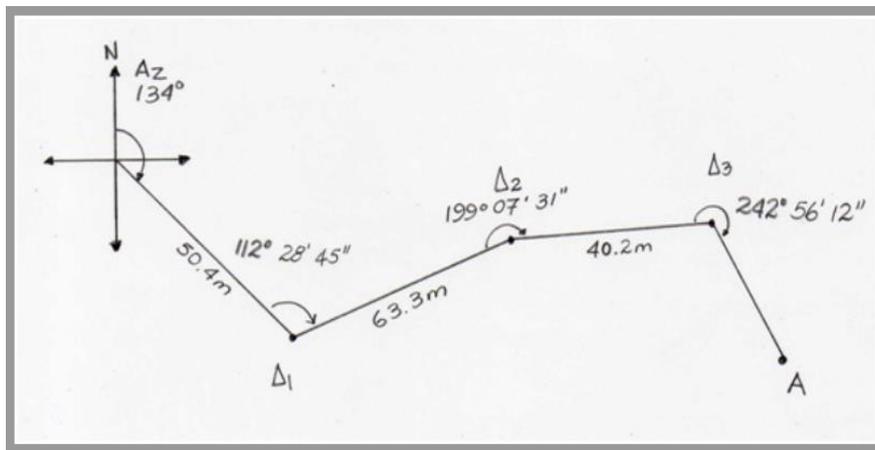
La poligonación es uno de los procedimientos topográficos más habituales. Los levantamientos poligonales se utilizan generalmente para establecer puntos de control y puntos de apoyo para el levantamiento de detalles y la elaboración de planos, para replanteo proyectos y para controlar la ejecución de las obras.

Según el autor Bannister A. & Bannister A., (2006), Según el autor, la poligonación es un método de control topográfico. Una serie de puntos de control (estaciones), intervisibles con respecto a sus estaciones adyacentes se eligen para satisfacer las exigencias del levantamiento. Las líneas que unen esas estaciones son los lados de la poligonación el levantamiento consiste entonces en la medición de los ángulos entre las líneas sucesivas de cada línea, y la longitud de cada línea.

Zúñiga Díaz , (2010), según el autor define que La poligonal es una serie sucesiva de líneas, discontinuas o no, cuyas longitudes y direcciones se determinan a partir de mediciones de campo. La mejor cualidad es que puede utilizarse para proporcionar control en zonas en las que la triangulación topográfica o la trilateración del terreno puede no ser posible o difícil debido a su coste que conllevan; a pesar de ello, no debe aplicarse como alternativa de levantamiento en grandes áreas.

**Figura 2**

*Poligonación Abierta*



*Nota:* el gráfico representa el procedimiento de correcto de una poligonación topográfica. Tomado de Wolf & Ghilani , 2016.

### 2.2.6. Captura de Datos

Felicísimo, (2004), En general, los insumos para producir un MDE pueden obtenerse mediante levantamientos de campo, métodos fotogramétricos y la digitalización de elevaciones a partir de hojas topográficas. El trabajo de campo es el método más caro, pero también es el que genera los datos de mejor calidad. Las hojas topográficas son la fuente más barata, pero también la de menor calidad. El trabajo de levantamiento es factible para zonas pequeñas que requieren una gran precisión.

Según el autor Felicísimo, (2004), El origen de un modelo digital de elevación puede estar, en principio, en la medición directa sobre la superficie real del terreno mediante, por ejemplo, altímetros aéreos. Sin embargo, con mayor frecuencia se utilizan como base un conjunto de documentos (analógicos o digitales) previamente elaborados.

### Figura 3

*Métodos de Captura de Datos para la Construcción del modelo Digital del Terreno*

<b>DIRECTOS</b>	<b>ALTIMETRÍA</b>	Altímetros transportados por plataformas aéreas
	<b>GPS</b>	Global positioning system, sistema de localización mediante satélites
	<b>TOPOGRAFÍA</b>	Mediante estaciones topográficas con salida digital
<b>INDIRECTOS</b>	<b>RESTITUCIÓN</b>	Origen digital: imágenes digitales captadas por satélites (p. ej. SPOT, ASTER) con diferentes ángulos de visión Origen analógico: pares fotográficos convencionales (pancromático, color, infrarrojo)
	<b>DIGITALIZACIÓN</b>	Manual: mediante tableros digitalizadores Automática: mediante scanners

*Nota:* el gráfico representa un esquema para MDT. Tomado de Felicísimo, 2004.

#### 2.2.7. Levantamiento con escáner Laser

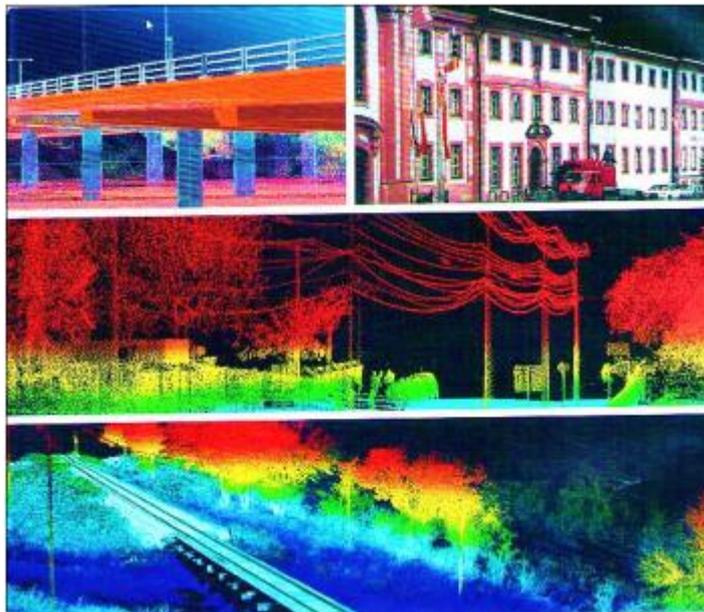
Lerma Garcia & Biosca Tarongers, (2008), Un escáner láser terrestre funciona emitiendo un rayo láser infrarrojo en el centro de un espejo giratorio. Un láser es un instrumento capaz de generar ondas de luz utilizando una banda estrecha del espectro electromagnético. La palabra láser es un acrónimo de amplificación de luz por emisión inducida de radiación.

Un instrumento capaz de generar ondas luz utilizando una banda estrecha del espectro se llama láser. Un láser típico emite luz en un haz estrecho y poco divergente de longitud de onda bien definida (correspondiente a un color específico si el láser opera en el espectro visible). Esto contrasta con otra fuente de luz como una bombilla incandescente, que emite luz con una gran apertura y con un amplio espectro de longitudes de onda, lo que hace que veamos la luz de la bombilla como blanca y no en una sola dirección.

Los escáneres láser miden básicamente coordenadas polares (ángulos y distancias) y almacenan las coordenadas rectangulares x, y, z de cada punto, que se calculan mediante codificadores angulares para medir la rotación del espejo y la rotación horizontal del escáner láser. La computadora incorporada permite que el escáner funcione sin necesidad de utilizar un ordenador portátil. Después de escanear, puede desplazarse fácilmente por una vista 3D en la que puede inspeccionar y analizar todos los datos del escáner.

#### **Figura 4**

*Imágenes y Nube de Puntos Tomadas con Escáner*



*Nota:* el gráfico representa una visualización del escáner laser 3D. tomado de Lerma Garcia & Biosca Tarongers, (2008)

#### **2.2.8. Escáner Faro Focus 3D y su Método**

FARO, (2013), Focus3D es un escáner láser 3D de alta velocidad para la documentación y medición detallada. Utilizando la pantalla táctil para controlar los parámetros y las funciones de escaneado, el Focus3D utiliza la tecnología láser para crear imágenes 3D increíblemente detalladas de entornos complejos y

geometrías a gran escala en sólo unos minutos. La imagen que crea es un conjunto de millones de puntos de medición en 3D que proporcionan una reproducción digital precisa de las condiciones existentes.

### **Figura 5**

*Escáner Láser Faro Focus 3D*



*Nota:* el gráfico representa un Escáner Láser Faro Focus 3D. Tomado de faro, 2013.

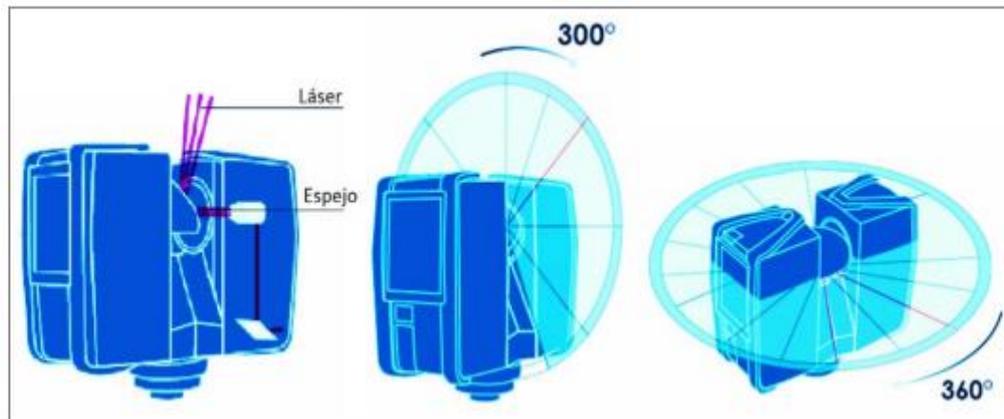
#### **2.2.9. Funcionamiento del Focus 3D**

FARO, (2013), Para medir la distancia, el Focus3D utiliza la tecnología de desplazamiento de fase. Esto significa que el haz del láser es modulado por ondas constantes de diferentes longitudes. La distancia del escáner láser al objeto se determina con precisión midiendo los cambios de fase en las ondas de luz infrarroja. HYPERMODULATION-TM mejora drásticamente la relación señal-ruido de la señal modulada con la ayuda de una tecnología especial de modulación. Las coordenadas X, Y y Z de cada punto se calculan mediante codificadores angulares para medir la rotación del espejo y la rotación horizontal del Focus3D. los ángulos se codifican simultáneamente con la medición de la distancia. La

distancia, Los ángulos vertical y horizontal de la distancia forman una coordenada polar ( $d, \alpha, \beta$ ), que luego se convierte en una coordenada cartesiana ( $x, y, z$ ). El escáner cubre un campo de visión de  $360^\circ \times 300^\circ$ .

### Figura 6

*Rotación vertical y horizontal.*



*Nota:* el gráfico representa funcionamiento del escáner Láser Faro Focus 3D.

tomado de faro, 2013.

#### 2.2.10. Método de Escaneo

Lerma Garcia & Biosca Tarongers, (2008), Además de las posiciones óptimas del escáner, también son importantes los tipos de puntos de referencia y sus posiciones y/o configuración geométrica. Los puntos de referencia se utilizan principalmente para registrar los escaneos realizadas desde diferentes posiciones. Actualmente existe una gran variedad de objetivos: retroreflectantes, esféricos, de papel, prismas... En el futuro, las dianas estarán disponibles incluso con receptores GPS.

#### 2.2.11. Target o Dianas

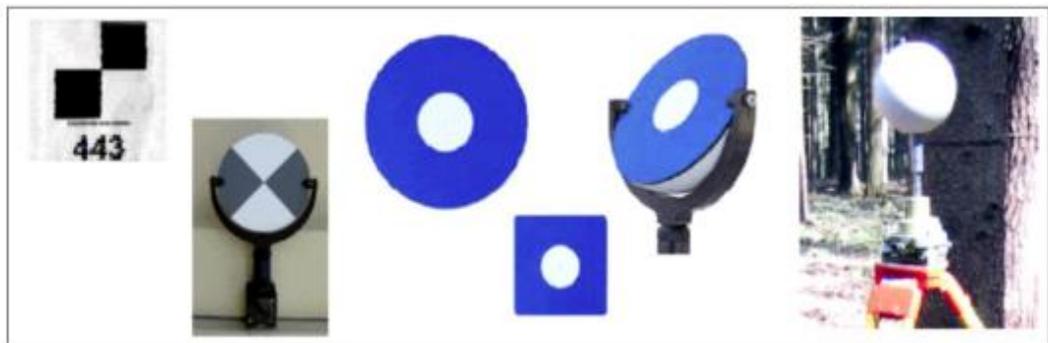
De acuerdo con Lerma Garcia & Biosca Tarongers, (2008), “Uno de los puntos más importantes a la hora de utilizar las dianas es que deben estar lo más

extendidos posible, no sólo en las direcciones de los ejes X e Y, sino también en la dirección del eje Z".

A menudo, las empresas de escáneres proporcionan dianas especiales retroreflectantes y esféricas. Estas dianas están diseñadas para reflejar la mayor parte del rayo láser. El escáner puede detectar automáticamente estas dianas y, después de escanear a una resolución más alta, determinar el centro exacto ajustando una primitiva de superficie a la nube de puntos medida.

### Figura 7

*Tipos de dianas artificiales (target).*



*Nota:* el gráfico representa las partes de una diana. Tomado de Lerma Garcia & Biosca Tarongers, 2008.

#### 2.2.12. GPS Diferencial

Apaza Condori, Luque Casani, Tito Chuquin , & Zuñiga Callo, (2017), El GPS diferencial proporciona una mayor precisión en el sistema. Este tipo de receptor, además de recibir y procesar la información de los satélites, recibe y procesa simultáneamente información adicional de una estación terrestre ubicada muy cerca para que sea reconocida por el receptor.

Esta información adicional permite corregir los errores que puedan introducirse en las señales que el receptor recibe de los satélites. En este caso, la estación terrestre transmite al receptor GPS los ajustes que hay que realizar en



cada momento, el receptor los compara con su propia información y realiza las correcciones mostrando en su pantalla los datos correctos con gran precisión.

El único inconveniente del GPS diferencial es que la señal emitida por la estación terrestre sólo cubre un radio de aproximadamente 200 kilómetros.

Un sistema GPS funciona en cinco pasos: triangulación, edición de la distancia, tiempo, posición y corrección. Triangulación: Nuestra posición se calcula en base a la medición de las distancias a los satélites, matemáticamente se necesitan cuatro mediciones de distancia a los satélites para determinar la posición exacta. Medición de la distancia: La distancia al satélite se determina midiendo el tiempo que tarda una señal de radio emitida por el satélite en llegar a nuestro receptor GPS. Para realizar esta medición suponemos que tanto nuestro receptor GPS como el satélite están generando el mismo Código Pseudo Aleatorio exactamente al mismo tiempo. Comparando el retraso que hay entre la llegada del Código Pseudo Aleatorio del satélite y la generación del código de nuestro receptor GPS, podemos determinar el tiempo que ha tardado la señal en llegar hasta nosotros. Multiplicando el tiempo de viaje por la velocidad de la luz obtenemos la distancia al satélite. Un timing perfecto: La precisión de la sincronización es la clave para medir la distancia a los satélites. Los satélites son precisos porque llevan un reloj atómico a bordo. Los relojes de los receptores GPS no necesitan ser tan precisos porque la medición de la distancia a un satélite adicional permite corregir los errores de medición. Posicionamiento de los satélites: Para utilizar los satélites como puntos de referencia debemos saber exactamente dónde están en cada momento. Los satélites del GPS están situados a una altura tal que sus órbitas son muy predecibles. El Departamento de Defensa observa y mide las pequeñas variaciones en sus órbitas. La información sobre el



error se envía a los satélites para que éstos, a su vez, retransmitan su posición corregida junto con sus señales de sincronización. Corrección de errores: La ionosfera y la troposfera provocan retrasos en la señal GPS que dan lugar a errores de posicionamiento. Algunos errores pueden corregirse mediante modelación y correcciones matemáticas. La configuración de los satélites en el cielo puede magnificar otros errores. El GPS diferencial puede eliminar casi todos los errores.

#### **2.2.13. Métodos Directos: altímetros, GPS y estaciones topográficas**

Felicísimo, (2004), En los últimos años se han desarrollado un sistema de localización geográfica conocidos como GPS (global positioning system). Estos métodos utilizan un conjunto de satélites de referencia y por triangulación es posible obtener los valores de tres coordenadas espaciales para un lugar de la superficie terrestre.

Felicísimo, (2004), Por último, las estaciones topográficas más avanzadas pueden generar y almacenar los resultados de sus mediciones en formato digital. Algunos sistemas de información geográfica incorporan utilidades que permiten el tratamiento e incorporación de datos en este tipo de formato. A pesar de su utilidad, el método presenta problemas similares al anterior ya que la recogida de información requiere la presencia física en el campo. Además, el tiempo necesario para realizar una recogida de datos fiable y completa invalida el método como única forma de incorporar datos en la construcción del MDE.

#### **2.2.14. Levantamientos topográficos método tradicional**

Casanova Matera, (2002), según el autor dice que los levantamientos topográficos se realizan para determinar la configuración del terreno y la posición en la superficie terrestre de los elementos naturales o de las instalaciones construidas por el ser humano.



Se realiza los levantamientos topográficos para determinar la configuración del terreno y la ubicación en la superficie, elementos naturales o estructuras hechas por el hombre.

### **2.2.15. Método de Radiación**

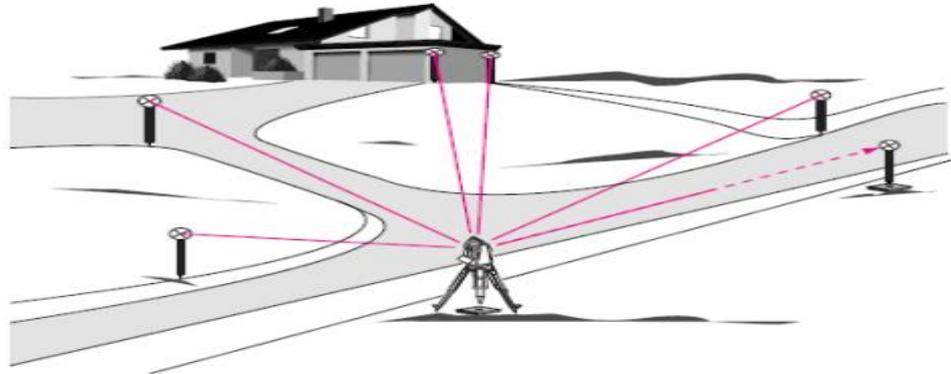
Casanova Matera, (2002), según el autor nos dice que el método de radiación es el método de uso común en los levantamientos de media y gran superficie, en zonas de topografía accidentada, con vegetación espesa.

El método se basa en una poligonal previamente levantada a partir de cuyos vértices se realizan radiaciones para determinar la ubicación de los puntos de relleno y detalle.

M. Farjas, (2002), el autor nos dice que La radiación es un método topográfico que permite determinar coordenadas  $(x,y,z)$  a partir de un punto fijo llamado polo de radiación. Para localizar una serie de puntos A,B,C,... se sitúa el instrumento en un punto O y desde allí se visualizan las direcciones OA,AB,AD..., anotando las lecturas azimutales y cenitales, así como las distancias a los puntos, altura del instrumento y la señal utilizada para materializar el punto visualizado.

## Figura 8

### *Levantamiento Topográfico por Radiación*



*Nota:* el gráfico representa el procedimiento de un levantamiento topográfico por radiación. Tomado de Wolf & Ghilani , 2016.

#### **2.2.16. Estación Total Electrónica**

Casanova Matera, (2002), La estación total electrónica pueden medir distancias verticales y horizontales, ángulos verticales y horizontales, e internamente, con el microprocesador programado, calcular las coordenadas topográficas (norte, este, elevación) de los puntos letrados. Estos instrumentos también disponen de tarjetas magnéticas para almacenar los datos, que se pueden cargar en una computadora con el software adecuado.

Una de las propiedades importantes del teodolito y las estaciones totales es que pueden medir ángulos horizontales en ambas direcciones y ángulos verticales con el cero en el horizonte o en el cenit.

## Figura 9

### *Estación Total Modelo GTS 102N*



*Nota:* el gráfico representa un modelo de un equipo topográfico. Tomado de Alca Arpasi & Gutierrez Yana, 2021.

#### 2.2.17. Nivel de Ingeniero

Casanova Matera, (2002), En la operación de nivelación, donde es necesario calcular las diferencias verticales o desniveles entre los puntos.

En todas las operaciones de nivelación es necesario comprobar la horizontalidad del eje de colimación antes de realizar las lecturas de la mira.

Del Rio Santana, Gómez Córdova, López Carrillo , Saenz Esqueda, & Espinoza Fraire, (2020), Para el levantamiento topográfico con nivel, se coloca el nivel en el punto A y los estadales en el punto B, se leen los hilos superior e inferior para determinar el número generador.

## Figura 10

### *Nivel de Ingeniero*



*Nota:* el gráfico representa un modelo de un equipo topográfico. Tomado de Wolf & Ghilani , 2016.

### **2.2.18. Civil 3D**

Paucar Yana , (2020), según el autor define AUTOCAD Civil3D es una herramienta de diseño y cálculo muy útil en el desarrollo de diseño de sitios, diseño urbano, carreteras, movimientos de tierra, cálculo topográfico, información de replanteo, etc.

La principal ventaja del programa es que está diseñado por Autodesk para que todos los elementos del diseño se vinculen entre sí, cuando se modifican los objetos automáticamente recrean el diseño y recalculan la información. En tablas y perfiles, todo esto nos ayuda a la hora de realizar cambios a nuestra propuesta sin tener que rehacer todo el proyecto.

### **2.2.19. Carretera**

Cárdenas Grisales, (2013), nos dice que una carretera es una infraestructura de transporte especialmente acondicionada dentro de toda una franja de terreno denominada derecho de vía, con el propósito de permitir la circulación de vehículos de manera continua en el espacio y en el tiempo, con niveles adecuados de seguridad y confort.



En el proyecto integral de una carretera, el diseño geométrico es la parte más importante, ya que establece su configuración geométrica tridimensional, con la finalidad de que la carretera sea funcional, segura, cómoda, estética, económica y ambientalmente compatible.

MTC, Manual de Carreteras - Especificaciones Tecnicas Generales para Construcción, (2013), nos dice que Camino para el tránsito de vehículos motorizados de por lo menos dos ejes, cuyas características geométricas, tales como: pendiente longitudinal, pendiente transversal, sección transversal, superficie de rodadura y demás elementos de la misma, deben cumplir las normas técnicas vigentes del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

#### **2.2.20. Carretera trocha carrozable**

MTC, Manual de Diseño de Carreteras DG,( 2018), Generalidades, Sección 101, el numeral 101.06 trochas carrozables; Son vías transitables, que no alcanzan las características geométricas de una carretera, que por lo general tienen un IMDA menor a 200 veh/día. Sus calzadas deben tener un ancho mínimo de 4.00 m, en cuyo caso se construirá ensanches denominados plazoletas de cruce, por lo menos cada 500 m.

#### **2.2.21. Movimiento de tierras en carreteras**

Taya Osorio & Taya Acosta , (2002), según el autor nos dice que se utiliza un perfil longitudinal, la rasante propuesta y las secciones transversales.

Entre dos secciones consecutivas se calcula el volumen de tierra, también se puede calcular aproximadamente, el movimiento de tierras por medio de planos o secciones horizontales o por curvas de igual altura.

Guevara Martinez, (2015), nos dice que se denomina movimiento de tierras es el conjunto de operaciones que se realizan en los suelos naturales para

modificar las formas de la naturaleza o para proporcionar materiales útiles para la construcción, la minería o las obras industriales.

Tierra es un término genérico, que se refiere a todos los materiales que hay que mover durante el proceso de construcción.

**Figura 11**

*Diagrama de Actividades*



*Nota:* el gráfico representa un diagrama de actividades para movimiento de tierras. Tomado de Guevara Martínez, 2015.

### 2.2.22. Volumen de tierra

Cárdenas Grisales, (2013), según el autor nos dice el volumen se pueda calcular fácilmente, será necesario suponer que entre cada par de secciones consecutivas existe un sólido geométrico compuesto de elementos conocidos o identificables. El prismoide es aquel sólido geométrico limitado en los extremos por las caras laterales paralelas correspondientes a las secciones transversales; y lateralmente por los planos de los taludes, el plano de la banca y la superficie del terreno natural.



## CAPITULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

##### 3.1.1. Ubicación geográfica

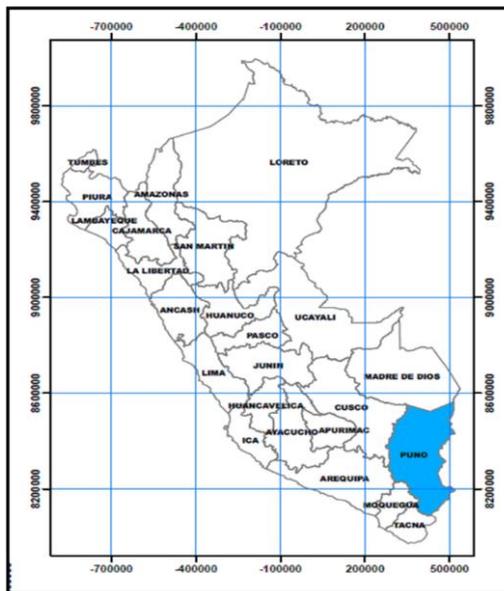
En El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en departamento de Puno, se ubica en la provincia de Chucuito y el Collao, distritos Pisacoma - Capaso, Este tramo cuenta con una longitud de 1 kilómetro, según las coordenadas del punto de inicio 8128851.114norte, 460708.245 este y una altitud de 3967.036m.s.n.m. punto final 8128665.260 norte, 460418.689 este y una altitud de 4023.534m.s.n.m., su topografía es ondulada a accidentada y cuenta con curvas horizontales.

##### 3.1.2. Ubicación política

- Departamento: Puno
- Provincia: Collao - Chucuito
- Distrito: Pisacoma – Capaso

**Figura 12**

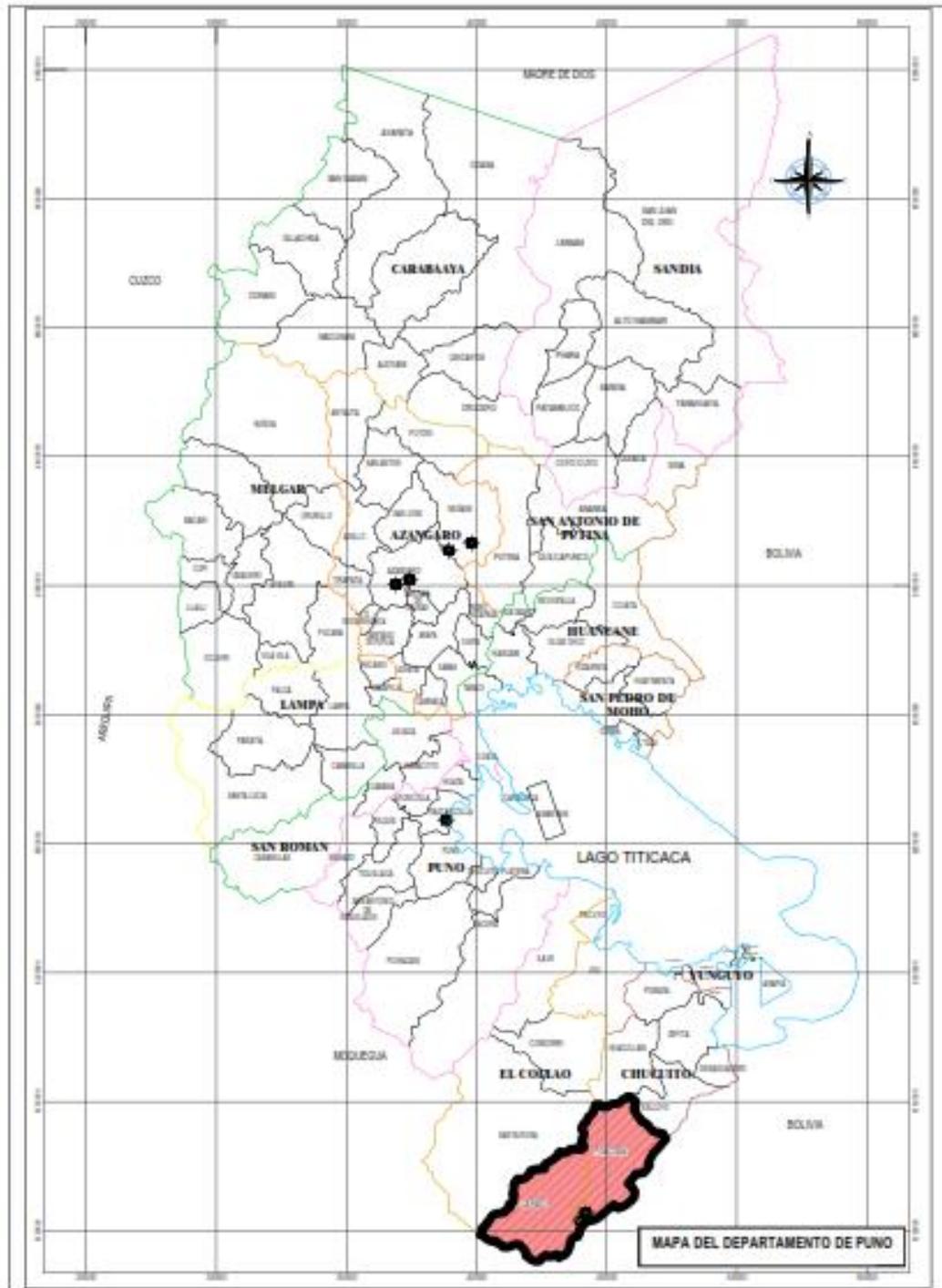
*Plano de Ubicación Regional*



*Nota:* el gráfico representa una ubicación política regional.

**Figura 13**

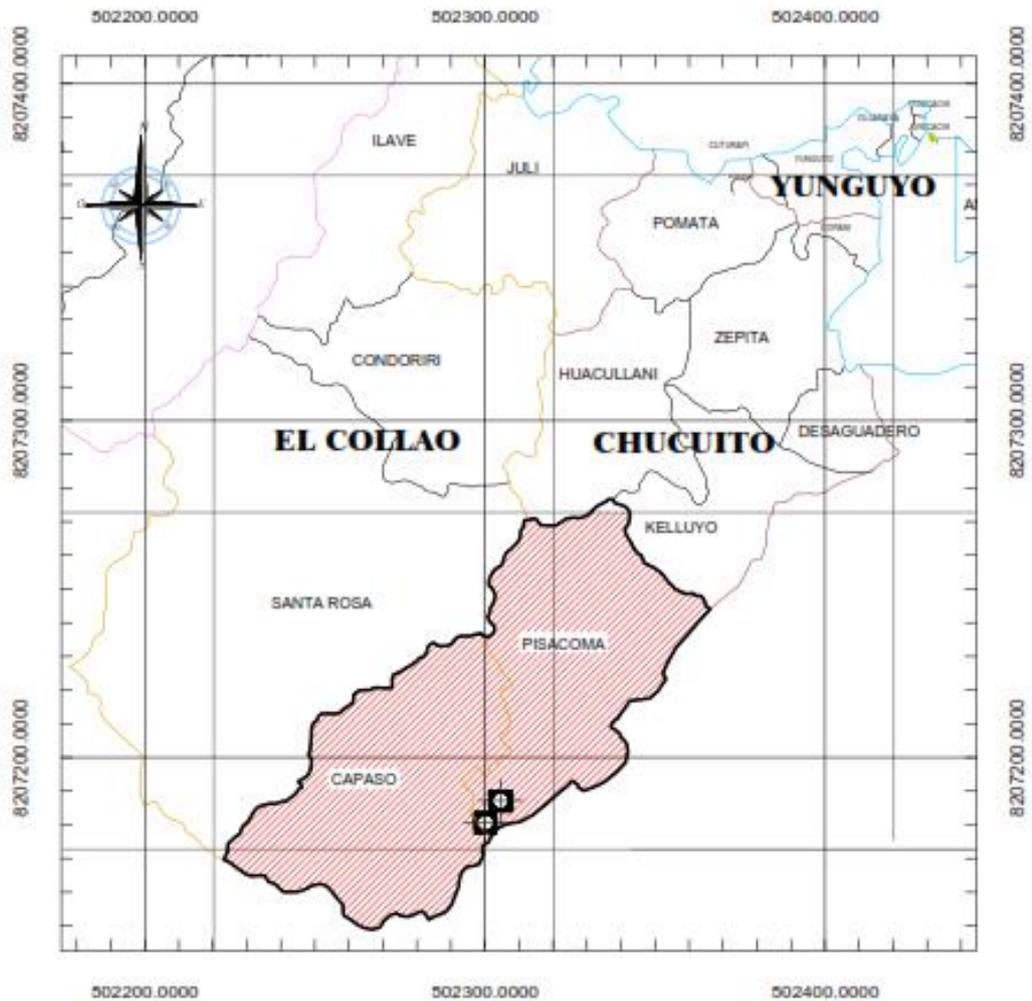
*Plano de Ubicación Provincial*



*Nota:* el gráfico representa una ubicación política provincial.

**Figura 14**

*Plano de Localización*

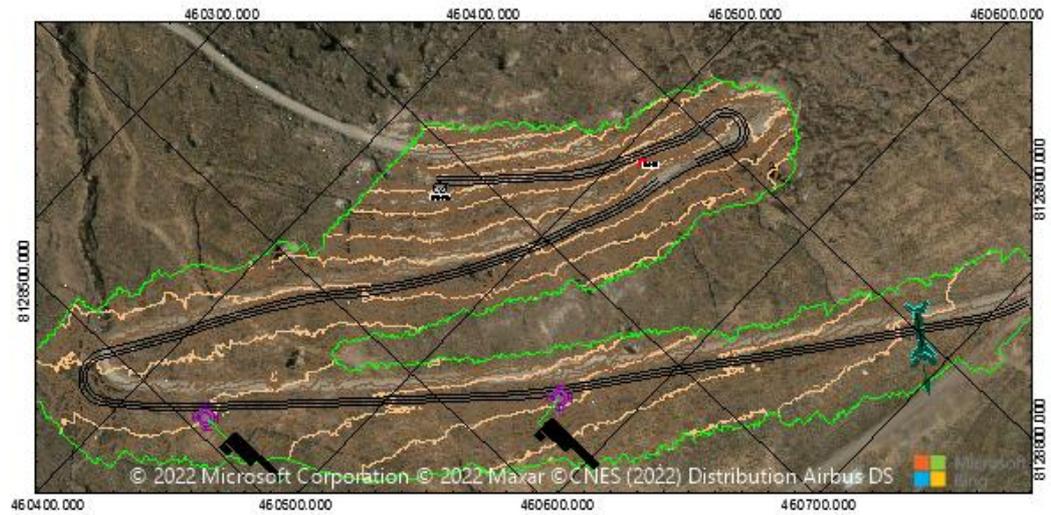


*Nota:* el gráfico representa una ubicación política local.

### 3.1.3. Ubicación de puntos geodésicos

**Figura 15**

*Ubicación de los Puntos de Control*



*Nota:* el gráfico representa la ubicación de los puntos de control.

**Tabla 1**

*Puntos Geodésicos*

Item	Nombre	Este	Norte	Elevación	Descripción
1	GPS-9A	460,310.69	8,132,863.51	3,951.78	GPS BM y poligonal
2	GPS-9B	460,365.47	8,132,363.40	3,954.28	GPS BM y poligonal
3	P-98	460,739.87	8,128,926.08	3,965.36	GPS BM y poligonal
4	P-99	460,565.59	8,128,644.50	3,981.43	GPS BM y poligonal
5	P-100	460,437.54	8,128,508.90	3,990.10	GPS BM y poligonal
6	GPS-10A	460,442.71	8,128,682.32	4,021.68	GPS BM y poligonal
7	GPS-10B	460,173.98	8,128,462.70	4,039.49	GPS BM y poligonal

*Nota:* la tabla muestra los puntos de control planimétrico y altimétrico.

### 3.1.4. Ubicación geográfica del tramo

**Tabla 2**

*Ubicación geográfica del Tramo*

Item	Nombre	Norte	Este	Altura Elipsoidal	Zona
1	INICIO	8128850.398	460708.770	3967.175	19 SUR
2	FIN DEL TRAMO	8128683.796	460439.353	4022.033	19 SUR

*Nota:* la tabla muestra las coordenadas de inicio y fin del proyecto.

### 3.1.5. Extensión superficial

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en departamento de Puno, se ubica en la provincia de Chucuito y el Collao. Dicha ruta km 0+000 al km 1+070 Pisacoma a Capaso de la región Puno – 2022.

### 3.1.6. Límite

El distrito de Pisacoma – Capaso de la provincia de Chucuito y el Collao y región de Puno, en donde colinda con los siguientes límites correspondientes al área de estudio:

**Norte:** Distrito de Santa Rosa.

**Sur:** Distrito de Pichacani.

**Este:** Lago Titicaca y el Distrito de Kelluyo.

**Oeste:** Distritos de Tiquillaca y San Antonio.

### 3.1.7. Vías de acceso

La localidad de Pisacoma se encuentra ubicada a 66.8 KM. desde el distrito de Desaguadero.

El área de investigación se encuentra a 1.700km en la carretera de Pisacoma – Capaso, con un tiempo de viaje a 10 minutos.



## 3.2. MATERIALES, INSTRUMENTOS Y EQUIPOS UTILIZADOS

### 3.2.1. Materiales

**Tabla 3**

*Materiales e Instrumentos*

<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>
Pintura Esmalte color rojo	01	GAL
Pintura Esmalte color blanco	01	GAL
Thinner	02	GAL
Cemento portland tipo IP	20	BOL
Hormigón	06	M3
Estacas de Acero Corrugado 1/2" long. 0.5m	89	UND
Pinceles y Brochas	02	UND
Clavos de Calamina	05	KG
Libreta de Campo	02	UND

*Nota:* la tabla muestra los materiales e instrumentos que se utilizaron en los

trabajos de campo y gabinete.

### 3.2.2. Equipos y Herramientas:

**Tabla 4**

*Equipos y Herramientas*

<b>DESCRIPCION</b>	<b>MARCA</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>
Stación wagon	Toyota corolla	1	UND
Camioneta 4 x 4	Mazda	1	UND
Receptor GNSS	Trimble, modelo R8	1	UND
Escáner láser	modelo FARO Focus 3D S 120	1	UND
Estación Total	Top Con, modelo GTS 102N	1	UND
Nivel de ingeniero	Top con, modelo AT 3	1	UND
Dianas	FOCUS	2	UND
Plomada		1	UND
Trípode de Aluminio	Top Con	1	UND
Prisma c/Porta prisma	Top Con	3	UND
Radios Comunicadores	Motorola	4	UND
Cámara Fotográfica 24Mp	Sony	1	UND
Flexómetro metálico de 5m	Stanley	1	UND
Wincha Metálica de 80m	Truper	1	UND
Herramientas Manuales (pala, pico, barilejo)		1	UND

*Nota:* la tabla muestra los equipos y herramientas que se utilizaron.



### 3.2.3. Recurso Utilizado en Gabinete

**Tabla 5**

*Recurso Utilizado en Gabinete*

DESCRIPCION	MARCA	CANTIDAD	UNIDAD
Computadora portátil	HP Core I5/Toshiba Core I7	2	UND
Impresora	Epson L380	1	UND
Papel bond	Milleniun	3	PQT
Lapicero		4	UND
Lápiz		4	UND
Corrector		8	UND
Archivador		8	UND
Folder		10	UND
DVD		5	UND
Tijera		2	UND

*Nota:* la tabla muestra los materiales utilizados en gabinete.

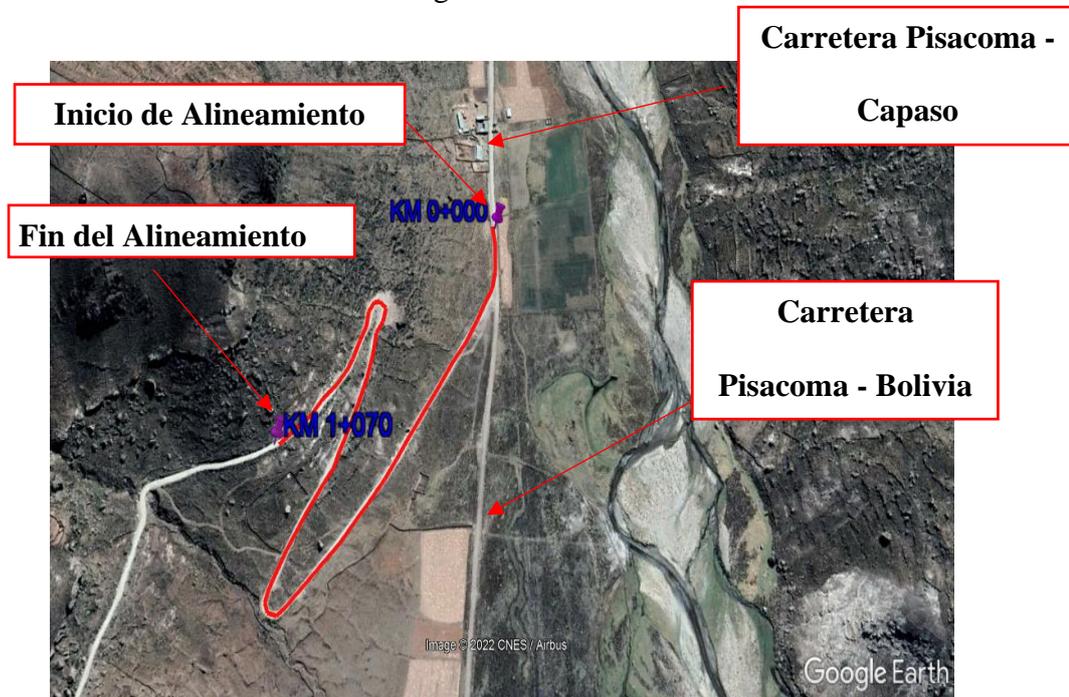
### 3.2.4. Software

- AutocadCivil3D 2018
- Autodeks Recap 2018
- Sceney 7.1
- Autocad 2020
- Microsoft Excel 2016
- Microsoft Office 2016
- R
- Google Earth pro
- Top Con Tools

### 3.2.5. Área de Influencia

Figura16

Ubicación del Área de Investigación



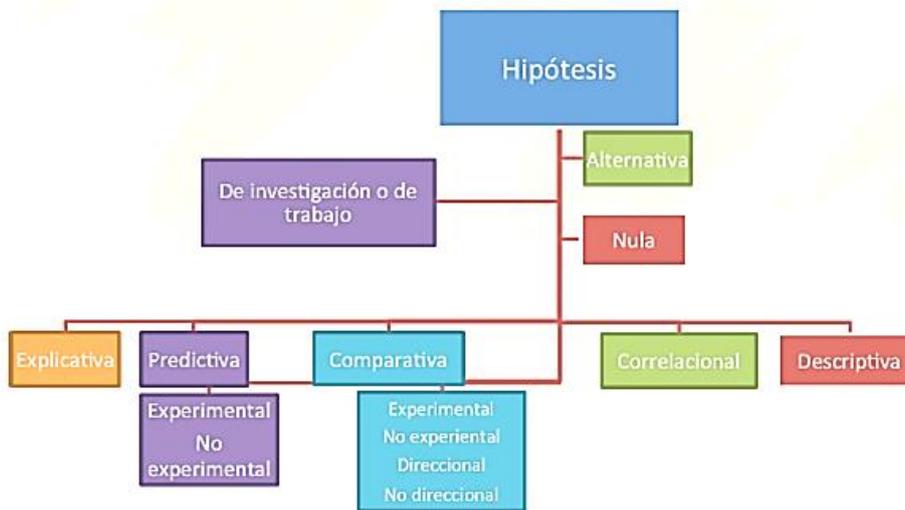
*Nota:* el gráfico representa el área de estudio de investigación.

### 3.3. TIPO DE INVESTIGACIÓN

En el procedimiento de obtención de datos de la presente investigación se ha tratado, primeramente, la obtención de superficies topográficas tanto con el equipo escáner Laser Focus 3D y por los métodos tradicionales con estación total y nivel de ingeniero, a partir de ello se obtuvo perfiles longitudinales del alineamiento proyectado en cada una de las superficies topográficas descritas anteriormente. Luego se generó la superficie de la vía proyectada en función a la orografía de la vía existente, posteriormente se procedió a determinar el post procesamiento en gabinete para el cálculo de volúmenes de movimiento de tierras a través de los tres métodos empleados.

**Figura 17**

*Metodología de investigación científica*



*Nota:* el gráfico representa un diagrama de flujo de una metodología. Tomado de Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014.

## Figura 18

*Como elegir la prueba estadística adecuada*

Flores-Ruiz E *et al.* Selección de la prueba estadística adecuada

Cuadro 1. Prueba estadística de acuerdo con los objetivos del estudio y la escala de medición de las variables			
Objetivos del estudio	Variables y distribución	Tipo de muestra	Prueba recomendada
Comparar 2 promedios	Cuantitativas, distribución normal	Muestras relacionadas	t de Student
		Muestras independientes	t de Student
	Cuantitativas discontinuas y continuas sin distribución normal	Muestras relacionadas	Wilcoxon
		Muestras independientes	U Mann Whitney
Comparar $\geq 3$ grupos	Cuantitativas, distribución normal	Muestras relacionadas	Análisis de varianza (ANOVA) de 2 vías
		Muestras independientes	ANOVA de una vía
	Cuantitativas discontinuas y continuas sin distribución normal	Muestras relacionadas	Friedman
		Muestras independientes	Kruskal-Wallis
Comparar 2 grupos	Cualitativas nominales y ordinales	Muestras relacionadas	McNemar
		Muestras independientes	Chi-cuadrada*
Comparar $\geq 3$ grupos	Cualitativas nominales y ordinales	Muestras relacionadas	Q de Co chran
		Muestras independientes	Chi cuadrada
Correlación de 2 variables	Cuantitativas, distribución normal	Muestras independientes	Coefficiente de correlación de Pearson
		Muestras independientes	Coefficiente de correlación de Spearman

*Nota:* el gráfico representa una selección de la prueba estadística adecuada.

Tomado de Flores Ruiz, Miranda Novales, & Villasís Kever, 2017.

### 3.3.1. Tipo de investigación

La presente investigación es de tipo descriptivo analítico ya que llega a descubrir las características informativas y trabajar con cálculos numéricos de volumen de movimiento de tierras.

#### - Hipótesis nula y alterna

Walpole, Myers, Myers, & Ye, (2012), los autores nos dicen que la estructura de la prueba de hipótesis se establece utilizando el término hipótesis nula, que se refiere a cualquier hipótesis que se vaya a probar y se denota por  $H_0$ . El rechazo de  $H_0$  conduce a la aceptación de una hipótesis alternativa, que se

denota por H1. Comprender los diferentes papeles que desempeñan la hipótesis nula (H0) y la hipótesis alternativa (H1) es esencial para entender los principios de las pruebas de hipótesis.

La hipótesis alternativa H1 suele representar la pregunta que hay que responder o la teoría que hay que probar, por lo que su especificación es muy importante. La hipótesis nula H0 anula o se opone a H1 y suele ser el complemento lógico de H1.

### 3.3.2. Diseño de investigación:

El diseño de investigación es experimental lo cual deriva al diseño longitudinal porque se centra en estudiar cómo cambia el volumen del movimiento de tierra según cada superficie generada por los tres tipos de levantamientos.

### 3.3.3. Variables

En la presente investigación se tiene las siguientes variables

**Tabla 6**

*Variables de la Investigación*

VARIABLE	INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS	INDICADOR	UNIDAD
Volumen de Corte	Escáner Laser 3d, Estación Total y Nivel de Ingeniero	Metros Cúbicos	m <sup>3</sup>
Volumen de Relleno	Escáner Laser 3d, Estación Total y Nivel de Ingeniero	Metros Cúbicos	m <sup>3</sup>

*Nota:* la tabla muestra los instrumentos de recolección de datos, indicador y las variables de investigación



### **3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA DE ESTUDIO**

#### **3.4.1. Población**

La investigación se realizó, en las zonas beneficiadas (Dv. Vilacalla – Vilacalla – Poque - Amotire - Pisacoma - Huallapampa – Palcate) de la región Puno, la vía en este tramo corresponde a un trazo en media ladera fundada sobre suelos finos y granulares hacia la parte final existente

#### **3.4.2. Muestra**

La muestra se tomó a 1+700 desde el distrito Pisacoma, el área beneficiada son los distritos Pisacoma - Capaso del km 0+000 al km 1+065. La superficie de rodadura está constituida por un afirmado granular con finos plásticos superficiales, lo que ha ocasionado que en algunos puntos se presenten acolchonamientos.

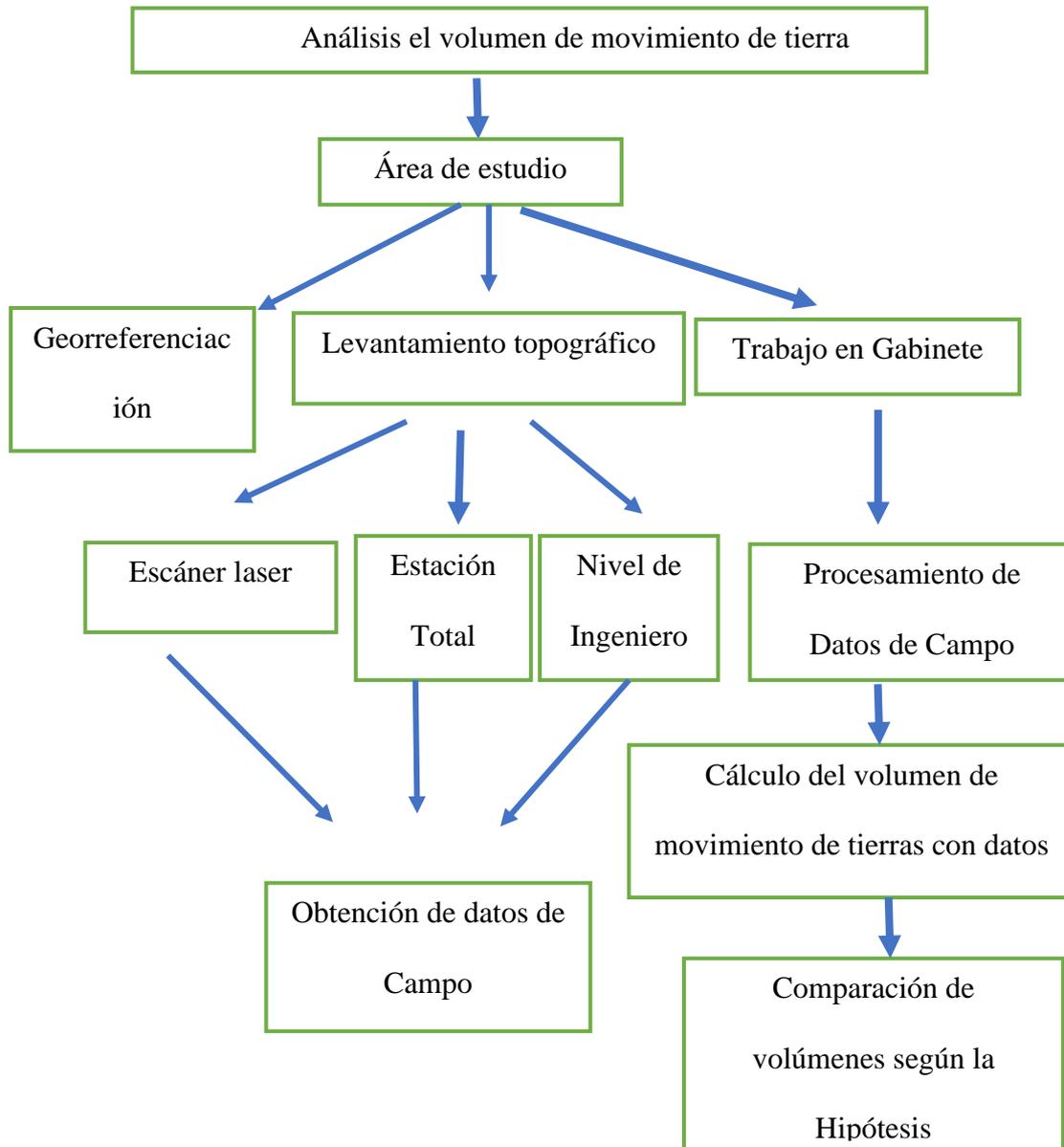
### **3.5. PROCEDIMIENTOS**

En la etapa inicial se tomó los datos del expediente técnico “SERVICIO DE GESTIÓN, MEJORAMIENTO Y CONSERVACIÓN VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DEL CORREDOR VIAL PRO REGION PUNO: PAQUETE 04: PE-34U, PE-3ST, PE-3SU, PE-36E, PE-36F y PE-38B”, como la georreferenciación, puntos de control el estudio de tráfico vehicular y el estudio de diseño geométrico.

### 3.5.1. Proceso Metodológico

**Figura 19**

*Diagrama de Flujo de Investigación*



*Nota:* el gráfico representa un diagrama de flujo de actividades realizadas.

### 3.5.2. Trabajo Inicial

Se realizó un reconocimiento de la zona que corresponde a la Ruta 21 ubicado entre las localidades de Pisacoma, Capaso; consistió en la identificación de las rutas del sistema nacional de Carreteras (Puno) correspondiente a las Ruta

en estudio, estableciendo un planeamiento adecuado en la determinación de la metodología y métodos para Apoyo Básico del control Horizontal y Vertical.

### **Figura 20**

#### *Trabajo Inicial*



*Nota:* el gráfico representa la instalación del equipo en el punto de control.

### **Figura 21**

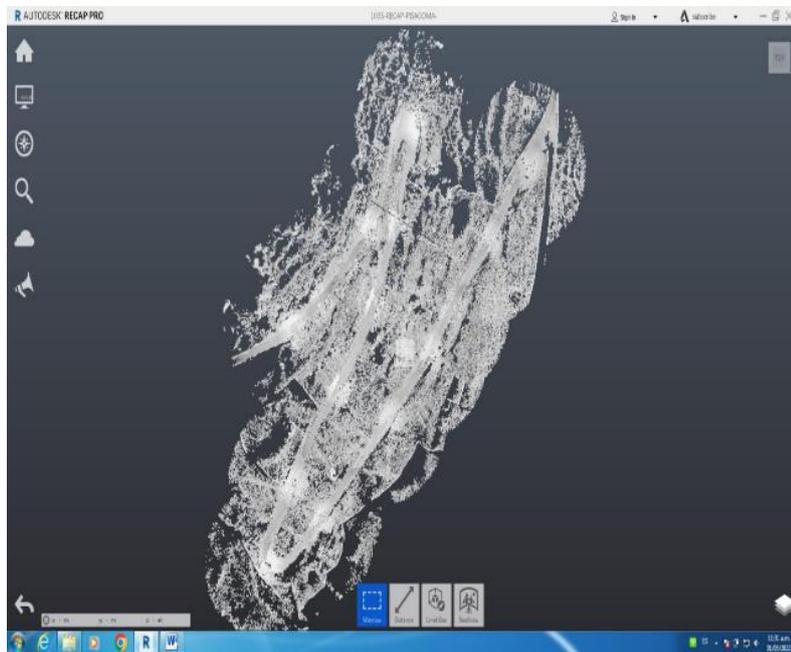
#### *Trabajos de Campo*



*Nota:* el gráfico representa el levantamiento con escáner laser 3D.

## Figura 22

### *Trabajos de Gabinete*



*Nota:* el gráfico representa trabajos de post proceso en gabinete.

### 3.5.3. Trabajos realizados en campo

Las actividades y operaciones necesarias para llevar a cabo el levantamiento topográfico en campo se detallan en dos procesos de trabajo

- Reconocimiento de campo: Previo a los trabajos de campo se realiza la vista previa y panorámica de la zona de estudio, posterior a ello se planifica todo lo relacionado al método de trabajo a realizar, la cantidad de personal necesario, los instrumentos topográficos requeridos entre otros, luego de ello se prevé la fecha de inicio de las actividades.
- Procedimiento de obtención de datos de campo: se moviliza todos los equipos previamente mencionados y las actividades a realizar, una vez estado en el área de estudio se procede a hacer el levantamiento topográfico de manera que se puedan detallar las características de la vía.

### 3.5.4. Colocación de puntos de control

Esta actividad nos facilitó la empresa ejecutora CONSORCIO ALVAC – ARAMSA colocando 46 puntos geodésicos de orden “C” para la ruta 21 una longitud de 107 km, donde se utilizó solo 04 puntos geodésicos (GPS – 9A, GPS – 9B, GPS – 10A, GPS – 10B), para nuestra área de estudio. esta actividad permitió la distribución del control en forma racional, mediante el establecimiento de la Poligonal Básica de apoyo, a lo largo del tramo de la carretera con intervención de nuestra área de estudio en donde fue necesario utilizar dicha poligonal apoyo para nuestros tres tipos de levantamiento topográfico (P98; P99, P100)

#### Figura 23

*Colocación de Puntos de Control GPS 9A*



*Nota:* el gráfico representa instalación de equipo en el punto de control GPS 9A.

**Figura 24**

*Colocación de Puntos de Control GPS 10A*



*Nota:* el gráfico representa instalación de equipo en el punto de control GPS 10A.

**Tabla 7**

*Puntos Auxiliares para la Poligonal con Estación Total.*

TOPOGRÁFICAS				
Ítem	Nombre	Este	Norte	Cota
1	GPS-9A	460,310.69	8,132,863.51	3,951.78
2	GPS-9B	460,365.47	8,132,363.40	3,954.28
3	P-98	460,739.87	8,128,926.08	3,965.36
4	P-99	460,565.59	8,128,644.50	3,981.43
5	P-100	460,437.54	8,128,508.90	3,990.10
6	GPS-10A	460,442.71	8,128,682.32	4,021.68
7	GPS-10B	460,173.98	8,128,462.70	4,039.49

*Nota:* las coordenadas han sido lecturadas con GPS Diferencial Marca SOUTH, modelo S82V, que nos ayuda a generar puntos auxiliares para la *poligonal* con estación total.

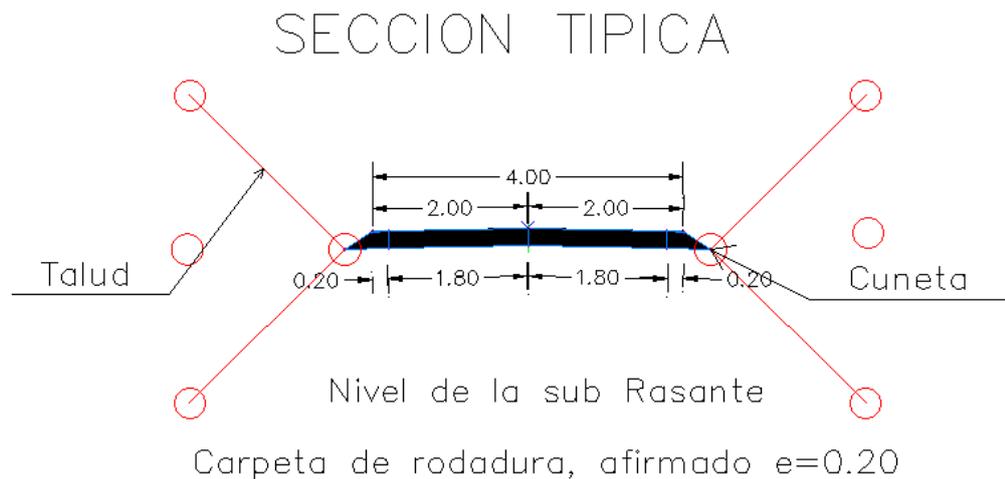
### 3.5.5. Presentación de Secciones Típicas para los tres Instrumentos

#### Utilizados

Para la presente investigación se tuvo en cuenta la definición de secciones típica, se ha considerado una carretera de trocha carrozable, sin embargo, para el cálculo de movimiento de tierras se tomará en cuenta la capa de material afirmado debido a que este material es procedente de cantera, teniendo en cuenta análisis de la superficie de corte y relleno, siendo una sección típica única.

#### Figura 25

*Sección Típica para Todos los Diseños*



*Nota:* el gráfico representa sección típica usada en los tres diseños.

### 3.6. PROCEDIMIENTOS PARA CÁLCULO DE VOLUMEN CON ESCÁNER

#### LASER 3D

##### 3.6.1. Levantamiento Topográfico con escáner Laser 3D

Apoyándonos a la Poligonal Básica de apoyo, a lo largo del tramo de la carretera con intervención de nuestra área de estudio en donde fue necesario utilizar dicha poligonal apoyo (P98; P99, P100) y posterior a eso se procede a realizar el levantamiento con escáner Láser 3D detalladamente el área de estudio.

Unas ves posicionado el equipo base en la poligonal “P99” se procedió a dividir el área de estudio en 15 tramos (15 puntos estratégicos de escaneo); se inició con el primer tramo, iniciando con el escaneo y orientando el equipo escáner laser 3D con el Rover RTK para su ubicación del área de estudio.

Una vez terminado el escaneo del primer tramo se pasó al segundo tramo hasta terminar el área de estudio.

## Figura 26

### *Levantamiento Topográfico con escáner Laser 3D*



*Nota:* el gráfico representa inicio del levantamiento con escáner laser 3D.

#### **a) Inicio de escaneo en las tres diferentes resoluciones:**

Un ves configurado los parámetros se inicia el escaneo, durante el escaneo, el escáner láser gira 360° en sentido horario escaneando y capturando imágenes y nube de puntos.



## **b) Especificaciones del escáner Laser 3D**

Lasergrametría con Lidar Terrestre; con la utilización de equipos de modelamiento tridimensional: Laser escáner 3D; de precisión milimétrica, para la documentación y medición en forma detallada. El escáner 3D utiliza tecnología láser para crear puntos tridimensionales a detalle; de entornos complejos y geometrías de gran escala; el resultado es un conjunto de millones de puntos de medición 3D que brindan una reproducción digital exacta de condiciones y estructuras existentes. Los sistemas de escaneo laser recogen una alta densidad de datos crudos llamados "nube de puntos.

## **c) Unidad de medición de distancia**

0.6 m a 120 m en interior o exterior con poca luz ambiental e incidencia normal a una superficie reflectora del 90 %.

- **Velocidad de medición:**

- 122,000/244,000/488,000/976,000 puntos/s.

- **Error de la medición de la distancia:**

- $\pm 2$  mm a 100 m, cada una a un coeficiente de reflexión del 90 % y 10

- Resolución: Color de hasta 70 megapíxeles.

- Característica dinámica de color: Ajuste automático del brillo.

- Sensor múltiple: Compensador de dos ejes: Cada nivel analiza con una precisión de  $0.015^\circ$  y un rango de  $\pm 5^\circ$ .

- Sensor de altura: Detecta la altura en relación a un punto fijo a través de

- un barómetro electrónico y la agrega al escaneo.



- Compás: El compás electrónico le brinda orientación al escaneo. Se incluye una función de calibración.

- **Accesorios:**

- 01 esfera reflectora.
- 01 trípode de carbono.

**d) Ventajas de Utilizar el escáner 3D**

El Focus3D es un Escáner Láser 3D de Alta Velocidad para documentación y medición en forma detallada. Con la pantalla táctil para controlar los parámetros y las funciones de escaneo, el Focus 3D utiliza tecnología láser para crear imágenes tridimensionales increíblemente detalladas de entornos complejos y geometrías de gran escala en tan solo algunos minutos. La imagen que crea es un conjunto de millones de puntos de medición 3D que brindan una reproducción digital exacta de condiciones y estructuras existentes.

El Focus3D brinda el método más eficaz para la documentación tridimensional de construcciones, detalles de accidentes, geometría de estructuras, topografía, elementos existentes y mucho más.

**e) Colocación de Target o Dianas**

El uso de las target o Dianas fue necesario utilizar para hacer el levantamiento con escáner los puntos de control que se ubicaron anteriormente las dos esferas o targets de inicio se colocaron sobre los puntos que se tienen las coordenadas y cotas conocidas, y que la primera posición del equipo escáner láser este a una distancia menor a los 20 m. Para la vista adelante deben observarse las esferas para el amarre de escaneos a una distancia de 20 m.

**Figura 27**

*Instalación de target en el Punto de Control*



Target o Dianas

*Nota:* el gráfico representa instalación de la diana para la ubicación del punto.

#### **f) Escaneado 3D**

La metodología utilizada requirió de los siguientes pasos:

- Control del Proyecto:
- Adquisición de Datos tridimensionales
- Adquisición de Datos GPS asociados al Escáner
- Orientación inicial de Coordenadas del Escáner, por puntos de control.
- Post Proceso de Datos y Evaluación
- Suavizado de Datos

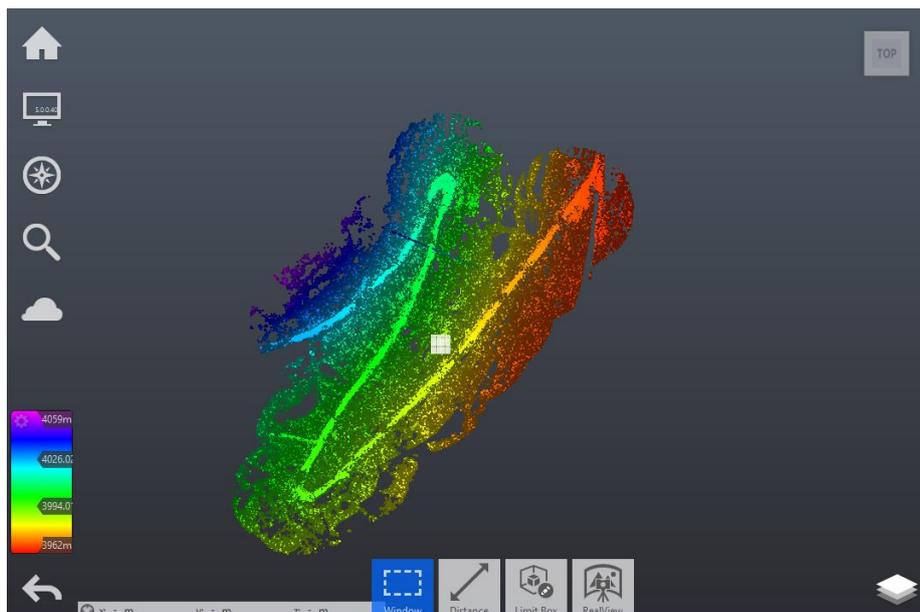
### g) Procesamiento de Nube de Puntos con Escáner Laser 3D:

El software utilizado para el procesamiento de la nube de puntos es el SCENEV.7.1, mismo que permite procesar y registrar la información individual de cada escaneo y realizar la edición de los mismos.

Una vez registrada la información se procede a la exportación de nube de puntos en formato. rcp, compatible con los softwares comerciales como, Autodesk Recap Pro Autocad Civil 3d, donde finalmente se obtiene la información CAD y los planos para impresión.

### Figura 28

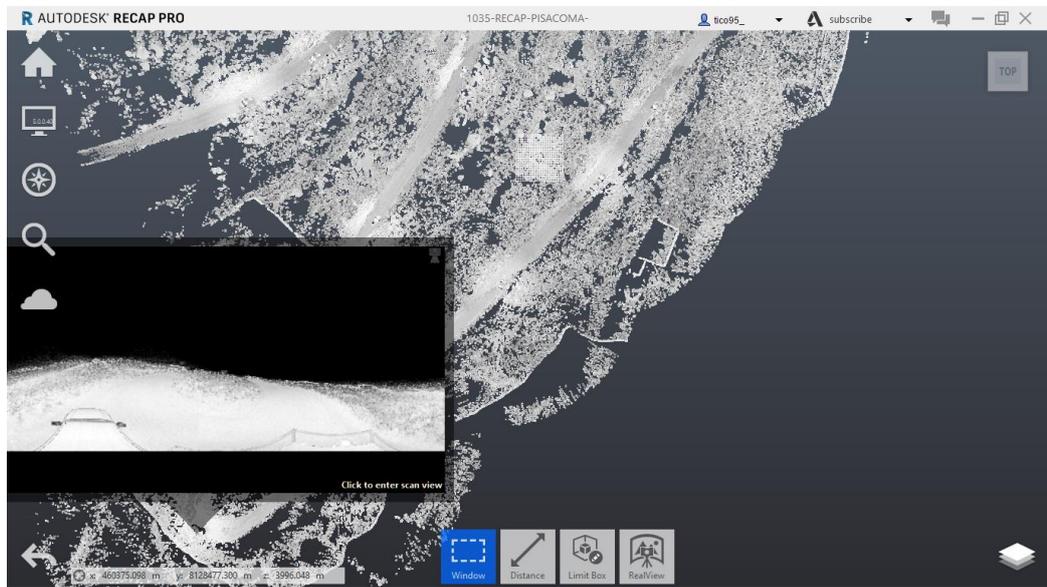
*Exportación de Nube de Puntos en Formato. Rcp*



*Nota:* el gráfico representa la nube de puntos del escáner laser 3D en software Recap.

## Figura 29

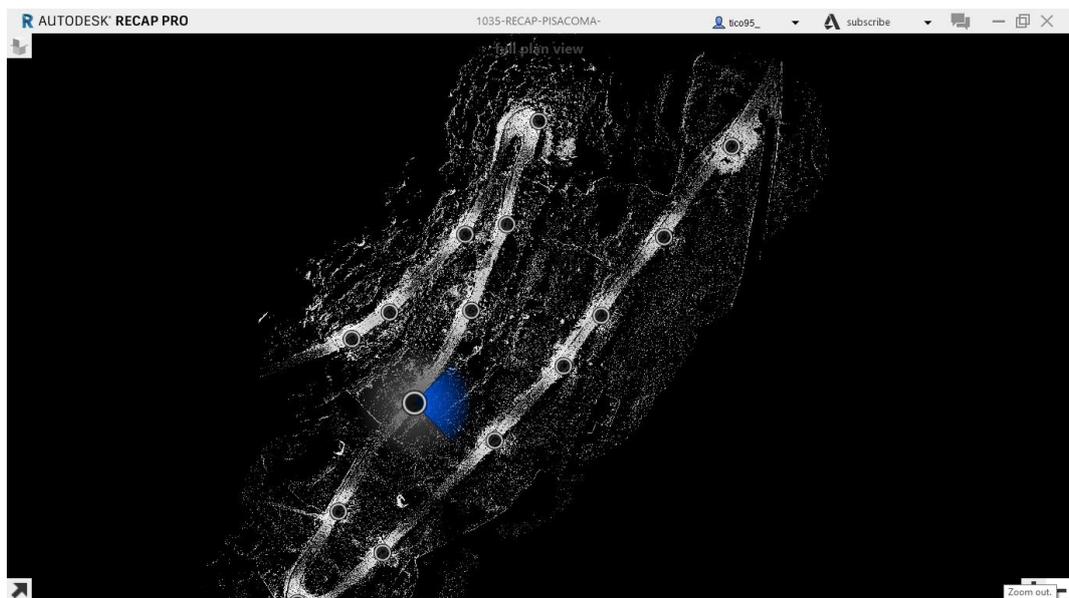
### Visualización del escáner Laser 3D



*Nota:* el gráfico representa visualización del enfoque del escáner laser 3D en software Recap.

## Figura 30

### Puntos de Estacionamiento del escáner

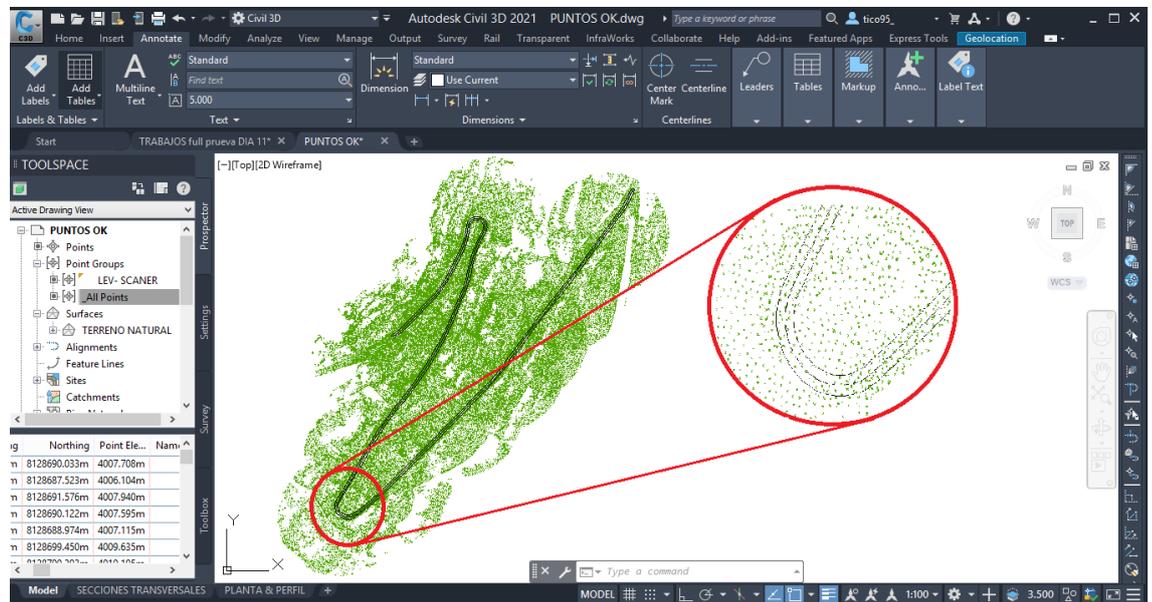


*Nota:* el gráfico representa los puntos de estacionamiento del escáner laser 3D en software Recap.

## h) Importación de Puntos a Autocad Civil y Generación de Curvas de Nivel

**Figura 31**

*Importación de Puntos a Autocad Civil y Generación de Curvas de Nivel*



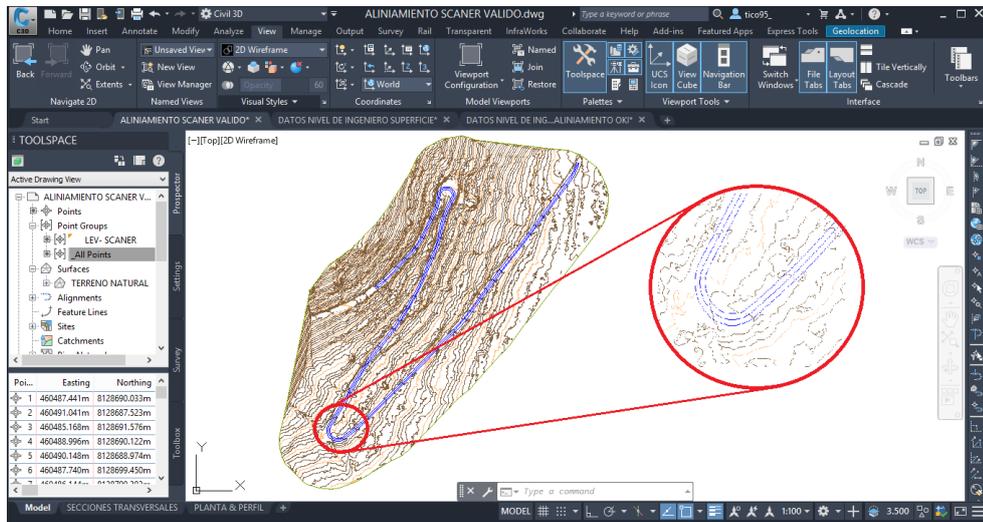
*Nota:* el gráfico representa la nube de puntos del escáner laser 3D en software Autodesk civil 3D.

## i) Generación de la superficie a Partir de los Puntos

Una vez importado los puntos se procede a generar la superficie topográfica a partir de grupo de puntos (previamente importados), luego de eso se crea una red de triangulación de la superficie topográfica.

**Figura 32**

*Generación de la superficie a Partir de los Puntos*

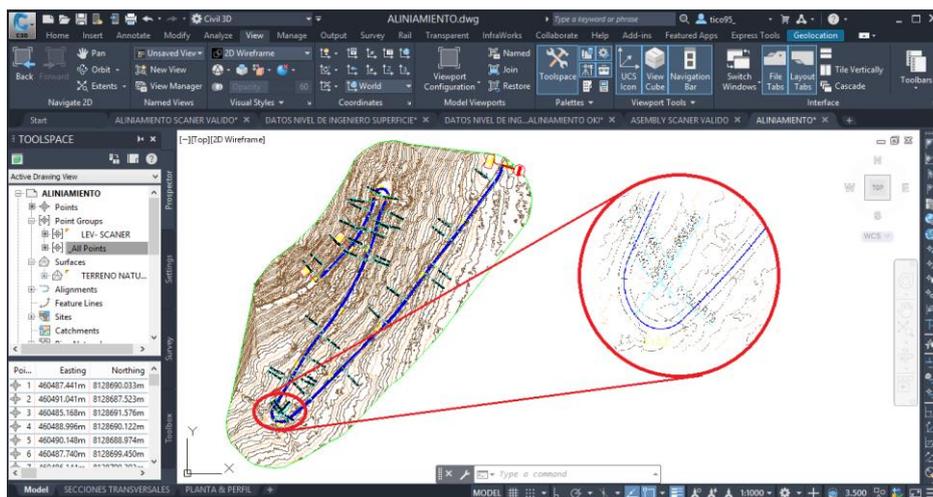


*Nota:* el gráfico representa las curvas de nivel a partir de los puntos del escáner laser 3D en software Autodesk civil 3D

**j) Creación del Alineamiento.**

**Figura 33**

*Creación del Alineamiento*



*Nota:* el gráfico representa el alineamiento a partir de la superficie obtenida con escáner laser 3D en software Autodesk civil 3D.



### **k) Creación de Perfil Longitudinal de Superficie.**

La obtención del perfil longitudinal de la vía se ha logrado a través del correcto establecimiento de un solo alineamiento para las tres superficies de la carretera existente, aspecto donde no hubo diseño geométrico ya que se trata de un mantenimiento de vía, se han determinado perfiles longitudinales de tres formas de generación de superficie topográfica con la finalidad de comparar y emitir resultados estadísticos.

### **l) Cálculo de Volumen de Movimiento de Tierras con escáner Laser 3D**

Resultados obtenidos con el apoyo del software Autocad Civil 3D se genera un ensamble y un corredor vial de manera que sirva para la creación de la superficie proyectada de la vía.

Se muestra el cuadro de volumen de corte y volumen de relleno en cada progresiva y sus valores acumulados.



**Tabla 8**

*Resumen de Volumen de Corte y en cada 20 metros con Escáner Laser 3d.*

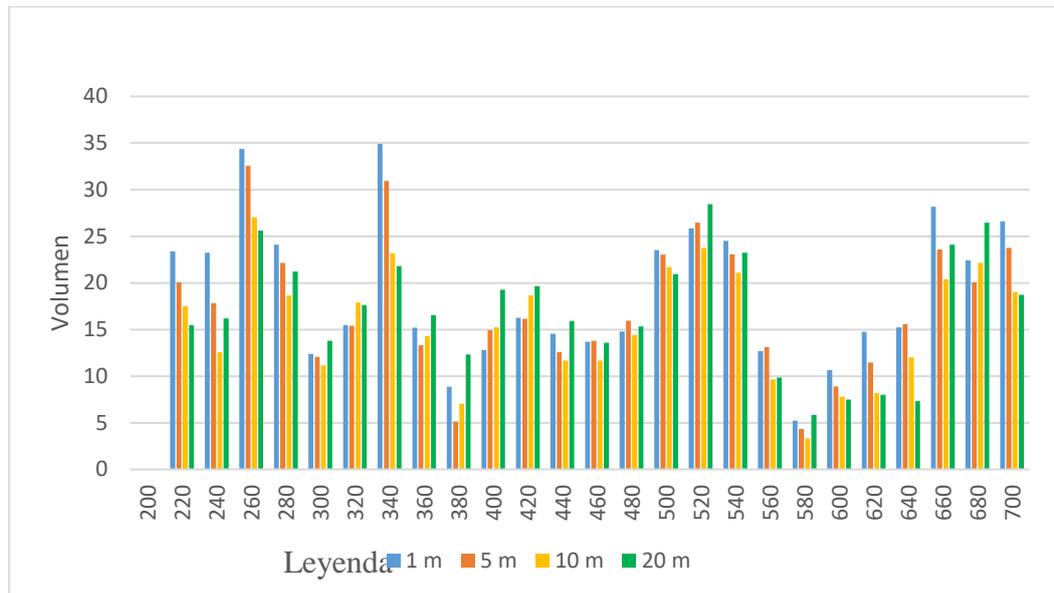
<b>RESUMEN DE VOLUMENES DE MOVIMIENTO DE TIERRA (CORTE) CON ESCANER LASER 3D</b>					
<b>PROG.</b>	<b>1 m</b>	<b>5 m</b>	<b>10 m</b>	<b>20 m</b>	<b>LONGITUD (M)</b>
0+200	0	0	0	0	0
0+220	23.39	20.05	17.52	15.48	20
0+240	23.24	17.82	12.54	16.19	20
0+260	34.35	32.55	27.03	25.59	20
0+280	24.09	22.13	18.65	21.22	20
0+300	12.38	12.08	11.16	13.8	20
0+320	15.48	15.4	17.91	17.61	20
0+340	34.93	30.95	23.18	21.79	20
0+360	15.18	13.3	14.3	16.51	20
0+380	8.84	5.12	7.05	12.33	20
0+400	12.78	14.91	15.23	19.25	20
0+420	16.25	16.15	18.65	19.63	20
0+440	14.54	12.59	11.66	15.92	20
0+460	13.67	13.77	11.66	13.57	20
0+480	14.79	15.95	14.4	15.32	20
0+500	23.51	23.03	21.69	20.93	20
0+520	25.83	26.45	23.74	28.44	20
0+540	24.5	23.07	21.09	23.25	20
0+560	12.7	13.09	9.63	9.86	20
0+580	5.23	4.34	3.31	5.85	20
0+600	10.64	8.88	7.78	7.48	20
0+620	14.76	11.45	8.16	8	20
0+640	15.23	15.56	12.01	7.3	20
0+660	28.16	23.58	20.39	24.11	20
0+680	22.41	20.04	22.15	26.46	20
0+700	26.6	23.74	18.98	18.71	20

*Nota:* La tabla muestra el resumen de los volúmenes de corte en secciones de

1,5,10 y 20 metros con datos obtenidos con escáner laser 3d.

**Figura 34**

*Volúmenes de corte (m<sup>3</sup>) con escáner laser 3D*



*Nota:* El gráfico de barras muestra los volúmenes de corte obtenidos con escáner laser 3d



**Tabla 9**

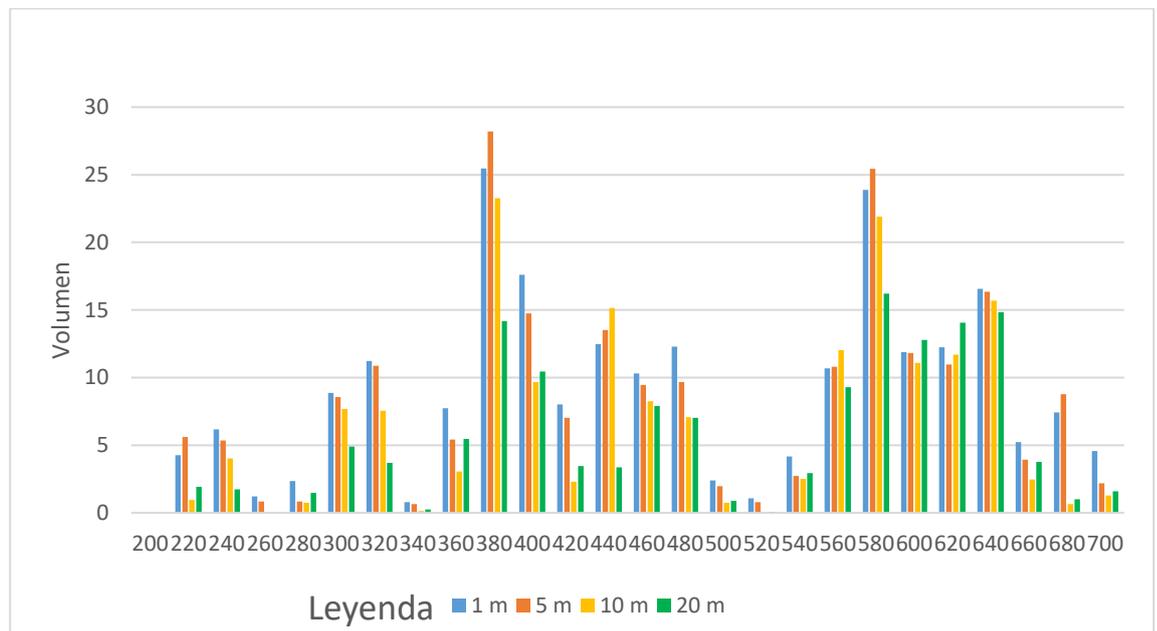
*Resumen de Volumen de Relleno y en cada 20 metros con Escáner Laser 3d*

<b>RESUMEN DE VOLUMENES DE MOVIMIENTO DE TIERRA (RELLENO) CON ESCANER LASER 3D</b>					
<b>PROG.</b>	<b>1 m</b>	<b>5 m</b>	<b>10 m</b>	<b>20 m</b>	<b>LONGITUD (M)</b>
0+200	0	0	0	0	0
0+220	4.27	5.6	0.97	1.93	20
0+240	6.18	5.36	4.03	1.73	20
0+260	1.22	0.84	0	0	20
0+280	2.36	0.83	0.74	1.48	20
0+300	8.86	8.56	7.68	4.91	20
0+320	11.23	10.88	7.55	3.69	20
0+340	0.79	0.66	0.13	0.26	20
0+360	7.74	5.43	3.05	5.47	20
0+380	25.46	28.21	23.28	14.18	20
0+400	17.6	14.74	9.66	10.46	20
0+420	8.02	7.03	2.3	3.45	20
0+440	12.49	13.51	15.15	3.36	20
0+460	10.3	9.45	8.25	7.89	20
0+480	12.3	9.67	7.08	7.03	20
0+500	2.41	1.97	0.75	0.89	20
0+520	1.07	0.79	0.05	0.06	20
0+540	4.16	2.74	2.52	2.93	20
0+560	10.69	10.81	12.03	9.3	20
0+580	23.88	25.43	21.91	16.2	20
0+600	11.9	11.81	11.08	12.78	20
0+620	12.25	10.98	11.71	14.05	20
0+640	16.56	16.35	15.68	14.85	20
0+660	5.23	3.93	2.47	3.77	20
0+680	7.43	8.77	0.66	1	20
0+700	4.57	2.19	1.29	1.59	20

*Nota:* La tabla muestra el resumen de los volúmenes de relleno en secciones de 1,5,10 y 20 metros con datos obtenidos con escáner laser 3d.

**Figura 35**

*Volúmenes de Relleno (m<sup>3</sup>) con escáner laser 3D*



*Nota:* El gráfico de barras muestra los volúmenes de relleno obtenidos con escáner laser 3d

### 3.7. PROCEDIMIENTOS PARA CÁLCULO DE VOLUMEN CON ESTACION TOTAL

#### 3.7.1. Levantamiento Topográfico con Estación Total

Posterior a la poligonación de apoyo, esta sirve como puntos de inicio para poder realizar el estacionamiento del equipo en “P-99” estación total TOP CON GTS 102N de 2 segundos, posteriormente para referenciar el equipo se visó a “P-100” una vez referenciado el equipo se procedió el levantamiento topográfico a través del método de radiación de tal manera que se pueda detallar las características de la carretera en estudio, cada 8 metros en tangente y cada 5 metros en curva, de ahí se tiene que cada punto su descripción.

Del trabajo realizado en campo se obtuvieron un conjunto de puntos que asciende a un total de 900 puntos, cuya leyenda de códigos de la descripción se muestra en la tabla N° 10.

**Tabla 10**

*Leyenda de Códigos de Levantamiento*

CODIGO	DESCRIPCIÓN
PC	Punto de Control
R	Terreno Natural
E	Eje de Vía
B	Borde de la Vía
ALC	Alcantarilla Existente

*Nota:* la tabla muestra la codificación usada al momento de realizar el levantamiento topográfico con estación total.

**Figura 36**

*levantamiento topográfico*





*Nota:* el gráfico representa el levantamiento topográfico con estación total.

**a) Trabajos Realizados en Gabinete con Datos de Estación Total.**

Terminado los trabajos de campo, se realiza el post procesamiento de datos en gabinete a través de la utilización de los distintos paquetes de software para obtener la superficie topográfica obtenida con estación total y representada en curvas de nivel a cada 0.5m curvas mayores y 1.00m curvas menores, ellos se muestran en los planos de panta y perfil.

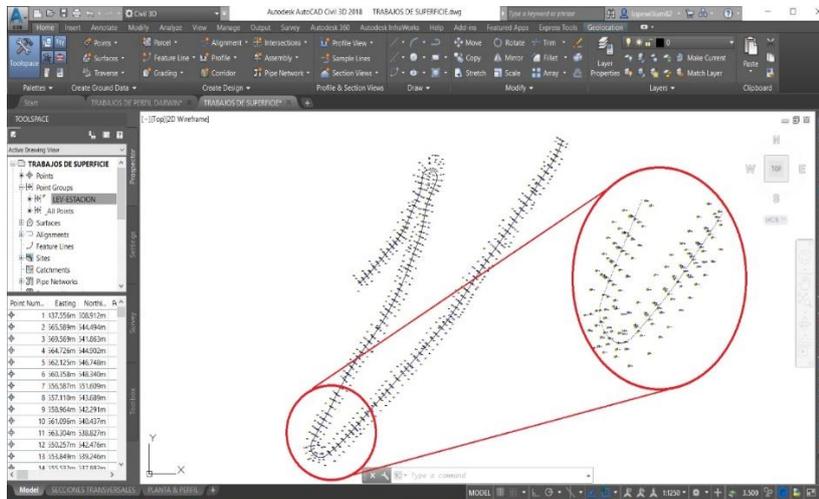
**b) Procesamiento de Datos**

Se descarga los datos de la estación total, se ordena en una hoja Excel, los puntos o data obtenida de campo con extensión .csv para luego importar desde el software AutoCAD Civil 3D 2018, acto seguido se clasifican los puntos según su descripción para mejor trabajabilidad de manera que se obtiene los puntos vistos en la figura 36.

En la figura 37 se muestra la importación de los puntos del levantamiento topográfico con estación total.

**Figura 37**

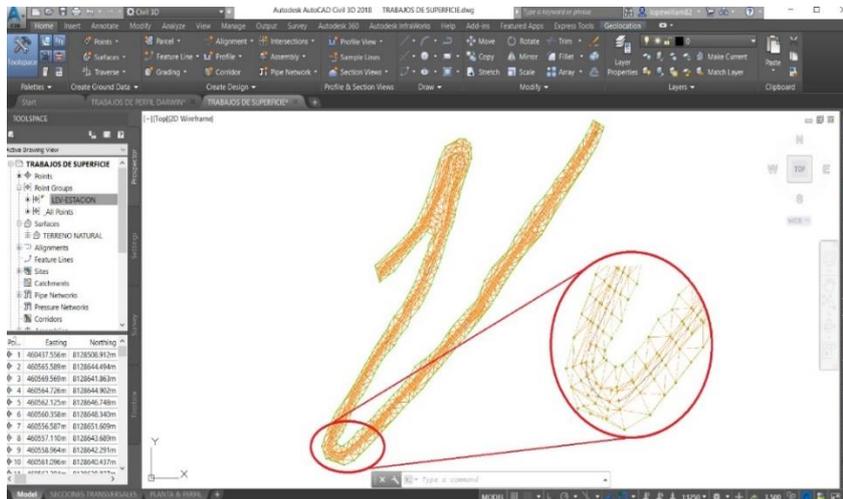
*Importación de Puntos del Levantamiento Topográfico con Estacio Total*



*Nota:* Una vez importado los puntos se procede a generar la superficie topográfica a partir de grupo de puntos (previamente importados), luego de eso se crea una red de triangulación de la superficie topográfica.

**Figura 38**

*Creación de la Triangulación de la Superficie Topográfica*



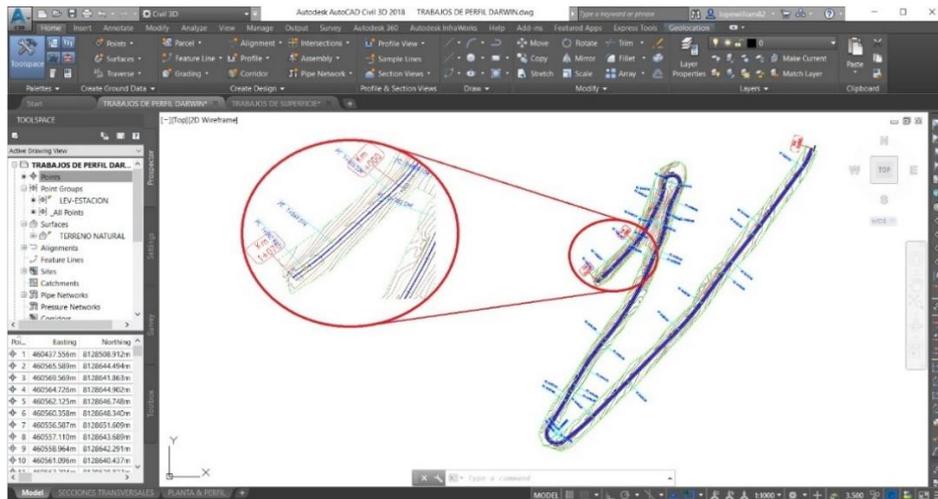
*NOTA:* para la creación de la triangulación inicialmente el programa lo genera por defecto, es decir que para obtener lo mostrado en la figura todo un proceso de

edición de la superficie topografía a fin de representar la superficie más aproximado al terreno.

### c) Creación del Alineamiento.

**Figura 39**

*Creación del Alineamiento*



*Nota:* el gráfico representa el alineamiento a partir de la superficie obtenida.

### d) Creación de Perfil Longitudinal de Superficie.

La obtención del perfil longitudinal de la vía se ha logrado a través del correcto establecimiento de un solo alineamiento para las tres superficies de la carretera existente, aspecto donde no hubo diseño geométrico ya que se trata de un mantenimiento de vía, se han determinado perfiles longitudinales de tres formas de generación de superficie topográfica con la finalidad de comparar y emitir resultados estadísticos.



### e) Cálculo de Volumen de Movimiento de Tierras Estación Total

Resultados obtenidos con el apoyo del software Autocad Civil 3D se genera un ensamble y un corredor vial de manera que sirva para la creación de la superficie proyectada de la vía.

Se muestra el cuadro de volumen de corte y relleno en cada progresiva y sus valores acumulados.

**Tabla 11**

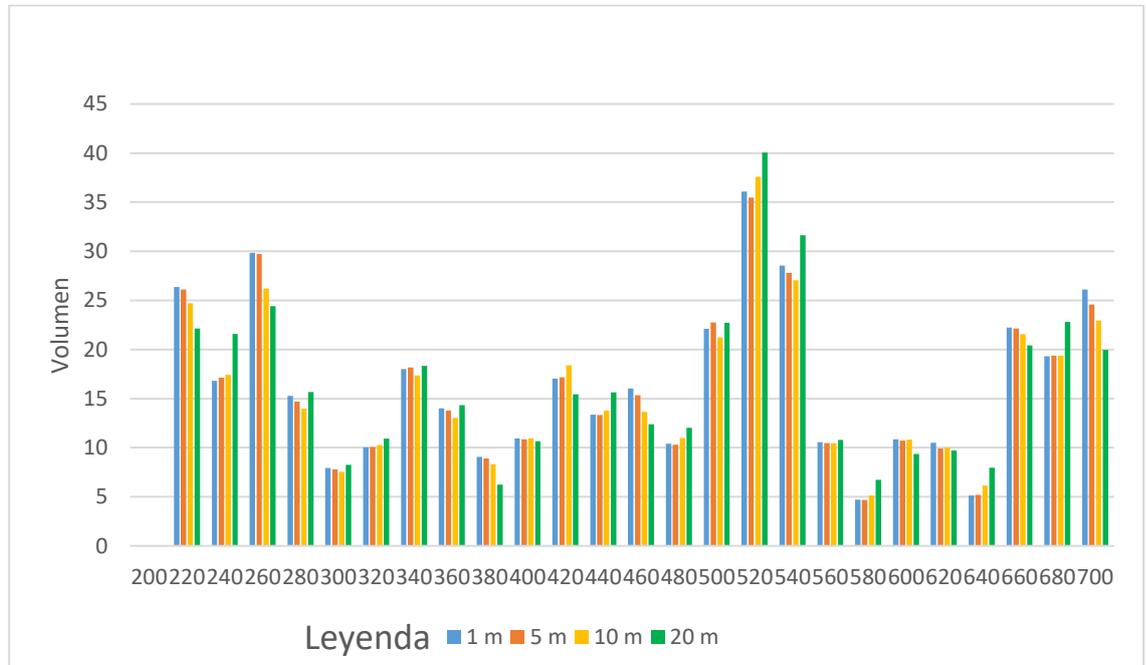
*Resumen de volumen de Corte a cada 20 metros con estación total*

<b>RESUMEN DE VOLUMENES DE MOVIMIENTO DE TIERRA (CORTE) CON ESTACIÓN TOTAL</b>					
<b>PROG.</b>	<b>1 m</b>	<b>5 m</b>	<b>10 m</b>	<b>20 m</b>	<b>LONGITUD (M)</b>
0+200	0	0	0	0	0
0+220	26.36	26.11	24.71	22.15	20
0+240	16.81	17.14	17.43	21.6	20
0+260	29.83	29.7	26.21	24.4	20
0+280	15.28	14.69	13.97	15.68	20
0+300	7.93	7.81	7.53	8.27	20
0+320	10.05	10.07	10.28	10.91	20
0+340	18	18.17	17.36	18.32	20
0+360	14	13.78	13.02	14.32	20
0+380	9.06	8.92	8.33	6.24	20
0+400	10.94	10.87	10.95	10.65	20
0+420	17.03	17.16	18.41	15.45	20
0+440	13.35	13.33	13.79	15.62	20
0+460	16.02	15.34	13.65	12.38	20
0+480	10.39	10.3	10.97	12.02	20
0+500	22.1	22.77	21.23	22.72	20
0+520	36.09	35.46	37.57	40.06	20
0+540	28.55	27.79	27.06	31.63	20
0+560	10.55	10.45	10.47	10.78	20
0+580	4.72	4.68	5.13	6.72	20
0+600	10.86	10.74	10.82	9.35	20
0+620	10.51	9.92	10	9.72	20
0+640	5.14	5.21	6.15	7.96	20
0+660	22.25	22.14	21.55	20.43	20
0+680	19.32	19.37	19.38	22.83	20
0+700	26.09	24.59	22.95	19.97	20

*Nota:* La tabla muestra el resumen de los volúmenes de corte en secciones de 1,5,10 y 20 metros con datos obtenidos con escáner laser 3d.

### Figura 40

*Volúmenes de Corte (m<sup>3</sup>) con estación total*



*Nota:* El grafico de barras muestras los volúmenes de corte obtenidos con estación total.



**Tabla 12**

*Resumen de volumen de Relleno a cada 20 metros con estación total*

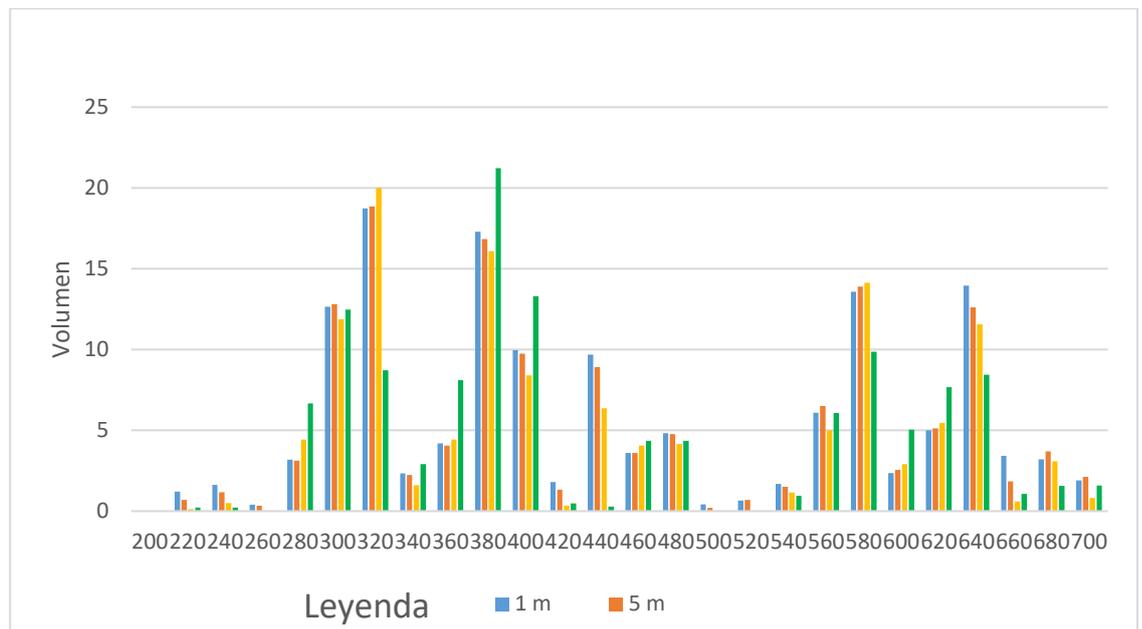
<b>RESUMEN DE VOLUMENES DE MOVIMIENTO DE TIERRA (RELLENO) CON ESTACIÓN TOTAL</b>					
<b>PROG.</b>	<b>1 m</b>	<b>5 m</b>	<b>10 m</b>	<b>20 m</b>	<b>LONGITUD (M)</b>
0+200	0	0	0	0	0
0+220	1.2	0.7	0.12	0.23	20
0+240	1.63	1.16	0.49	0.23	20
0+260	0.39	0.34	0	0	20
0+280	3.19	3.13	4.43	6.66	20
0+300	12.65	12.81	11.87	12.47	20
0+320	18.73	18.85	20	8.71	20
0+340	2.34	2.24	1.61	2.9	20
0+360	4.19	4.05	4.43	8.11	20
0+380	17.3	16.83	16.09	21.23	20
0+400	9.97	9.74	8.4	13.31	20
0+420	1.81	1.32	0.34	0.47	20
0+440	9.69	8.91	6.37	0.28	20
0+460	3.59	3.6	4.06	4.36	20
0+480	4.83	4.76	4.16	4.36	20
0+500	0.42	0.21	0	0.02	20
0+520	0.65	0.7	0	0.01	20
0+540	1.68	1.5	1.15	0.95	20
0+560	6.08	6.51	5.01	6.07	20
0+580	13.57	13.9	14.13	9.87	20
0+600	2.35	2.55	2.91	5.04	20
0+620	5.01	5.12	5.45	7.67	20
0+640	13.95	12.61	11.57	8.44	20
0+660	3.43	1.85	0.59	1.08	20
0+680	3.21	3.69	3.09	1.57	20
0+700	1.9	2.11	0.82	1.58	20

*Nota:* La tabla muestra el resumen de los volúmenes de relleno en secciones de

1,5,10 y 20 metros con datos obtenidos con escáner laser 3d.

**Figura 41**

*Volúmenes de Relleno (m<sup>3</sup>) con estación total*



*Nota:* El grafico de barras muestras los volúmenes de relleno obtenidos con estación total.

### **3.8. PROCEDIMIENTOS PARA CÁLCULO DE VOLUMEN CON NIVEL DE INGENIERO**

#### **3.8.1. Levantamiento con Nivel de Ingeniero**

Para el levantamiento topográfico con nivel de ingeniero se estaciono en el punto “S1” en donde fue necesario orientar al norte  $0^{\circ}0'0''$ , para su generación de ángulo, se viso la vista atrás hacia el punto “P99”, para controlar la altura del levantamiento. En la operación de nivelación se obtuvieron tres lecturas hilo inferior, hilo superior e hilo medio, en donde para el cálculo de la distancia desde el punto de estación es necesario restar hilo superior menos hilo inferior multiplicado por 100.

Realizaremos la vista atrás al punto de apoyo para obtener la altura del instrumento en seguida tomaremos los puntos anotando en cada uno de ellos el ángulo horizontal y las lecturas de los hilos superior, medio e inferior.

Para realizar un cambio de estación se demarco un punto con el mayor cuidado posible demarcándolo en el terreno, se dará una vista adelante hacia el punto demarcado, una vez ya estacionado en el punto se visara al punto anterior colocando 0 grados 0 minutos y 0 segundo con la ayuda del disco acimutal del nivel apuntando hacia el punto de cambio anterior tomando también sus lecturas respectivas, de esta manera continuaremos levantando los puntos restantes hasta terminar el área de estudio con los mismos procedimientos.

#### **Figura 42**

*levantamiento con Nivel de Ingeniero*



*Nota:* el gráfico representa el levantamiento con nivel de ingeniero.

#### **a) Trabajos realizados en gabinete con datos de Nivel de Ingeniero.**

Terminado los trabajos de campo, se realiza el post procesamiento de datos en gabinete, para calcular las coordenadas fue necesario utilizar la fórmula de rumbo y acimut.



Para convertir todos estos datos en coordenadas rectangulares realizaremos el proceso:

**Primero:** Calcularemos la distancia horizontal utilizando las lecturas de los hilos superior e inferior de cada punto tomado.

**Tabla 13**

*Calculo la Distancia Horizontal Utilizando las Lecturas de los hilos Superior e Inferior*

HS	HM	HI	V.AD	NORTE	DISTACIAS
2.737	2.599	2.461		BM-99	27.6
2.839	2.725	2.581		BD	25.8
2.815	2.685	2.554		E	26.1
2.865	2.738	2.605		BI	26

*Nota:* la tabla muestra las lecturas realizadas hilo superior, hilo medio e hilo inferior con nivel de ingeniero en campo.

**Segundo:** Calcularemos el acimut verdadero del primero al segundo cambio de estación el ángulo horizontal y el acimut son el mismo.

**Tabla 14**

*Cálculo del acimut verdadero*

ESTA.	PUNTO	ANGULO ORIZONTAL			
A	N.M	0	0	0	0
	1	55	12	0	0
	2	42	36	0	0
	3	48	6	0	0
	4	52	24	0	0

*Nota:* la tabla muestra los grados, minutos y segundos obtenidos en campo con nivel de ingeniero.

**Tercero:** Para encontrar el segundo acimut calcularemos el contra acimut luego sumaremos los ángulos horizontales que continúan.



**Tabla 15**

*Calcula para Encontrar el Segundo Acimut Calcularemos el Contra Acimut*

*luego Sumaremos los Ángulos Horizontales*

ESTA.	PUNTO	ANGULO ORIZONTAL	HS	HM	HI	V.AD NORTE	DISTANCIAS
A	N.M	0 0 0					
B'M	CAMBIO	222 6 0	0.483	0.317	0.152	CAMBIO	33.1
		180 0 0					
		42 6 0					
	29	143 36 0	1.075	1.038	1.002	BI	7.3
	30	160 42 0	1.008	0.975	0.945	EJE	6.3
	31	181 24 0	1.019	0.99	0.96	BD	5.9

*Nota:* la tabla muestra el proceso del punto de cambio con nivel de ingeniero.

**Cuarto:** Calcularemos el incremento norte y este de cada punto sumándolos a las coordenadas norte y este según corresponda.

**Tabla 16**

*Cálculo del Incremento norte y este de cada punto Sumándolos a las*

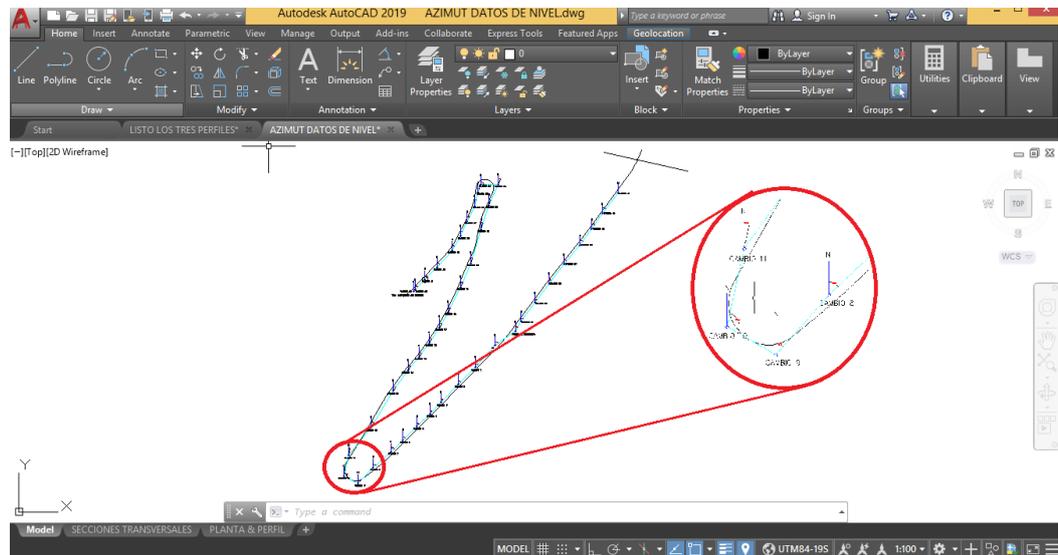
*Coordenadas Norte*

DESI MALES	RADIANES	INCREMENTO		CORRDENADAS ABSOLUTAS		COTAS
		Y	X			
				8128628.7	460542.93	3982.769
55.2	0.963	15.7516945	22.663718	8128644.5	460565.59	3981.425
42.6	0.744	18.9913048	17.4634	8128647.7	460560.39	3981.299
48.1	0.84	17.4304297	19.426531	8128646.2	460562.35	3981.339
52.4	0.915	15.8637743	20.599531	8128644.6	460563.53	3981.286

*Nota:* la tabla muestra los cálculos de los incrementos para la obtención de las coordenadas a partir de levantamiento con nivel de ingeniero.

**Figura 43**

*Puntos de Cambio del Levantamiento Topográfico con nivel de Ingeniero*



*Nota:* el gráfico representa el diagrama de puntos de cambio realizados en el levantamiento con nivel de ingeniero.

**Quinto:** La obtención de la cota, calcularemos las alturas del instrumento y luego restaremos todas las vistas delante de cada punto para así obtener la cota.

**Sexto:** Añadiremos la descripción según correspondan cada punto lecturado en campo.

Una vez calculado todas las coordenadas se ordena en una hoja Excel formato (csv) para luego importar al software AutoCAD Civil 3D 2018, acto seguido se clasifican los puntos según su descripción para mejor trabajabilidad de manera que se obtiene los puntos vistos en la tabla.



**Tabla 17**

*Leyenda de Códigos de Levantamiento*

CODIGO	DESCRIPCIÓN
S1	Punto de Control
TN	Terreno Natural
EJE	Eje de Vía
BI	Borde Izquierdo
BD	Borde Derecho
CN	Cuneta
CAMBIO	Cambio

*Nota:* la tabla se muestra los códigos que se emplearon para el levantamiento con nivel de ingeniero.

**b) Trabajos realizados en gabinete con datos de Nivel de Ingeniero.**

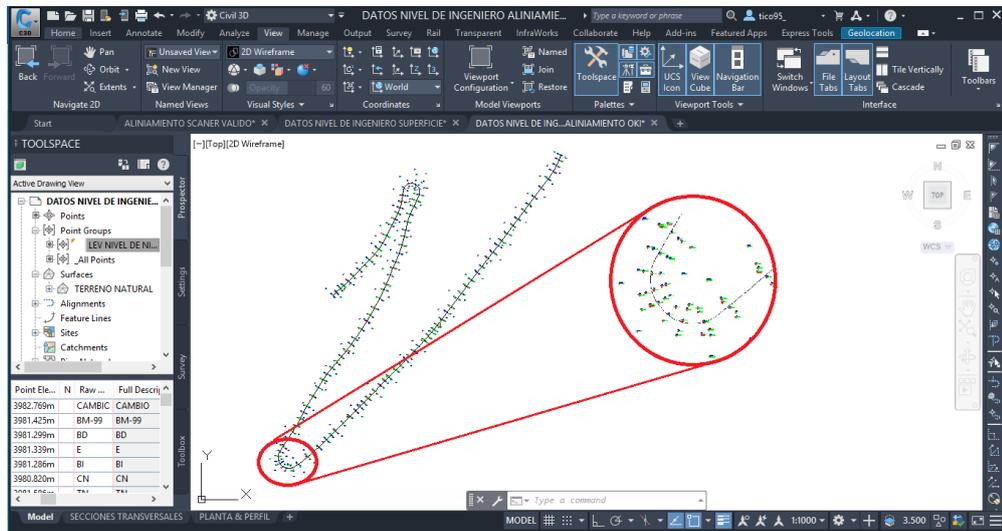
Terminado los trabajos de campo, se realiza el post procesamiento de datos en gabinete a través de la utilización de los distintos paquetes de software para obtener la superficie topográfica obtenida con nivel de ingeniero y representada en curvas de nivel a cada 0.5m curvas mayores y 1.00m curvas menores, ellos se muestran en los planos de panta y perfil.

**c) Procesamiento de Datos**

Se ordena en una hoja Excel, los puntos calculados en gabinete con extensión .csv para luego importar desde el software AutoCAD Civil 3D 2018, acto seguido se clasifican los puntos según su descripción para mejor trabajabilidad de manera que se obtiene los puntos vistos en la figura 44.

**Figura 44**

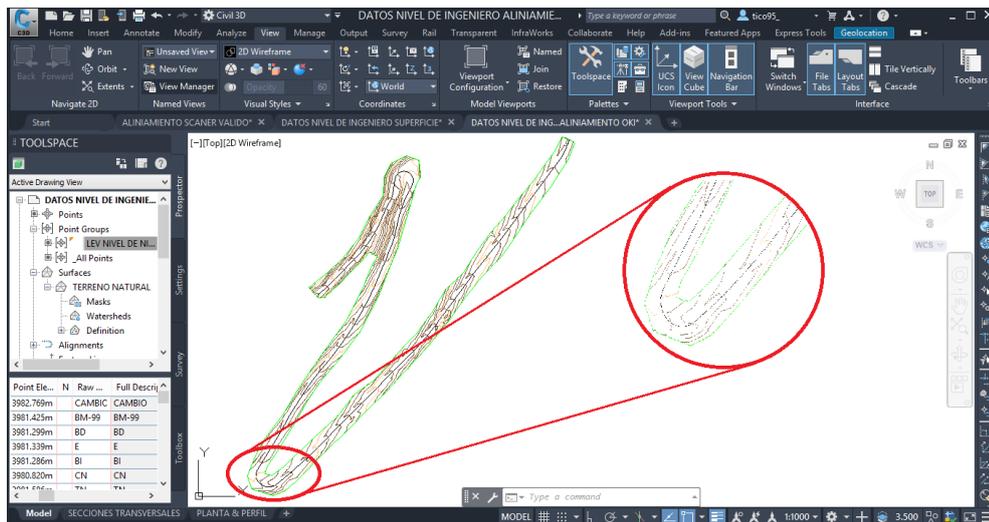
*Procesamiento de Datos del Nivel de Ingeniero*



*Nota:* Una vez importado los puntos se procede a generar la superficie topográfica a partir de grupo de puntos (previamente importados), luego de eso se crea una red de triangulación de la superficie topográfica.

**Figura 45**

*Se Muestra la Creación del Triangulación de la Superficie Topográfica*

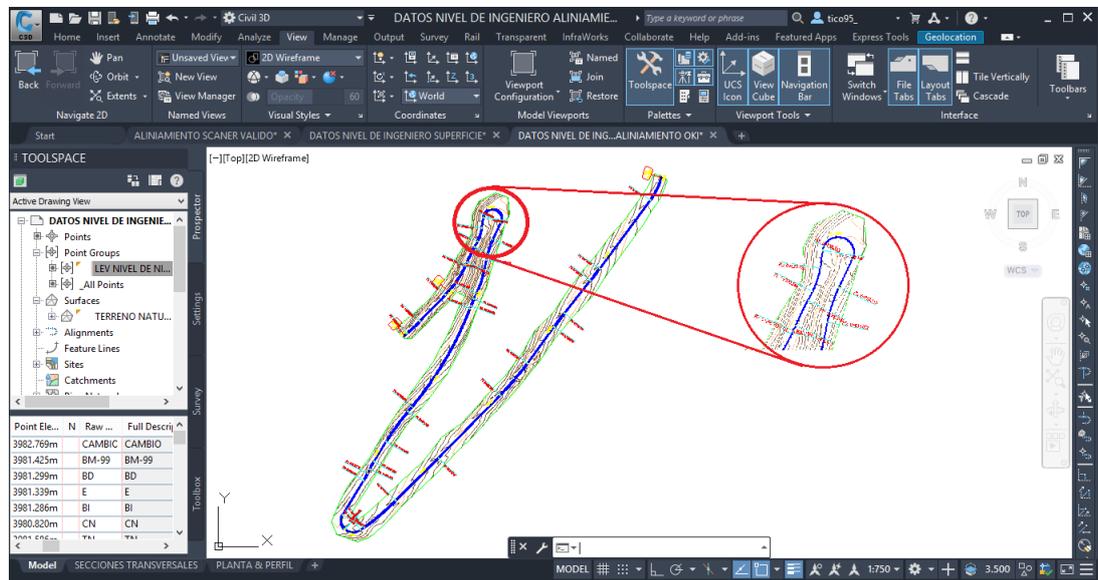


*Nota:* el gráfico representa la triangulación de la superficie.

#### d) Creación de Alineamiento

Figura 46

*Creación de Alineamiento*



*Nota:* el gráfico representa el alineamiento después de la superficie obtenida.

#### e) Creación de Perfil Longitudinal de Superficie.

La obtención del perfil longitudinal de la vía se ha logrado a través del correcto establecimiento de un solo alineamiento para las tres superficies de la carretera existente, aspecto donde no hubo diseño geométrico ya que se trata de un mantenimiento de vía, se han determinado perfiles longitudinales de tres formas de generación de superficie topográfica con la finalidad de comparar y emitir resultados estadísticos.

#### f) Cálculo de Volumen de Movimiento de Tierras con Nivel de Ingeniero

Resultados obtenidos con el apoyo del software Autocad Civil 3D se genera un ensamble y un corredor vial de manera que sirva para la creación de la superficie proyectada de la vía.



Se muestra el cuadro de volumen de corte y volumen de relleno en cada progresiva y sus valores acumulados.

**Tabla 18**

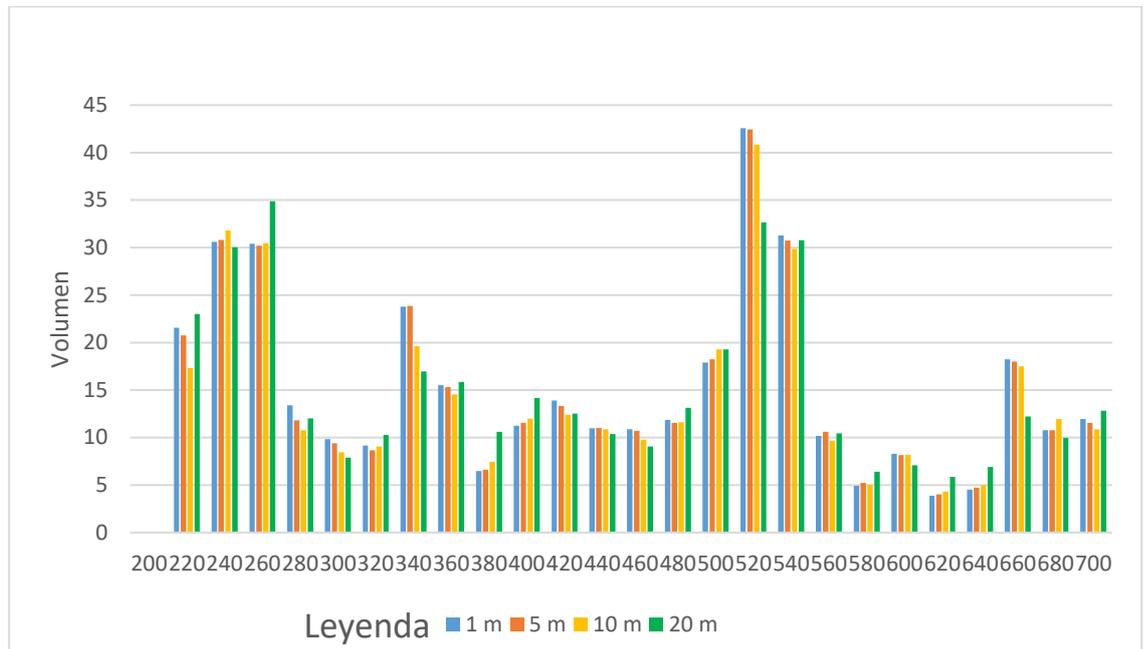
*Resumen de volumen de Corte a cada 20 metros con nivel de ingeniero*

<b>RESUMEN DE VOLUMENES DE MOVIMIENTO DE TIERRA (CORTE) CON NIVEL DE INGENIERO</b>					
<b>PROG.</b>	<b>1 m</b>	<b>5 m</b>	<b>10 m</b>	<b>20 m</b>	<b>LONGITUD (M)</b>
0+200	0	0	0	0	0
0+220	21.57	20.77	17.34	23.02	20
0+240	30.6	30.82	31.82	30.03	20
0+260	30.42	30.2	30.48	34.89	20
0+280	13.39	11.81	10.76	12.03	20
0+300	9.85	9.4	8.45	7.88	20
0+320	9.16	8.64	9.05	10.28	20
0+340	23.78	23.85	19.61	16.97	20
0+360	15.51	15.32	14.54	15.86	20
0+380	6.47	6.6	7.44	10.61	20
0+400	11.26	11.55	11.99	14.18	20
0+420	13.9	13.34	12.4	12.53	20
0+440	10.98	11	10.87	10.37	20
0+460	10.86	10.71	9.76	9.05	20
0+480	11.85	11.56	11.63	13.12	20
0+500	17.9	18.23	19.28	19.28	20
0+520	42.56	42.43	40.82	32.67	20
0+540	31.29	30.75	29.88	30.76	20
0+560	10.16	10.6	9.66	10.44	20
0+580	4.91	5.24	5.02	6.39	20
0+600	8.28	8.15	8.17	7.06	20
0+620	3.89	4.03	4.32	5.87	20
0+640	4.51	4.71	4.99	6.91	20
0+660	18.24	18.01	17.51	12.22	20
0+680	10.79	10.77	11.96	9.96	20
0+700	11.96	11.56	10.88	12.84	20

*Nota:* La tabla muestra el resumen de los volúmenes de corte en secciones de 1,5,10 y 20 metros con datos obtenidos con escáner laser 3d.

**Figura 47**

*Volúmenes de Corte (m<sup>3</sup>) con nivel de ingeniero*



*Nota:* El grafico de barras muestras los volúmenes de corte obtenidos con nivel de ingeniero



**Tabla 19**

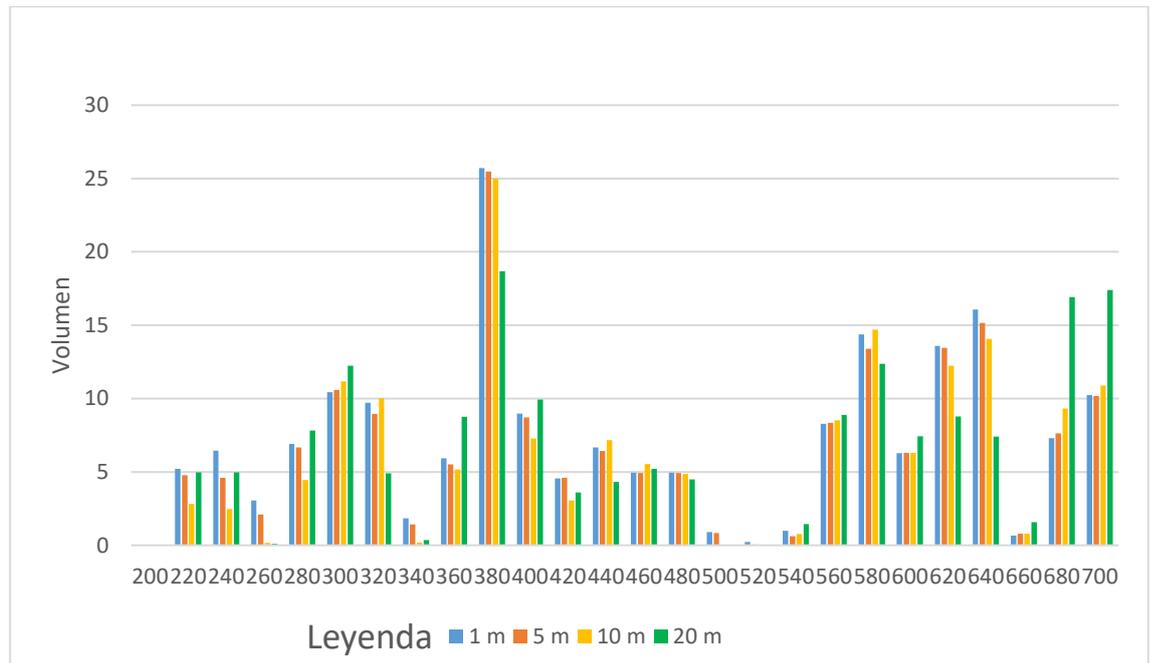
*Resumen de Volumen de Relleno a cada 20 metros con Nivel de Ingeniero*

<b>PROG.</b>	<b>1 m</b>	<b>5 m</b>	<b>10 m</b>	<b>20 m</b>	<b>LONGITUD (M)</b>
0+200	0	0	0	0	0
0+220	5.22	4.78	2.81	4.97	20
0+240	6.45	4.61	2.48	4.97	20
0+260	3.06	2.1	0.16	0.09	20
0+280	6.9	6.66	4.44	7.82	20
0+300	10.43	10.58	11.18	12.25	20
0+320	9.71	8.95	10.02	4.91	20
0+340	1.83	1.43	0.18	0.36	20
0+360	5.94	5.52	5.16	8.76	20
0+380	25.7	25.47	25	18.69	20
0+400	8.98	8.72	7.28	9.93	20
0+420	4.56	4.6	3.06	3.6	20
0+440	6.68	6.42	7.17	4.33	20
0+460	4.94	4.93	5.54	5.22	20
0+480	4.96	4.92	4.86	4.5	20
0+500	0.9	0.84	0	0.01	20
0+520	0.22	0.06	0	0	20
0+540	1	0.62	0.77	1.44	20
0+560	8.27	8.35	8.51	8.9	20
0+580	14.38	13.4	14.7	12.38	20
0+600	6.27	6.3	6.29	7.44	20
0+620	13.58	13.46	12.24	8.78	20
0+640	16.07	15.15	14.06	7.42	20
0+660	0.66	0.79	0.79	1.57	20
0+680	7.3	7.63	9.33	16.92	20
0+700	10.23	10.18	10.89	17.4	20

*Nota:* La tabla muestra el resumen de los volúmenes de relleno en secciones de 1,5,10 y 20 metros con datos obtenidos con escáner laser 3d.

**Figura 48**

*Volúmenes de Relleno (m<sup>3</sup>) con nivel de ingeniero*

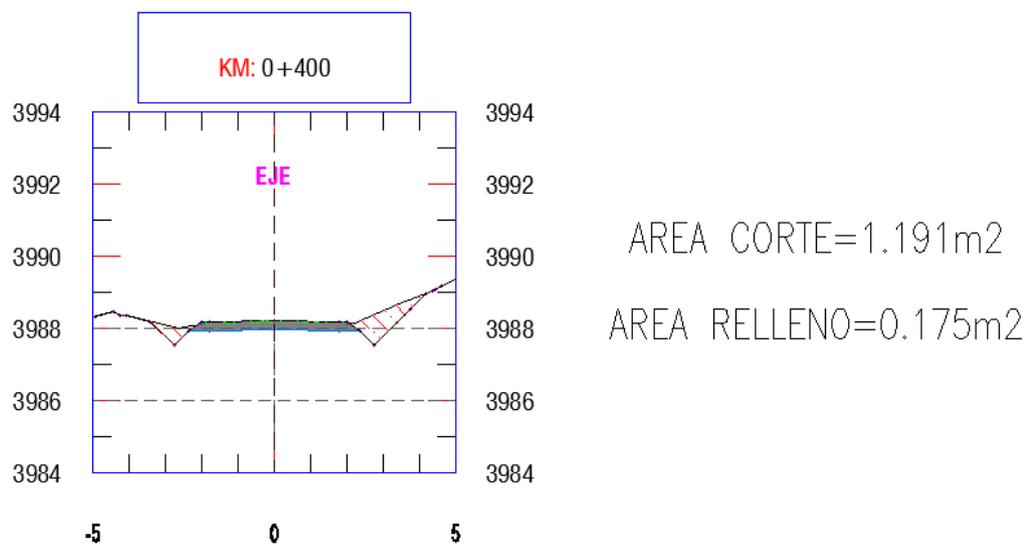


*Nota:* El gráfico de barras muestra los volúmenes de relleno obtenidos con nivel de ingeniero

### 3.9. COMPARACIÓN DE SECCIONES

**Figura 49**

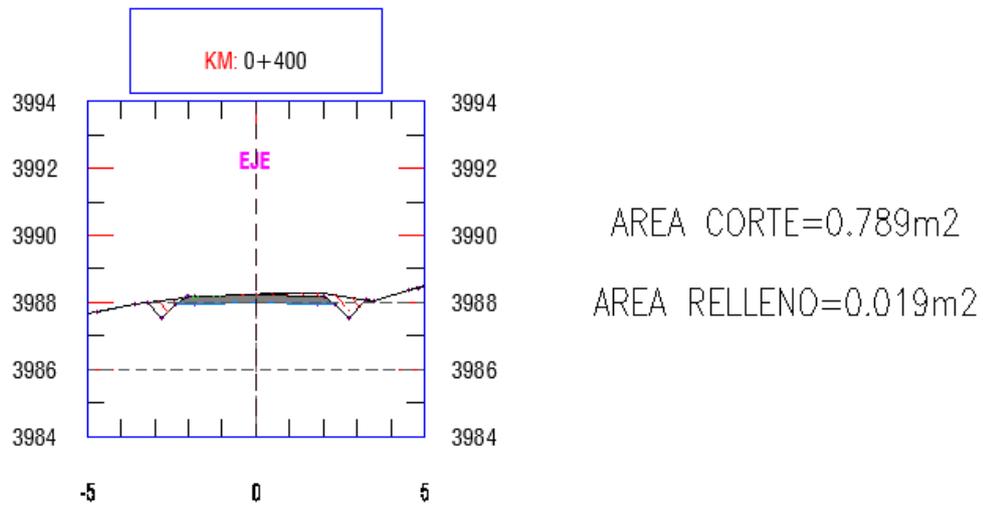
*Sección a 1 metro con escáner laser 3D*



*Nota:* el gráfico muestra una sección obtenida por el equipo escáner laser 3D

**Figura 50**

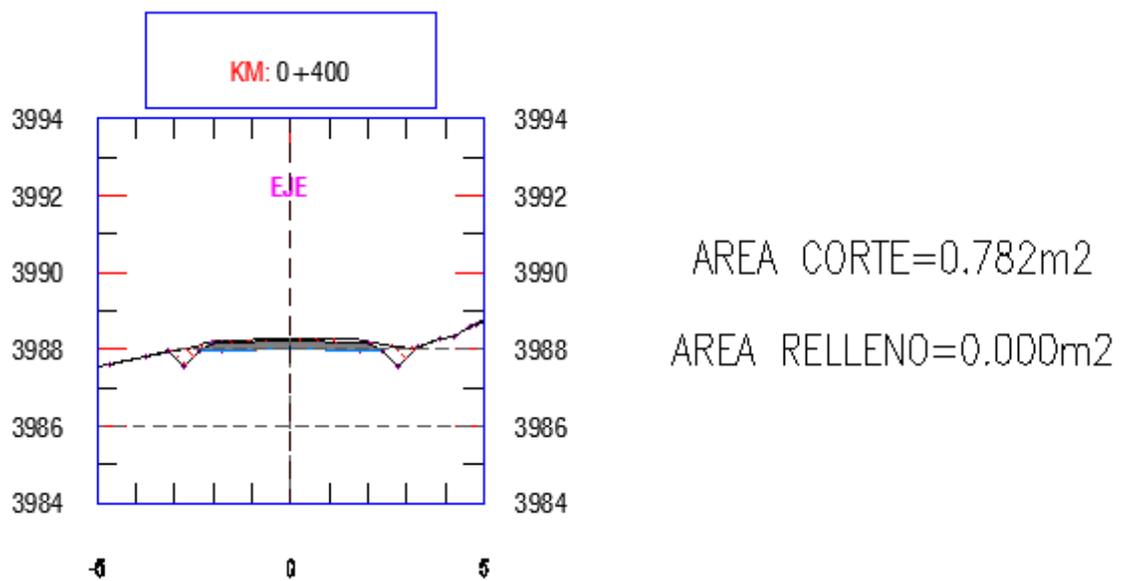
*Sección a 1metro con estación total.*



*Nota:* el gráfico muestra una sección obtenida por el equipo estación total.

**Figura 51**

*Sección a 1metro con nivel de ingeniero*



*Nota:* el gráfico muestra una sección obtenida por el equipo nivel de ingeniero

### 3.10. COSTO DE VOLUMEN EN SECCIONES GENERADAS SEGÚN CADA EQUIPO

Desde punto de vista el costo del volumen de movimiento de tierra se tomó un valor de s/.40 por metro cubico en corte y relleno para los tres resultados.

**Tabla 20**

*Cuadro de resultados volumen de corte y relleno*

Secciones	Escáner Laser 3D		Estación Total		Nivel de Ingeniero		Unidad
	Corte	Relleno	Corte	Relleno	Corte	Relleno	
1 metro	473.48	229.14	411.23	143.82	384.09	184.75	m3
5 metros	436.00	216.54	406.51	139.19	380.05	176.47	m3
10 metros	389.87	170.02	398.92	127.09	368.63	166.92	m3
20 metros	424.60	143.26	410.18	125.62	375.22	172.66	m3

*Nota:* la tabla muestra los resultados de corte y relleno de los tres equipos.

Teniendo los resultados de los tres equipos se hace el análisis de costo del volumen en m3 en corte y relleno ya que es muy importante en la ejecución de una obra vial.

**Tabla 21**

*Volumen de Movimiento de Tierra en Corte de 500 metros con escáner laser 3d*

volumen movimiento de tierra en corte escáner laser 3d	cantidad	precio	parcial
volumen de movimiento de tierra en secciones de 1 metro	473.48	40	S/. 18,939.20
volumen de movimiento de tierra en secciones de 5 metros	436.00	40	S/. 17,440.00
volumen de movimiento de tierra en secciones de 10 metros	389.87	40	S/. 15,594.80
volumen de movimiento de tierra en secciones de 20 metros	424.26	40	S/. 16,970.40

*Nota:* la tabla muestra los resultados de costos en secciones de 1,5,10 y 20 metros



**Tabla 22**

*Volumen de Movimiento de Tierra en Corte de 500 metros con estación total*

<b>volumen movimiento de tierra en corte estación total</b>	<b>cantidad</b>	<b>precio</b>	<b>parcial</b>
volumen de movimiento de tierra en secciones de 1 metro	411.23	40	S/. 16,449.20
volumen de movimiento de tierra en secciones de 5 metros	398.92	40	S/. 15,956.80
volumen de movimiento de tierra en secciones de 10 metros	406.51	40	S/. 16,260.40
volumen de movimiento de tierra en secciones de 20 metros	410.18	40	S/. 16,407.20

Nota: la tabla muestra los resultados de costos en secciones de 1,5,10 y 20 metros

**Tabla 23**

*Volumen de Movimiento de Tierra en Corte de 500 metros con nivel de ingeniero*

<b>volumen movimiento de tierra en corte nivel de ingeniero</b>	<b>cantidad</b>	<b>precio</b>	<b>parcial</b>
volumen de movimiento de tierra en secciones de 1 metro	384.09	40	S/. 15,363.60
volumen de movimiento de tierra en secciones de 5 metros	380.05	40	S/. 15,202.00
volumen de movimiento de tierra en secciones de 10 metros	368.03	40	S/. 14,721.20
volumen de movimiento de tierra en secciones de 20 metros	375.22	40	S/. 15,008.80

Nota: la tabla muestra los resultados de costos en secciones de 1,5,10 y 20 metros

**Tabla 24**

*Volumen de Movimiento de Tierra en Relleno de 500 metros con escáner laser*

*3d*

<b>volumen movimiento de tierra en relleno escáner laser 3d</b>	<b>cantidad</b>	<b>precio</b>	<b>parcial</b>
volumen de movimiento de tierra en secciones de 1 metro	229.14	40	S/. 9,165.60
volumen de movimiento de tierra en secciones de 5 metros	216.54	40	S/. 8,661.60
volumen de movimiento de tierra en secciones de 10 metros	170.02	40	S/. 6,800.80
volumen de movimiento de tierra en secciones de 20 metros	143.26	40	S/. 5,730.40

Nota: la tabla muestra los resultados de costos en secciones de 1,5,10 y 20 metros

**Tabla 25**

*Volumen de Movimiento de Tierra en Relleno de 500 metros con estación total*

<b>volumen movimiento de tierra en relleno estación total</b>	<b>cantidad</b>	<b>precio</b>	<b>parcial</b>
volumen de movimiento de tierra en secciones de 1 metro	143.92	40	S/. 5,756.80
volumen de movimiento de tierra en secciones de 10 metros	127.09	40	S/. 5,083.60
volumen de movimiento de tierra en secciones de 5 metros	139.19	40	S/. 5,567.60
volumen de movimiento de tierra en secciones de 20 metros	125.62	40	S/. 5,024.80

Nota: la tabla muestra los resultados de costos en secciones de 1,5,10 y 20 metros



**Tabla 26**

*Volumen de Movimiento de Tierra en Relleno de 500 metros con nivel de ingeniero*

<b>volumen movimiento de tierra en relleno nivel de ingeniero</b>	<b>cantidad</b>	<b>precio</b>	<b>parcial</b>
volumen de movimiento de tierra en secciones de 1 metro	184.75	40	S/. 7,390.00
volumen de movimiento de tierra en secciones de 5 metros	176.47	40	S/. 7,058.80
volumen de movimiento de tierra en secciones de 10 metros	166.92	40	S/. 6,676.80
volumen de movimiento de tierra en secciones de 20 metros	172.66	40	S/. 6,906.40

Nota: la tabla muestra los resultados de costos en secciones de 1,5,10 y 20 metros



## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. RESULTADOS

En este capítulo se presenta los resultados obtenidos sobre las carreteras no pavimentadas en la región Puno, las mismas que están constituido a base de un sistema de tramos viales que se integran a través de una Red de Carreteras.

Para los resultados de la investigación se usó el método de análisis de varianza, este análisis de varianza compara más de dos grupos, el cual el ANOVA compara las medias de estos grupos para ver si son estadísticamente diferentes o si son similares.

Posterior a ello se usó la prueba de tukeyHSD, este se usó para comparar como se relacionan entre los grupos. Además, se hizo la prueba de normalidad para determinar la distribución de mediciones y finalmente se hizo la prueba de homogeneidad para saber las varianzas de las mediciones en movimiento de tierras.

##### 4.1.1. Comparación de Resultados para el Objetivo Específico 1

Hipótesis Nula  $H_0: H_0: \mu_1 = \mu_2$

Hipótesis Alterna  $H_a: H_a: \mu_1 \neq \mu_2$

Se evaluará a un nivel de significancia  $0.05=5\%$



a) Prueba estadística para secciones de 1 metro de volumen de corte

Tabla 27

Datos obtenidos en corte secciones a 1 metro

PROG.	escáner	estación total	nivel
0+200	0	0	0
0+201	1.03	1.42	1.94
0+202	1.35	1.44	2.07
0+203	1.33	1.47	2.2
0+204	1.01	1.49	2.25
0+205	0.98	1.51	2.11
0+206	1.15	1.52	1.86
0+207	1.27	1.49	1.6
0+208	1.17	1.43	1.31
0+209	1.53	1.39	1.01
0+210	1.45	1.37	0.72
0+211	0.95	1.37	0.55
0+212	0.91	1.37	0.51
0+213	1.27	1.35	0.49
0+214	1.33	1.32	0.47
0+215	1.16	1.26	0.44
0+216	1.3	1.19	0.42
0+217	1.37	1.11	0.41
0+218	1.23	1.03	0.4
0+219	0.91	0.96	0.4
0+220	0.69	0.87	0.41

Nota: la tabla muestra una parte de los resultados de corte obtenidos con los tres instrumentos en secciones de 1 metro, ver el cuadro completo en los anexos.

$H_0$ : No hay diferencias de volúmenes en movimiento de tierras de los tres equipos topográficos.

$H_a$ : Al menos un par de volúmenes en movimiento de tierras son diferentes significativamente de los tres equipos topográficos.

**Tabla 28**

*Análisis de Varianza y Prueba de las Mediciones del Volumen en Movimiento de Tierras según tres Equipos Topográficos para Secciones de 1 metro en corte*

ANOVA						
		Diferencia de cuadrados	Suma de cuadrados	Media cuadrática	Valor de F	Valor de P
Instrumento	2		8.4	4.192	16.34	9.58E-08
Residual	1500		384.9	0.257		

*Nota:* la tabla muestra datos obtenidos del procesamiento de datos de con programa libre R.

La tabla 28 demuestra que la diferencia ( $p=0.000$ ) significativa entre los tres volúmenes en corte, por lo que se realiza la comparación de promedios para obtener las conclusiones respectivas.

### Prueba de tukeyHSD

**Tabla 29**

*Comparación de TukeyHSD de las Mediciones del Volumen en Movimiento de Tierras Según tres Equipos Topográficos para Secciones de 1 metro en Corte*

	Diferencia	Límite inferior	Límite superior	Valor de P
Estación total-Escáner laser 3D	-0.124252	-0.199341	-0.049162	0.0003181
Nivel de ingeniero-Escáner laser 3D	-0.178423	-0.253513	-0.103333	0.0000001
Nivel de Ingeniero-Estación total	-0.054172	-0.129261	0.0209181	0.208369

*Nota:* la tabla muestra la prueba de TukeyHSD.

**Tabla 30**

*Prueba de Promedios Test HSD a Secciones de Corte de 1 metro*

HSD Test	Promedio Vol. corte	Desviación estándar	N° de muestras	min	máx.
Estación Total	0.8208184	0.4648319	501	0	2.52
Nivel de Ingeniero	0.7666467	0.5889957	501	0	2.96
Escáner laser 3D	0.9450699	0.4548541	501	0	2.33

*Nota:* la tabla muestra la prueba de promedios con TukeyHSD.

**Tabla 31**

*Cuadro de Tratamientos*

	Vol. corte	grupos
Escáner laser 3D	0.9450699	a
Estación Total	0.8208184	b
Nivel de Ingeniero	0.7666467	b

*Nota:* la tabla muestra la distribución de grupos.

Se verifico que el promedio de las mediciones del volumen en movimiento de tierras del equipo topográficos estación total y nivel de ingeniero son semejantes y escáner laser 3D es diferente a comparación de los otros equipos.

**Pruebas de normalidad.****Tabla 32**

*Pruebas de Normalidad de las Mediciones del Volumen en Movimiento de Tierras según tres Equipos Topográficos para Secciones de 1 metro corte.*

Instrumento	Prueba	Estadístico	p-valor
escáner laser 3D	Kolmogorov-Smirnow	0.073174	9.814e-07
Estación total	Kolmogorov-Smirnow	0.12168	2.2e-16
Nivel de Ingeniero	Kolmogorov-Smirnow	0.17958	2.2e-16

*Nota:* la tabla muestra la prueba de Kolmogorov-Smirnow por que se tiene una muestra mayor a 50.

De la tabla 32, como el p -valor ( $p=0.000$ ) fue muy significativo menor a un nivel de confianza de 0.05 realizada con las dos pruebas (Kolmogorov-Smirnow). Concluimos que las mediciones del volumen en movimiento de tierras realizadas por los tres instrumentos no se aproximan a una distribución normal.

**Prueba de Levene****Tabla 33**

*Pruebas de Homogeneidad de Varianza de las Mediciones del Volumen en Movimiento de Tierras según tres Equipos Topográficos para Secciones de 1 metro en Corte*

Prueba	Estadístico	p-valor
Levene	1.7263	0.1783

*Nota:* la tabla muestra la prueba de homogeneidad entre los tres equipos.

Según los resultados de la tabla 33 se verifico que el p-valor (0.1783) es mayor a un nivel de confianza de 0.05, Concluimos que las varianzas de las mediciones del volumen en movimiento de tierras de los tres equipos topográficos son semejantes.



## b) Prueba estadística para secciones 1 metro de volumen de relleno

**Tabla 34**

*Datos obtenidos en relleno secciones a 1 metro*

PROG.	ESCANER	ESTACION TOTAL	NIVEL DE INGENIERO
0+200	0	0	0
0+201	0.1	0	0
0+202	0.1	0.02	0.03
0+203	0.23	0.04	0.05
0+204	0.39	0.06	0.07
0+205	0.38	0.08	0.08
0+206	0.31	0.1	0.08
0+207	0.2	0.12	0.08
0+208	0.28	0.17	0.07
0+209	0.23	0.19	0.05
0+210	0.06	0.09	0.03
0+211	0.1	0	0.2
0+212	0.26	0.01	0.48
0+213	0.19	0.02	0.58
0+214	0.12	0.03	0.59
0+215	0.39	0.03	0.59
0+216	0.34	0.04	0.59
0+217	0.09	0.05	0.57
0+218	0.24	0.07	0.55
0+219	0.26	0.08	0.53
0+220	0.17	0.06	0.51

*Nota:* la tabla muestra una parte de los resultados de relleno obtenidos con los tres instrumentos en secciones de 1 metro, ver el cuadro completo en los anexos.

$H_0$ : No hay diferencias de volúmenes en movimiento de tierras de los tres equipos topográficos.

$H_a$ : Al menos un par de volúmenes en movimiento de tierras son diferentes significativamente de los tres equipos topográficos.

**Tabla 35**

*Análisis de Varianza y Prueba de las Mediciones del Volumen en Movimiento de Tierras según tres Equipos Topográficos para Secciones de 1 metro en Relleno*

ANOVA					
	Diferencia	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F valor	p-valor
Instrumento	2	7.27	3.634	27.49	1.88E-12
Residual	1500	198.3	0.132		

*Nota:* la tabla muestra datos obtenidos del procesamiento de datos de con

programa libre R.

La tabla 35 demuestra que la diferencia ( $p=0.000$ ) significativa entre los tres volúmenes en relleno, por lo que se realiza la comparación de promedios para obtener las conclusiones respectivas.

### **Prueba de tukeyHSD**

**Tabla 36**

*Comparación de TukeyHSD de las Mediciones del Volumen en Movimiento de Tierras Según tres Equipos Topográficos para Secciones de 1 metro en Relleno*

	Diferencia	Límite inferior	Límite superior	p-valor
Estación total-escáner laser 3D	-0.170299	-0.224194	-0.116405	0
Nivel de ingeniero-escáner laser 3D	-0.088603	-0.142497	-0.034708	0.000352
Nivel de Ingeniero-Estación total	0.0816966	0.0278021	0.1355912	0.0011285

*Nota:* la tabla muestra la prueba de TukeyHSD.

**Tabla 37**

*Prueba de Promedios Test HSD a Secciones de Relleno de 1 metro*

HSD Test					
	Promedio Vol. Relleno	Desviación estándar	N° de muestras	min	máx.
Estación Total	0.2870659	0.3337304	501	0	1.56
Nivel de Ingeniero	0.3687625	0.3735206	501	0	1.73
Escáner laser 3D	0.4573653	0.3817117	501	0	1.92

*Nota:* la tabla muestra la prueba de promedios con TukeyHSD.

**Tabla 38**

*Cuadro de Tratamientos*

	Vol. Relleno	grupos
Escáner laser 3D	0.4573653	a
Nivel de Ingeniero	0.3687625	b
Estación Total	0.2870659	c

*Nota:* la tabla muestra la distribución de grupos.

Según la tabla 38 se verifico que el promedio de las mediciones del volumen en movimiento de tierras del equipo topográficos estación total, nivel de ingeniero y escáner laser 3D no son semejantes.

## Prueba de normalidad

**Tabla 39**

*Pruebas de Normalidad de las Mediciones del Volumen en Movimiento de Tierras según tres Equipos Topográficos para Secciones de 1 metro Relleno*

Instrumento	Prueba Estadístico	p-valor
Escáner laser 3D	Kolmogorov-Smirnow	0.1246 2.20E-16
Estación total	Kolmogorov-Smirnow	0.19601 2.20E-16
Nivel de Ingeniero	Kolmogorov-Smirnow	0.16176 2.20E-16

*Nota:* la tabla muestra la prueba de Kolmogorov-Smirnow por que se tiene una muestra mayor a 50.

De la tabla 39, como el p-valor ( $p=0.000$ ) fue muy significativo menor a un nivel de confianza de 0.05 realizada con las dos pruebas (Kolmogorov-Smirnow), Concluimos que las mediciones del volumen en movimiento de tierras realizadas por los tres instrumentos no se aproximan a una distribución normal.

## Prueba de Levene

**Tabla 40**

*Pruebas de Homogeneidad de Varianza de las Mediciones del Volumen en Movimiento de Tierras según tres Equipos Topográficos para Secciones de 1 metro en Relleno*

Prueba	Estadístico	p-valor
Levene	7.2697	0.0007211

*Nota:* la tabla muestra la prueba de homogeneidad entre los tres equipos.

Según los resultados de la tabla 40 se verifico que el p-valor (0.0007211) es menor a un nivel de confianza de 0.05. Concluimos que las varianzas de las mediciones del volumen en movimiento de tierras de los tres equipos topográficos no son semejantes.



c) Prueba estadística para secciones 5 metro de volumen de corte

Tabla 41

*Datos obtenidos en corte secciones a 5 metros*

PROG.	ESCANER	EST. TOTAL	NIVEL INGENIERO
0+200	0	0	0
0+205	4.88	7.33	9.67
0+210	4.8	7.21	6.42
0+215	5.74	6.48	2.54
0+220	4.63	5.09	2.14
0+225	3.95	4.1	2.44
0+230	3.72	3.75	5.59
0+235	4.28	3.78	10.27
0+240	5.87	5.51	12.52
0+245	7.92	8.32	11.95
0+250	8.77	8.43	8.76
0+255	7.87	6.87	5.24
0+260	7.99	6.08	4.25
0+265	7.45	4.88	4.12
0+270	5.78	3.71	3.04
0+275	4.65	3.21	2.55
0+280	4.25	2.89	2.1
0+285	2.87	2.13	1.93
0+290	2.33	1.77	2.32
0+295	3.06	1.95	2.52
0+300	3.82	1.96	2.63

*Nota:* la tabla muestra una parte de los resultados de corte obtenidos con los tres instrumentos en secciones de 5 metros, ver el cuadro completo en los anexos.

$H_0$ : No hay diferencias de volúmenes en movimiento de tierras de los tres equipos topográficos.

$H_a$ : Al menos un par de volúmenes en movimiento de tierras son diferentes significativamente de los tres equipos topográficos.

**Tabla 42**

*Análisis de Varianza y Prueba de las Mediciones del Volumen en Movimiento de Tierras según tres Equipos Topográficos para Secciones de 5 metros en corte*

ANOVA					
	Diferencia	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F valor	p-valor
Instrumento	2	15.5	7.656	1.378	0.254
Residual	300	1689.2	5.631		

*Nota:* la tabla muestra datos obtenidos del procesamiento de datos de con

programa libre R.

La tabla 42 demuestra que la diferencia ( $p=0.254$ ) significativamente mayor entre los tres volúmenes de corte, por lo que se realiza la comparación de promedios para obtener las conclusiones respectivas.

### **Prueba de tukeyHSD**

**Tabla 43**

*Comparación de TukeyHSD de las Mediciones del Volumen en Movimiento de Tierras Según tres Equipos Topográficos para Secciones de 5 metros en Corte*

	diferencia	Límite inferior	Límite superior	p-valor
Estación total-Escáner laser 3D	-0.29198	-1.078472	0.4945119	0.6568535
Nivel de ingeniero-Escáner laser 3D	-0.55396	-1.340453	0.2325317	0.222816
Nivel de Ingeniero-Estación total	-0.26198	-1.048472	0.5245119	0.7127953

*Nota:* la tabla muestra la prueba de TukeyHSD.

**Tabla 44**

*Prueba de Promedios Test HSD a Secciones de Corte de 5 metros*

HSD Test	Promedio Vol.	Desviación	N° de		
	corte	estándar	muestras	min	max
Estación Total	4.024851	2.252057	101	0	10.91
Nivel de Ingeniero	3.762871	2.794227	101	0	12.52
Escáner laser 3D	4.316832	2.003023	101	0	9.32

*Nota:* la tabla muestra la prueba de promedios con TukeyHSD.

**Tabla 45**

*Cuadro de Tratamientos*

	Vol. corte	grupos
Escáner laser 3D	4.316832	a
Estación Total	4.024851	a
Nivel de Ingeniero	3.762871	a

*Nota:* la tabla muestra la distribución de grupos.

En la tabla 45 se verifico que el promedio de las mediciones del volumen en movimiento de tierras del equipo topográficos estación total, nivel de ingeniero y escáner laser 3D son semejantes.

## Prueba de normalidad

**Tabla 46**

*Pruebas de Normalidad de las Mediciones del Volumen en Movimiento de Tierras según tres Equipos Topográficos para Secciones de 5 metros corte.*

Instrumento	Prueba Estadístico	p-valor
escáner laser 3D	Kolmogorov-Smirnow	0.05189
Estación total	Kolmogorov-Smirnow	0.10911
Nivel de Ingeniero	Kolmogorov-Smirnow	0.20079

*Nota:* la tabla muestra la prueba de Kolmogorov-Smirnow por que se tiene una muestra mayor a 50.

De la tabla 46, como el p-valor fue muy significativo menor a un nivel de confianza de 0.05 realizada con las dos pruebas (Kolmogorov-Smirnow), Concluimos que un par de mediciones del volumen en movimiento de tierras realizadas por los tres instrumentos no se aproximan a una distribución normal.

## Prueba de Levene

**Tabla 47**

*Pruebas de Homogeneidad de Varianza de las Mediciones del Volumen en Movimiento de Tierras según tres Equipos Topográficos para Secciones de 5 metros en Corte*

Prueba	Estadístico	p-valor
Levene	0.8175	0.4425

*Nota:* la tabla muestra la prueba de homogeneidad entre los tres equipos.

Según los resultados de la tabla 47 se verifico que el p-valor (0.4425) es mayor a un nivel de confianza de 0.05, Concluimos que las varianzas de las mediciones del volumen en movimiento de tierras de los tres equipos topográficos son semejantes.

**d) Prueba estadística para secciones 5 metro de volumen de relleno****Tabla 48***Datos obtenidos en relleno secciones a 5 metros*

PROG.	ESCANER	ESTACION TOTAL	NIVEL DE INGENIERO
0+200	0	0	0
0+205	1.08	0.23	0.21
0+210	1.03	0.23	0.29
0+215	1.53	0.09	1.56
0+220	1.96	0.15	2.72
0+225	1.82	0.3	2.85
0+230	2.18	0.34	1.6
0+235	1.08	0.31	0.08
0+240	0.28	0.21	0.08
0+245	0.08	0	0.04
0+250	0.08	0	0.07
0+255	0.34	0.17	1
0+260	0.34	0.17	0.99
0+265	0.05	0.01	0.19
0+270	0.05	0.29	0.3
0+275	0.18	0.72	2.19
0+280	0.55	2.11	3.98
0+285	1.46	3.37	3.01
0+290	2.39	3.12	2.35
0+295	2.58	3.14	2.67
0+300	2.13	3.18	2.55

*Nota:* la tabla muestra una parte de los resultados de relleno obtenidos con los tres instrumentos en secciones de 5 metros, ver el cuadro completo en los anexos.

**$H_0$ :** No hay diferencias de volúmenes en movimiento de tierras de los tres equipos topográficos.

**$H_a$ :** Al menos un par de volúmenes en movimiento de tierras son diferentes significativamente de los tres equipos topográficos.

**Tabla 49**

*Análisis de Varianza y Prueba de las Mediciones del Volumen en Movimiento de Tierras según tres Equipos Topográficos para Secciones de 5 metros en Relleno*

ANOVA					
	Diferencia	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F valor	p-valor
Instrumento	2	29.6	14.816	4.846	0.00848
Residual	300	917.2	3.057		

*Nota:* la tabla muestra datos obtenidos del procesamiento de datos de con

programa libre R.

La tabla 49 demuestra que la diferencia ( $p=0.00848$ ) significativa entre los tres volúmenes en relleno, por lo que se realiza la comparación de promedios para obtener las conclusiones respectivas.

### **Prueba de TukeyHSD**

**Tabla 50**

*Comparación de TukeyHSD de las Mediciones del Volumen en Movimiento de Tierras Según tres Equipos Topográficos para Secciones de 5 metros en Relleno*

	diferencia	Límite inferior	Límite superior	p-valor
Estación total-Escáner laser 3D	-0.765842	-1.345388	-0.186296	0.0057521
Nivel de ingeniero-Escáner laser 3D	-0.396733	-0.976279	0.1828133	0.2419024
Nivel de Ingeniero-Estación total	0.3691089	-0.210437	0.9486549	0.2923086

*Nota:* la tabla muestra la prueba de TukeyHSD.

**Tabla 51***Prueba de Promedios Test HSD a Secciones de Relleno de 5 metros*

HSD Test					
	Promedio Vol. Relleno	Desviación estándar	N° de muestras	min	máx.
Estación Total	1.378119	1.590292	101	0	6.54
Nivel de Ingeniero	1.747228	1.738823	101	0	7.48
Escáner laser 3D	2.14396	1.90245	101	0	8.35

*Nota:* la tabla muestra la prueba de promedios con TukeyHSD.**Tabla 52***Cuadro de Tratamientos*

	Vol. Relleno	grupos
Escáner laser 3D	2.14396	a
Nivel de Ingeniero	1.747228	ab
Estación Total	1.378119	b

*Nota:* la tabla muestra la distribución de grupos.

En la tabla 52 se verifico que el promedio de las mediciones del volumen en movimiento de tierras del equipo topográficos estación total, nivel de ingeniero son semejantes y escáner laser 3D y nivel de ingeniero son semejantes.

**Prueba de normalidad****Tabla 53***Pruebas de Normalidad de las Mediciones del Volumen en Movimiento de Tierras según tres Equipos Topográficos para Secciones de 5 metros Relleno*

Instrumento	Prueba Estadístico	p-valor
Escáner laser 3D	Kolmogorov-Smirnow	0.12988
Estación total	Kolmogorov-Smirnow	0.2255
Nivel de Ingeniero	Kolmogorov-Smirnow	0.15749



*Nota:* la tabla muestra la prueba de Kolmogorov-Smirnow por que se tiene una muestra mayor a 50.

De la tabla 53, como el p-valor fue muy significativo menor a un nivel de confianza de 0.05 realizada con las dos pruebas (Kolmogorov-Smirnow). Concluimos que las mediciones del volumen en movimiento de tierras realizadas por los tres instrumentos no se aproximan a una distribución normal.

### **Prueba de Levene**

#### **Tabla 54**

*Pruebas de Homogeneidad de Varianza de las Mediciones del Volumen en Movimiento de Tierras según tres Equipos Topográficos para Secciones de 5 metros en Relleno*

Prueba	Estadístico	p-valor
Levene	1.282	0.279

*Nota:* la tabla muestra la prueba de homogeneidad entre los tres equipos.

Según los resultados de la tabla 54 se verifico que el p-valor (0.279) es mayor a un nivel de confianza de 0.05. Concluimos que las varianzas de las mediciones del volumen en movimiento de tierras de los tres equipos topográficos no son semejantes.



e) Prueba estadística para secciones 10 metro de volumen de corte

Tabla 55

*Datos obtenidos en corte secciones a 10 metros*

PROG.	ESCANER	ESTACION TOTAL	NIVEL DE INGENIERO
0+200	0	0	0
0+210	9.95	13.87	12.31
0+220	7.57	10.84	5.03
0+230	4.91	7.34	10.52
0+240	7.63	10.09	21.3
0+250	12.53	13.78	19.42
0+260	14.5	12.43	11.06
0+270	11.4	8.49	6.92
0+280	7.25	5.48	3.84
0+290	5.36	4.11	3.73
0+300	5.8	3.42	4.72
0+310	8.22	4.13	4.42
0+320	9.69	6.15	4.63
0+330	11.28	7.84	8.24
0+340	11.9	9.52	11.37
0+350	8.78	8.35	9.11
0+360	5.52	4.67	5.43
0+370	2.94	4.34	3.19
0+380	4.11	3.99	4.25
0+390	6.47	4.19	5.63
0+400	8.76	6.76	6.36
0+410	10.37	9.29	6.98
0+420	8.28	9.12	5.42
0+430	5.71	6.77	5.2
0+440	5.95	7.02	5.67
0+450	6.55	7.76	5.45
0+460	5.11	5.89	4.31
0+470	6.04	4.64	4.23
0+480	8.36	6.33	7.4
0+490	10.29	8.76	9.64
0+500	11.4	12.47	9.64

*Nota:* la tabla muestra una parte de los resultados de corte obtenidos con los tres instrumentos en secciones de 10 metros, ver el cuadro completo en los anexos.



$H_0$ : No hay diferencias de volúmenes en movimiento de tierras de los tres equipos topográficos.

$H_a$ : Al menos un par de volúmenes en movimiento de tierras son diferentes significativamente de los tres equipos topográficos.

**Tabla 56**

*Análisis de Varianza y Prueba de las Mediciones del Volumen en Movimiento de Tierras según tres Equipos Topográficos para Secciones de 10 metros en corte*

ANOVA					
	Diferencia	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F valor	p-valor
Instrumento	2	9.5	4.74	0.251	0.778
Residual	150	2829.9	18.87		

*Nota:* la tabla muestra datos obtenidos del procesamiento de datos de con programa libre R.

La tabla 56 demuestra que la diferencia ( $p=0.778$ ) significativamente mayor entre los tres volúmenes en corte, por lo que se realiza la comparación de promedios para obtener las conclusiones respectivas.

## Prueba de TukeyHSD

**Tabla 57**

*Comparación de TukeyHSD de las Mediciones del Volumen en Movimiento de Tierras Según tres Equipos Topográficos para Secciones de 10 metros en Corte*

	diferencia	Límite inferior	Límite superior	p-valor
Estación total-Escáner laser 3D	1.77E-01	-1.8597	2.213602	0.9768138
Nivel de ingeniero-Escáner laser 3D	-4.16E-16	-2.452622	1.619681	0.8789081
Nivel de Ingeniero-Estación total	-5.94E-02	-2.630073	1.44223	0.7694078

*Nota:* la tabla muestra la prueba de TukeyHSD.

**Tabla 58**

*Prueba de Promedios Test HSD a Secciones de Corte de 10 metros*

HSD Test	Promedio Vol. corte	Desviación estándar	N° de muestras	min	Max
Estación Total	7.821961	4.258209	51	0	21.22
Nivel de Ingeniero	7.228039	5.135299	51	0	23.83
Escáner laser 3D	7.64451	3.477827	51	0	14.50

*Nota:* la tabla muestra la prueba de promedios con TukeyHSD.

**Tabla 59**

*Cuadro de Tratamientos*

	Vol. corte	grupos
Escáner laser 3D	7.64451	a
Estación Total	7.821961	a
Nivel de Ingeniero	7.228039	a

*Nota:* la tabla muestra la distribución de grupos.

En la tabla 59 se verificó que el promedio de las mediciones del volumen en movimiento de tierras del equipo topográficos estación total, nivel de ingeniero y escáner laser 3D son semejantes.

## Prueba de normalidad

### Tabla 60

*Pruebas de Normalidad de las Mediciones del Volumen en Movimiento de Tierras según tres Equipos Topográficos para Secciones de 10 metros corte.*

Instrumento	Prueba Estadístico	p-valor
Escáner laser 3D	Kolmogorov-Smirnow	0.094098
Estación total	Kolmogorov-Smirnow	0.10615
Nivel de Ingeniero	Kolmogorov-Smirnow	0.16823

*Nota:* la tabla muestra la prueba de Kolmogorov-Smirnow por que se tiene una muestra mayor a 50.

De la tabla 60, como el p-valor fue muy significativo mayor a un nivel de confianza de 0.05 realizada con las dos pruebas (Kolmogorov-Smirnow). Concluimos que las mediciones del volumen en movimiento de tierras realizadas por los tres instrumentos se aproximan a una distribución normal.

## Prueba de Levene

### Tabla 61

*Pruebas de Homogeneidad de Varianza de las Mediciones del Volumen en Movimiento de Tierras según tres Equipos Topográficos para Secciones de 10 metros en Corte*

Prueba	Estadístico	p-valor
Levene	0.6224	0.538

*Nota:* la tabla muestra la prueba de homogeneidad entre los tres equipos.

Según los resultados de la tabla 61 se verifico que el p-valor (0.538) es mayor a un nivel de confianza de 0.05, Concluimos que las varianzas de las mediciones del volumen en movimiento de tierras de los tres equipos topográficos son semejantes.



**f) Prueba estadística para secciones 10 metro de volumen de relleno**

**Tabla 62**

*Datos obtenidos en relleno secciones a 10 metros*

PROG.	ESCANER	ESTACION TOTAL	NIVEL DE INGENIERO
0+200	0	0	0
0+210	0.1	0	0.16
0+220	0.87	0.12	2.65
0+230	2.45	0.3	2.48
0+240	1.58	0.19	0
0+250	0	0	0.06
0+260	0	0	0.1
0+270	0	0.55	0.31
0+280	0.74	3.88	4.13
0+290	3.35	6.15	6.38
0+300	4.33	5.72	4.8
0+310	4.57	10.73	6.06
0+320	2.98	9.27	3.96
0+330	0.13	1.53	0.18
0+340	0	0.08	0
0+350	0.16	0.19	0.39
0+360	2.89	4.24	4.77
0+370	10.83	6.79	12.21
0+380	12.45	9.3	12.79
0+390	6.57	7.43	6.12
0+400	3.09	0.97	1.16
0+410	1.16	0.15	0.63
0+420	1.14	0.19	2.43
0+430	7.59	3.25	4.3
0+440	7.56	3.12	2.87
0+450	2.98	0.94	1.83
0+460	5.27	3.12	3.71
0+470	4.9	3.17	3.55
0+480	2.18	0.99	1.31
0+490	0.57	0	0
0+500	0.18	0	0

*Nota:* la tabla muestra una parte de los resultados de relleno obtenidos con los tres

instrumentos en secciones de 10 metros, ver el cuadro completo en los anexos.

$H_0$ : No hay diferencias de volúmenes en movimiento de tierras de los tres equipos topográficos.

$H_a$ : Al menos un par de volúmenes en movimiento de tierras son diferentes significativamente de los tres equipos topográficos.

### Tabla 63

*Análisis de Varianza y Prueba de las Mediciones del Volumen en Movimiento de Tierras según tres Equipos Topográficos para Secciones de 10 metros en Relleno*

ANOVA					
	Diferencia	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F valor	p-valor
Instrumento	2	22.5	11.24	1.042	0.355
Residual	150	1617.1	10.78		

*Nota:* la tabla muestra datos obtenidos del procesamiento de datos de con programa libre R.

La tabla 63 demuestra que la diferencia ( $p=0.335$ ) significativamente mayor entre los tres volúmenes en relleno, por lo que se realiza la comparación de promedios para obtener las conclusiones respectivas.

## Prueba de TukeyHSD

**Tabla 64**

*Comparación de TukeyHSD de las Mediciones del Volumen en Movimiento de Tierras Según tres Equipos Topográficos para Secciones de 10 metros en Relleno*

	diferencia	Límite inferior	Límite superior	p-valor
Estación total-Escáner laser 3D	-8.42E-01	-2.380941	0.6974114	0.4004275
Nivel de ingeniero-Escáner laser 3D	-6.08E-18	-1.59996	1.4783918	0.9951936
Nivel de Ingeniero-Estación total	7.81E-02	-0.758196	2.3201565	0.4543653

*Nota:* la tabla muestra la prueba de TukeyHSD.

**Tabla 65**

*Prueba de Promedios Test HSD a Secciones de Relleno de 10 metros*

HSD Test

	Promedio Vol. Relleno	Desviación estándar	N° de muestras	min	máx.
Estación Total	2.491961	2.974756	51	0	10.73
Nivel de Ingeniero	3.272941	3.3331	51	0	12.79
Escáner laser 3D	3.333725	3.518965	51	0	12.45

*Nota:* la tabla muestra la prueba de promedios con TukeyHSD.

**Tabla 66**

*Cuadro de Tratamientos*

	Vol. Relleno	grupos
Escáner laser 3D	3.333725	a
Nivel de Ingeniero	3.272941	a

Estación Total 2.491961 a

*Nota:* la tabla muestra la distribución de grupos.

En la tabla 66 se verifico que el promedio de las mediciones del volumen en movimiento de tierras del equipo topográficos estación total, nivel de ingeniero y escáner laser 3D son semejantes.

### Prueba de normalidad

#### Tabla 67

*Pruebas de Normalidad de las Mediciones del Volumen en Movimiento de Tierras según tres Equipos Topográficos para Secciones de 10 metros Relleno*

Instrumento	Prueba Estadístico	p-valor
Escáner laser 3D	Kolmogorov-Smirnow	0.17173 0.0006744
Estación total	Kolmogorov-Smirnow	0.22307 9.98E-07
Nivel de Ingeniero	Kolmogorov-Smirnow	0.16306 0.001665

*Nota:* la tabla muestra la prueba de Kolmogorov-Smirnow por que se tiene una muestra mayor a 50.

De la tabla 67, como el p-valor fue muy significativo menor a un nivel de confianza de 0.05 realizada con las dos pruebas (Kolmogorov-Smirnow), Concluimos que las mediciones del volumen en movimiento de tierras realizadas por los tres instrumentos no se aproximan a una distribución normal.

### Prueba de Levene

#### Tabla 68

*Pruebas de Homogeneidad de Varianza de las Mediciones del Volumen en Movimiento de Tierras según tres Equipos Topográficos para Secciones de 10 metros en Relleno*

Prueba	Estadístico	p-valor
Levene	0.826	0.4298

*Nota:* la tabla muestra la prueba de homogeneidad entre los tres equipos.



Según los resultados de la tabla 68 se verifico que el p-valor (0.4298) es mayor a un nivel de confianza de 0.05, Concluimos que las varianzas de las mediciones del volumen en movimiento de tierras de los tres equipos topográficos son semejantes.

**g) Prueba estadística para secciones 20 metro de volumen de corte.**

**Tabla 69**

*Datos obtenidos en corte secciones a 20 metros*

PROG.	ESCANER	ESTACION TOTAL	NIVEL DE INGENIERO
0+200	0	0	0
0+220	15.48	22.15	23.02
0+240	16.19	21.6	30.03
0+260	25.59	24.4	34.89
0+280	21.22	15.68	12.03
0+300	13.80	8.27	7.88
0+320	17.61	10.91	10.28
0+340	21.79	18.32	16.97
0+360	16.51	14.32	15.86
0+380	12.33	6.24	10.61
0+400	19.25	10.65	14.18
0+420	19.63	15.45	12.53
0+440	15.92	15.62	10.37
0+460	13.57	12.38	9.05
0+480	15.32	12.02	13.12
0+500	20.93	22.72	19.28
0+520	28.44	40.06	32.67
0+540	23.25	31.63	30.76
0+560	9.86	10.78	10.44
0+580	5.85	6.72	6.39
0+600	7.48	9.35	7.06
0+620	8.00	9.72	5.87
0+640	7.30	7.96	6.91
0+660	24.11	20.43	12.22
0+680	26.46	22.83	9.96
0+700	18.71	19.97	12.84

*Nota:* la tabla muestra una parte de los resultados de corte obtenidos con los tres instrumentos en secciones de 20 metros.



$H_0$ : No hay diferencias de volúmenes en movimiento de tierras de los tres equipos topográficos.

$H_a$ : Al menos un par de volúmenes en movimiento de tierras son diferentes significativamente de los tres equipos topográficos.

**Tabla 70**

*Análisis de Varianza y Prueba de las Mediciones del Volumen en Movimiento de Tierras según tres Equipos Topográficos para Secciones de 20 metros en corte*

ANOVA	Diferencia	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F valor	p-valor
Instrumento	2	50	24.8	0.366	0.695
Residual	75	5077	67.69		

*Nota:* la tabla muestra datos obtenidos del procesamiento de datos de con programa libre R.

La tabla 70 demuestra que la diferencia ( $p=0.695$ ) significativamente mayor entre los tres volúmenes en corte, por lo que se realiza la comparación de promedios para obtener las conclusiones respectivas.

## Prueba de TukeyHSD

**Tabla 71**

*Comparación de TukeyHSD de las Mediciones del Volumen en Movimiento de Tierras Según tres Equipos Topográficos para Secciones de 20 metros en Corte*

	diferencia	Límite inferior	Límite superior	p-valor
Estación total-Escáner laser 3D	-0.5546154	-6.011016	4.901785	0.967975
Nivel de ingeniero-Escáner laser 3D	-1.8992308	-7.355631	3.55717	0.6842616
Nivel de Ingeniero-Estación total	-1.3446154	-6.801016	4.111785	0.8263025

*Nota:* la tabla muestra la prueba de TukeyHSD.

**Tabla 72**

*Prueba de Promedios Test HSD a Secciones de Corte de 20 metros*

HSD Test	Promedio Vol. corte	Desviación estándar	N° de muestras	min	máx.
Estación Total	15.77615	8.610976	26	0	40.06
Nivel de Ingeniero	14.43154	8.941498	26	0	34.89
Escáner laser 3D	16.33077	6.998937	26	0	28.44

*Nota:* la tabla muestra la prueba de promedios con TukeyHSD.

**Tabla 73**

*Cuadro de Tratamientos*

	Vol. corte	grupos
Estación Total	15.77615	a
Escáner laser 3D	16.33077	a
Nivel de Ingeniero	14.43154	a

*Nota:* la tabla muestra la distribución de grupos.

En la tabla 73 se verifico que el promedio de las mediciones del volumen en movimiento de tierras del equipo topográficos estación total, nivel de ingeniero escáner laser 3D son semejantes.

### Prueba de normalidad

#### Tabla 74

*Pruebas de Normalidad de las Mediciones del Volumen en Movimiento de Tierras según tres Equipos Topográficos para Secciones de 20 metro corte.*

Instrumento	Prueba	Estadístico	p-valor
Escáner laser 3D	Shapiro - Wilk	0.97996	0.8732
Estación total	Shapiro - Wilk	0.94729	0.2002
Nivel de Ingeniero	Shapiro - Wilk	0.87361	0.004231

*Nota:* la tabla muestra la prueba de Shapiro - Wilk por que se tiene una muestra menor a 50.

De la tabla 74, como el p-valor fue muy significativo menor a un nivel de confianza de 0.05 realizada con las dos pruebas (Shapiro - Wilk), Concluimos que un par de mediciones del volumen en movimiento de tierras realizadas por los tres instrumentos se aproximan a una distribución normal.

### Prueba de Levene

#### Tabla 75

*Pruebas de Homogeneidad de Varianza de las Mediciones del Volumen en Movimiento de Tierras según tres Equipos Topográficos para Secciones de 20 metro en Corte*

Prueba	Estadístico	p-valor
Levene	0.0375	0.9632

*Nota:* la tabla muestra la prueba de homogeneidad entre los tres equipos.



Según los resultados de la tabla 75, se verifico que el p-valor (0.9632) es mayor a un nivel de confianza de 0.05, Concluimos que las varianzas de las mediciones del volumen en movimiento de tierras de los tres equipos topográficos son semejantes.

**h) Prueba estadística para secciones 20 metro de volumen de relleno.**

**Tabla 76**

*Datos obtenidos en relleno secciones a 20 metros*

PROG.	ESCANER	ESTACION TOTAL	NIVEL INGENIERO
0+200	0	0	0
0+220	1.93	0.23	4.97
0+240	1.73	0.23	4.97
0+260	0	0	0.09
0+280	1.48	6.66	7.82
0+300	4.91	12.47	12.25
0+320	3.69	8.71	4.91
0+340	0.26	2.9	0.36
0+360	5.47	8.11	8.76
0+380	14.18	21.23	18.69
0+400	10.46	13.31	9.93
0+420	3.45	0.47	3.6
0+440	3.36	0.28	4.33
0+460	7.89	4.36	5.22
0+480	7.03	4.36	4.5
0+500	0.89	0.02	0.01
0+520	0.06	0.01	0
0+540	2.93	0.95	1.44
0+560	9.3	6.07	8.9
0+580	16.2	9.87	12.38
0+600	12.78	5.04	7.44
0+620	14.05	7.67	8.78
0+640	14.85	8.44	7.42
0+660	3.77	1.08	1.57
0+680	1	1.57	16.92
0+700	1.59	1.58	17.4

*Nota:* la tabla muestra una parte de los resultados de relleno obtenidos con los tres instrumentos en secciones de 20 metros.

$H_0$ : No hay diferencias de volúmenes en movimiento de tierras de los tres equipos topográficos.

$H_a$ : Al menos un par de volúmenes en movimiento de tierras son diferentes significativamente de los tres equipos topográficos.

### **Tabla 77**

*Análisis de Varianza y Prueba de las Mediciones del Volumen en Movimiento de Tierras según tres Equipos Topográficos para Secciones de 20 metros en Relleno*

ANOVA					
	Diferencia	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F valor	p-valor
Instrumento	2	43.4	21.72	0.757	0.473
Residual	75	2151.6	28.69		

*Nota:* la tabla muestra datos obtenidos del procesamiento de datos de con programa libre R.

La tabla 77 demuestra que la diferencia ( $p=0.473$ ) significativamente mayor entre los tres volúmenes en relleno, por lo que se realiza la comparación de promedios para obtener las conclusiones respetivas.

## Prueba de TukeyHSD

**Tabla 78**

*Comparación de TukeyHSD de las Mediciones del Volumen en Movimiento de Tierras Según tres Equipos Topográficos para Secciones de 20 metros en Relleno*

	Diferencia	Límite inferior	Límite superior	p-valor
Estación total-Escáner laser 3D	-0.678462	-4.230523	2.8736	0.8915683
Nivel de ingeniero-Escáner laser 3D	1.1307692	-2.421293	4.682831	0.7278199
Nivel de Ingeniero-Estación total	1.8092308	-1.742831	5.361293	0.4464084

*Nota:* la tabla muestra la prueba de TukeyHSD.

**Tabla 79**

*Prueba de Promedios Test HSD a Secciones de Relleno de 20 metros*

HSD Test					
	Promedio Vol. Relleno	Desviación estándar	N° de muestras	min	máx.
Estación Total	4.831538	5.314188	26	0	21.23
Nivel de Ingeniero	6.640769	5.497967	26	0	18.69
Escáner laser 3D	5.51	5.253237	26	0	16.20

*Nota:* la tabla muestra la prueba de promedios con TukeyHSD.

**Tabla 80**

*Cuadro de Tratamientos*

	Vol. Relleno	grupos
Escáner laser 3D	5.51	a
Nivel de Ingeniero	6.640769	a
Estación Total	4.831538	a

*Nota:* la tabla muestra la distribución de grupos.

En la tabla 80, se verifico que el promedio de las mediciones del volumen en movimiento de tierras del equipo topográficos estación total, nivel de ingeniero y escáner laser 3D son semejantes.

### Prueba de normalidad

#### Tabla 81

*Pruebas de Normalidad de las Mediciones del Volumen en Movimiento de Tierras según tres Equipos Topográficos para Secciones de 20 metros Relleno*

Instrumento	Prueba Estadístico	p-valor
Escáner laser 3D	Shapiro - Wilk	0.86432
Estación total	Shapiro - Wilk	0.84516
Nivel de Ingeniero	Shapiro - Wilk	0.9175

*Nota:* la tabla muestra la prueba de Shapiro - Wilk por que se tiene una muestra menor a 50.

De la tabla 81, como el p-valor fue muy significativo menor a un nivel de confianza de 0.05 realizada con las dos pruebas (Shapiro - Wilk). Concluimos que las mediciones del volumen en movimiento de tierras realizadas por los instrumentos escáner laser 3D y estación total son semejantes y en el instrumento de nivel de ingeniero no se aproximan a una distribución normal.

### Prueba de Levene

#### Tabla 82

*Pruebas de Homogeneidad de Varianza de las Mediciones del Volumen en Movimiento de Tierras según tres Equipos Topográficos para Secciones de 20 metros en Relleno*

Prueba	Estadístico	p-valor
Levene	0.0222	0.978

*Nota:* la tabla muestra la prueba de homogeneidad entre los tres equipos.

Según los resultados de la tabla 82 se verifico que el p-valor (0.978) es mayor a un nivel de confianza de 0.05, Concluimos que las varianzas de las mediciones del volumen en movimiento de tierras de los tres equipos topográficos son semejantes.

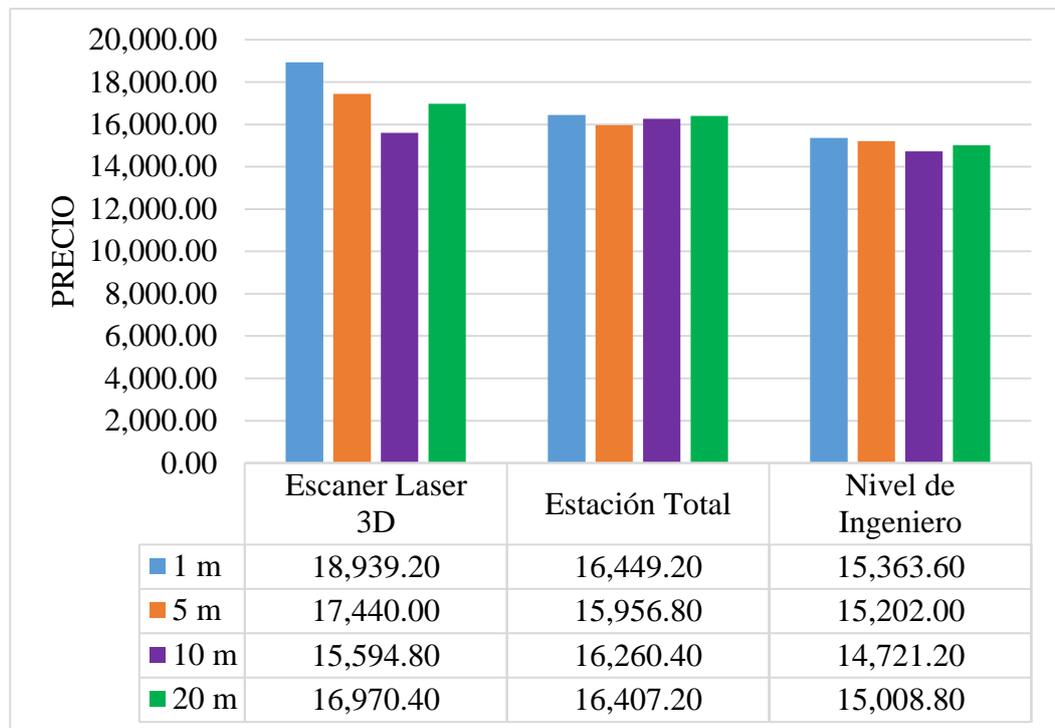
#### 4.1.2. Análisis de resultados de volúmenes en costos para el objetivo específico

##### 2.

##### a) Comparación de coste de corte según cada equipo topográfico

**Figura 52**

*Precio de volúmenes en corte según cada equipo topográfico*



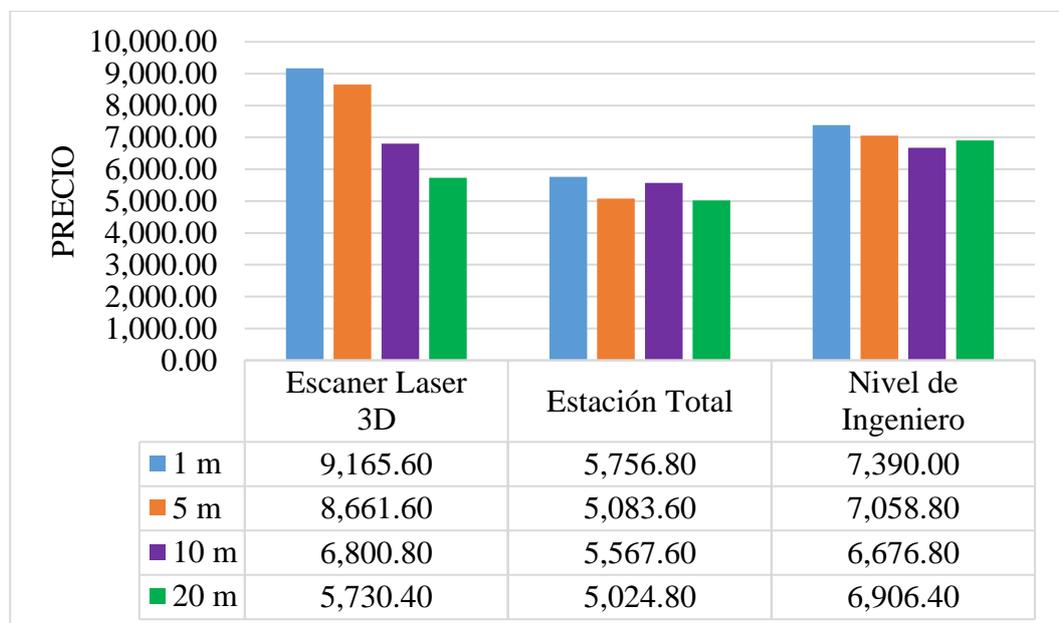
*Nota:* la tabla muestra los resultados obtenidos a partir de los volúmenes calculados: Para secciones de 1 metro con la utilización del escáner laser 3D en se tiene 18939.20 soles, con estación total 16449.20 soles y con nivel de ingeniero 15363.60 soles. La diferencia de escáner laser 3D con estación total es de 2490.00 soles y escáner con nivel de ingeniero 3575.60 soles. Para secciones de 5 metros con la utilización del escáner laser 3D en se tiene 17440.00 soles, con estación

total 15956.80 soles y con nivel de ingeniero 15202.00 soles. La diferencia de escáner laser 3D con estación total es de 1483.20 soles y escáner con nivel de ingeniero 2238.00 soles. Para secciones de 10 metros con la utilización del escáner laser 3D en se tiene 15594.80 soles, con estación total 16260.40 soles y con nivel de ingeniero 14721.20 soles. La diferencia de escáner laser 3D es inferior que con estación total de 665.60 soles y escáner con nivel de ingeniero 873.60 soles. Para secciones de 20 metros con la utilización del escáner laser 3D en se tiene 16970.40 soles, con estación total 16407.20 soles y con nivel de ingeniero 15008.80 soles. La diferencia de escáner laser 3D con estación total es de 563.20 soles y escáner con nivel de ingeniero 1961.60 soles. En conclusión, que al utilizar el escáner laser 3d nos genera mayor volumen y mayor costo en la partida de volumen.

#### b) Comparación de coste de relleno según cada equipo topográfico

**Figura 53**

*Precio de volúmenes en relleno según cada equipo topográfico*



*Nota:* la tabla muestra los resultados obtenidos a partir de los volúmenes calculados: Para secciones de 1 metro con la utilización del escáner laser 3D en



se tiene 9165.60 soles, con estación total 5756.80 soles y con nivel de ingeniero 7390.00 soles. La diferencia de escáner laser 3D con estación total es de 3408.80 soles y escáner con nivel de ingeniero 1775.60 soles. Para secciones de 5 metros con la utilización del escáner laser 3D en se tiene 8661.60 soles, con estación total 5083.60 soles y con nivel de ingeniero 7058.80 soles. La diferencia de escáner laser 3D con estación total es de 3578.00 soles y escáner con nivel de ingeniero 1602.80 soles. Para secciones de 10 metros con la utilización del escáner laser 3D en se tiene 6800.80 soles, con estación total 5567.60 soles y con nivel de ingeniero 6676.80 soles. La diferencia de escáner laser 3D con estación total de 1233.20 soles y escáner con nivel de ingeniero 124.00 soles. Para secciones de 20 metros con la utilización del escáner laser 3D en se tiene 5730.40 soles, con estación total 5024.80 soles y con nivel de ingeniero 6906.40 soles. La diferencia de escáner laser 3D con estación total es de 705.60 soles y escáner es inferior con nivel de ingeniero 1176.00 soles. En conclusión, que al utilizar el escáner laser 3d nos genera mayor volumen y mayor costo en la partida de volumen.

## 4.2. DISCUSIONES

**Tabla 83**

*Discusiones entre autores*

SEGÚN	C.V. Dron - C.V. Escáner	Levan. LIDAR	M.T. - BIM	M.T. - D.S.	DESCRIPCIÓN
De La Cruz Huamani, (2019)	-	50%	-	-	El levantamiento LIDAR ofrece un ahorro a comparación con métodos tradicionales en la partida de movimiento de tierra.
Maquera Ccalte, (2022)	-	-	0.56%	-	Diferencia de superficies es mejor que en volumen de corte
Maquera Ccalte, (2022)	-	-	0.73%	-	Diferencia de superficies es mejor que en volumen de relleno
Alca Arpasi & Gutierrez Yana, (2021)	-	-	-	5.33%	Diferencia de superficies es mejor que en volumen de corte
Alca Arpasi & Gutierrez Yana, (2021)	-	-	-	2.76%	Diferencia de superficies es mejor que en volumen de relleno
Lipa Mamani, (2020)	0.06%	-	-	-	diferencia de volúmenes total calculado

*Nota:* la tabla muestra los resultados obtenidos por los autores.

C.V.= comparación volumétrica

M.T.= método tradicional

D.S.= diferencia de superficies

BIM= building información modeling

Castro Turga, (2018), concluye que para el cálculo de volúmenes que el método fotogrametría aérea es el método más eficiente económica y técnicamente, eliminando arduos trabajos en la toma de datos sobre zonas de difícil acceso y



escasa visibilidad. En nuestra investigación para el cálculo de volúmenes llegamos a un resultado que con el levantamiento con escáner laser 3D, se obtiene datos detallados de la superficie en menor tiempo posible.

De La Cruz Huamani, (2019), En términos de mejora en el tiempo de ejecución, los trabajos de topografía con LIDAR proporcionan una mejora de 1/6 sobre los procedimientos estándares en condiciones meteorológicas ideales, adiciona que en términos de costos sobre movimiento de tierras proporciona un más 50%, sobre la partida de topografía. Según nuestro análisis de costos en volumen de corte llegamos a una conclusión que respecto a la estación total se tiene un 13.15% y con nivel de ingeniero un 18.88% de diferencia, con respecto a relleno con estación total 37.19% y con nivel de ingeniero un 19.37% con la superficie obtenida con escáner laser 3D se obtiene un mayor volumen de movimiento de tierras.

Maquera Ccalle, (2022) consiguió una diferencia de superficies en corte 0.56% en secciones de 1 metro con metodología tradicional y BIM , en discusión la presente investigación se obtuvo 13.15% la diferencia de volúmenes en corte de secciones de 1 metro entre escaner laser 3d y estación total, 18.88% la diferencia de volúmenes en corte de secciones de 1 metro entre escaner laser 3d y nivel de ingeniero, podemos deducir que los resultados en corte son muy diferentes.

Maquera Ccalle, (2022) consiguió una diferencia de superficies en relleno 0.73% en secciones de 1 metro con metodología tradicional y BIM , en discusión la presente investigación se obtuvo 37.19% la diferencia de volúmenes en relleno en secciones de 1 metro entre escaner laser 3d y estación total, 19.37% la



diferencia de volúmenes en relleno de secciones de 1 metro entre escaner laser 3d y nivel de ingeniero, podemos deducir que los resultados en corte son muy diferentes.

Alca Arpasi & Gutierrez Yana, (2021), consiguió una diferencia de 5.33% en volúmenes de corte, 2.76% en volúmenes de relleno obtenidos por el método tradicional y diferencia de superficies, así mismo menciona que el volumen de corte y relleno calculado por el método de diferencia de superficies representa el volumen real con lo que respalda con mayor rigor que los resultados obtenidos con el método tradicional, En discusión con nuestra presente investigación se logró que el volumen de corte en secciones de 10 metros con respecto a estación total es inferior a 4.27% y con nivel de ingeniero un 5.60%, con respecto a relleno con estación total 18.13% y con nivel de ingeniero 1.82%, con la superficie obtenida con el escáner laser 3D.

Alca Arpasi & Gutierrez Yana, (2021), Afirma que estadísticamente la superficie obtenida mediante método tradicional para cálculo de volumen son iguales con un nivel de confianza del 99%. Según nuestras pruebas estadísticas en secciones de 10 metros son semejantes los tres equipos utilizados para cálculo de volumen de movimiento de tierras con un nivel de confianza de 95%.

Lipa Mamani , (2020) determino que hay una diferencia de 0.06% para comparacion volumetrica de movimiento de tierra utilizando vehivulo aereo no tripulado y escaner laser 3d, en discusión con nuestra presente investigacion que al utilizar el equipo escaner laser 3d se obtiene una superficie detallada y esto conlleva a un mejor calculo de volumen de movimiento de tierras .



## V. CONCLUSIONES

En el proyecto de investigación se ha analizado el movimiento de tierra en la vía Pisacoma – Capaso con diferentes equipos para su cálculo de volumen generado en secciones transversales 1,5,10 y 20 metros, que al utilizar el instrumento escáner laser 3D garantiza volumen real de movimiento de tierra y tiene mayor confiabilidad en recolección masiva de datos y optimización de tiempo de trabajo a comparación de los levantamientos con estación total y nivel de ingeniero.

### **Primera:**

Se comparó estadísticamente los volúmenes en sección de 1 metro en corte y relleno, los resultados de volúmenes obtenidos con escáner laser 3D son mejores a una confianza de 95% los resultados en corte y relleno ( $p=0.000$ ), en comparación a los otros volúmenes y se obtiene mejores resultados para su cálculo de movimiento de tierra. Los volúmenes en sección de 5 metros en corte ( $p=0.254$ ) y relleno ( $p=0.0084$ ), al menos dos volúmenes son semejantes concluyéndose que los tres equipos son recomendables para cálculo de movimiento de tierra, mientras Los volúmenes en sección de 10 metros en corte ( $p=0.778$ ) y relleno ( $p=0.355$ ) los tres volúmenes son semejantes concluyéndose que los tres equipos son recomendables para cálculo de movimiento de tierra. Los volúmenes en sección de 20 metros en corte ( $p=0.695$ ) y relleno ( $p=0.473$ ), los tres volúmenes son semejantes concluyéndose que los tres equipos son recomendables para cálculo de movimiento de tierra.

### **Segundo:**

Al estimar costos de volumen de movimiento de tierra, se llega a una conclusión que en secciones a 1 metro en corte y relleno se obtiene: s/. 28104.80 con escáner laser 3d, s/. 22206.00 con estación total, s/. 22753.60 con nivel de ingeniero; mientras tanto en secciones a 5 metros en corte y relleno se obtiene: s/. 24256.40 soles con escáner laser



3d, s/. 21040.40 con estación total, s/. 22260.80 con nivel de ingeniero; en secciones a 10 metros en corte y relleno se obtiene: s/. 22395.60 soles con escáner laser 3d, s/. 21828.00 con estación total, s/. 21398.00 con nivel de ingeniero; en secciones a 20 metros en corte y relleno se obtiene: s/. 22780.80 soles con escáner laser 3d, s/. 21432.00 con estación total, s/. 21915.20 con nivel de ingeniero. Concluimos que las secciones generadas con escáner laser 3d los costos son mayores en corte y relleno a comparación de los demás equipos, por defecto un mayor presupuesto en movimiento de tierras nos garantiza el avance y no el retraso ni adicionales en una ejecución de obra.



## VI. RECOMENDACIONES

Se sugiere realizar estudios para cálculo de volumen de movimiento de tierra realizar el levantamiento topográfico con Escáner Laser 3D ya que genera datos a detalle la superficie del terreno y estructuras existentes, para garantizar un mejor calculo para movimiento de tierra y optimiza el tiempo a comparación con levantamiento con estación total y nivel de ingeniero.

### **Primera:**

En vista que la mayoría de proyectistas de obras viales calculan las secciones a 10 y 20 metros, se recomienda generar secciones a 1 metro para disminuir errores en el cálculo de volumen de movimiento de tierra, también se recomienda incluir el levantamiento para cálculo de volumen con escáner laser 3d.

### **Segundo:**

Se recomienda hacer los trabajos de movimiento de tierras con escáner laser 3d para su mejor cálculo de metrados para evitar problemas como mayores metrados, adicional de obras, En la ejecución de obras errores en el cálculo de corte y relleno ya que depende mucho el costo de acuerdo al metrado.



## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Taya Osorio , E., & Taya Acosta , E. (2002). *"Topografía Gneral y su Aplicación a la Minería"*. Tacna - Perú: Impreso en Tacna.

Alca Arpasi, G. A., & Gutierrez Yana, D. A. (2021). *"Análisis de Movimiento de Tierras en Carreteras Generado por el Método de Diferencia de Superficies con Drone en contraste al Método de Prisma en Carreteras"*. Tesis, Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Puno - Perú. Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/17320>

Apaza Condori, J. C., Luque Casani, E. A., Tito Chuquin , I. R., & Zuñiga Callo, R. A. (2017). *"Trabajo Sobre GPS Diferencial"*. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Arequipa - Perú: Ensayos. Obtenido de [www.clubensayos.com/Tecnología/TRABAJO-SOBRE-GPS-DIFERENCIAL/4243873.html](http://www.clubensayos.com/Tecnología/TRABAJO-SOBRE-GPS-DIFERENCIAL/4243873.html)

Arias Sánchez, J., Manco Guzman, O. A., Giraldo Giraldo, P. A., & Calvajal Quiros, L. F. (2010). *"Influencia de la Información Geotécnica de los Suelos en la Utilización de la Maquinaria en Movimientos de Tierra"*. Tesis, Universidad de Medellín , Medellin - Colombia. Obtenido de <http://hdl.handle.net/11407/272>

Bannister A., B. R., & Bannister A., R. S. (2006). *"Técnicas Modernas en Topografía"* (Vol. 7ª edición). México, México: Alfa Grupo editor, S.A. de C.V. Obtenido de [www.casadellibro.com/libro-tecnicas-modernas-en-topografia-7-ed/9789701506738/879928](http://www.casadellibro.com/libro-tecnicas-modernas-en-topografia-7-ed/9789701506738/879928)



- Cadena Paucar , V. M. (2013). *"Análisis de Costo de Productividad y su Influencia en el Movimiento de Tierras por Métodos Mecánicos"*. Tesis, Universidad Técnica de Ambato, Ambato - Ecuador, Ambato - Ecuador. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/6515>
- Cárdenas Grisales, J. (2013). *"Diseño Geométrico de Carreteras"* (Vol. 2a Edición). Bogotá, Colombia: Ecoe Ediciones. Obtenido de <https://www.udocz.com/apuntes/11814/disenio-geometrico-de-carreteras-2a-ed-pdf>
- Casanova Matera, L. (2002). *"Topografía Plana"* (Vol. 1a Edición). Venezuela: Taller de Publicaciones de Ingeniería, ULA. Obtenido de [http://www.serbi.ula.ve/serbiula/libros-electronicos/Libros/topografia\\_plana/pdf/topografia.pdf](http://www.serbi.ula.ve/serbiula/libros-electronicos/Libros/topografia_plana/pdf/topografia.pdf)
- Castro Turca, J. J. (2018). *"Medidas de volúmenes de acopios en la cantera El Aljibe – Almonacid de Toledo utilizando el sistema RPAS"*. Univesidad Politecnica de Madrid. Madrid: Biblioteca ETSI Minas y Energía. Recuperado el 09 de mayo de 2022, de <https://oa.upm.es/52917/>
- Ccosi Cahuana, R. (2017). *"Evaluar el Grado de Precisión del Scanner Laser en Contrastación con una Estacion Total en la Generación de Modelos Digitales de Terreno en la Ciudad de Puno"*. Tesis, Universidad Nacional Del Altiplano, Puno - Perú. Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/5726>
- De La Cruz Huamani, W. J. (2019). *"Análisis e Implementación de Levantamiento Toográfico por Método Lidar Para Proyectos Viales, Modelamiento de Superficie y Validación de Cálculos con Presice Point Positioning (PPP)"*. Tesis,



Universidad Nacional Federico Villareal, Lima - Perú. Obtenido de <http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/4031>

Del Rio Santana, O., Gómez Córdova, F. d., López Carrillo, N. V., Saenz Esqueda, J. A., & Espinoza Fraire, A. T. (2020). "Análisis Comparativo de Levantamiento Topográfico Tradicional y Tecnología de Drones". *Arquitectura e Ingeniería*, 14. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193963490001>

FARO. (06 de 05 de 2013). *Manual del Faro Laser Scanner Focus 3D*. (Faro ed.). (Faro, Ed.) Alemania: FARO Swiss Holding GmdH. Obtenido de Manuales de usuario y guías de inicio rápido para el Focus Laser Scanner: `\CONTROL\RECORDS\05MANUFA\PARTSPEC\0_V6\02_Documentation\E871_FARO_LASER_SCANNER_FOCUS3D_MANUAL_ES`

Felicísimo, A. M. (2004). *Modelos Digitales del Terreno* (Vol. 1a Edición). España. Obtenido de <https://www6.uniovi.es/usr/feli/pdf/libromdt.pdf>

Flores Ruiz, E., Miranda Novales, M. G., & Villasís Keever, M. Á. (2017). "Cómo Elegir la Prueba Estadística Adecuada". *Alergia México*, 7. doi:<https://doi.org/10.29262/ram.v64i3.304>

G. Arias, F. (2012). *Introducción a la Metodología Científica* (Vol. 6a Edición). Venezuela: Editorial Episteme. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/301894369\\_EL\\_PROYECTO\\_DE\\_INVESTIGACION\\_6a\\_EDICION](https://www.researchgate.net/publication/301894369_EL_PROYECTO_DE_INVESTIGACION_6a_EDICION)

Guevara Martinez, F. R. (2015). *Análisis y Ejecución de Movimiento de Tierra en una Obra Empleando el Diagrama de Curva Masa*. Tesis de Maestría, Universidad de Piura, Piura, Piura - Perú. Obtenido de <https://hdl.handle.net/11042/2441>



- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2014). *"Metodología de Investigación"* (Vol. 6a Edición). México: McGRAW-HILL / Interamericana Editores, S.A. de C.V. Obtenido de <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>
- Ignacio Alonso, F. C. (2001). *"Localizaciones Geográficas. Las Coordenadas Geográficas y la Proyección UTM. (Universal Transversa Mercator)"* (Vol. 1ra Edición). España. Obtenido de [http://www.cuevascastellon.uji.es/varios/cartografia\\_geograficas\\_utm\\_datum.pdf](http://www.cuevascastellon.uji.es/varios/cartografia_geograficas_utm_datum.pdf)
- Lerma Garcia, J. L., & Biosca Tarongers, J. M. (2008). *"Teoría y Práctica del Escaneado Láser Terrestre"* (Vol. Versión 5). España: Vlaams Leonardo Da Vinci. Obtenido de [http://jllerma.webs.upv.es/pdfs/Leonardo\\_Tutorial\\_Final\\_vers5\\_SPANISH.pdf](http://jllerma.webs.upv.es/pdfs/Leonardo_Tutorial_Final_vers5_SPANISH.pdf)
- Llpa Mamani, A. O. (2020). *"Comparación volumétrica de agregados con vehículo aéreo no tripulado y escáner en la cantera Cutimbo"*. Tesis, Universidad Nacional del Altiplano, Puno. Recuperado el 09 de Mayo de 2022, de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/16332>
- M. Farjas. (2002). *"Topografía"* (Vol. 1a Edición). Perú. Obtenido de <https://qdoc.tips/1-topografia-m-farjas-4-pdf-free.html>
- Maquera Ccalle, J. R. (2022). *"Comparacion de Volúmenes de Movimiento de Tierras Optenidos por el Método Tradicional y BIM en el Diseño Geométrico de la Carretera Huaquina - Chucasuyo KM 5+000 al KM 12+500 Juli, Chucuito, Puno"*. Tesis, Universidad Nacional del Altiplano, Puno. Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/18348>



- MTC. (2013). *"Manual de Carreteras - Especificaciones Tecnicas Generales para Construcción"*. Lima - Perú: Edición 2015. Obtenido de [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH\\_PDF/MAN\\_10%20EG%202013.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH_PDF/MAN_10%20EG%202013.pdf)
- MTC. (2018). *Manual de Diseño de Carreteras DG*. Lima - Perú: Edición 2018. Obtenido de [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/documentos/manuales/Manual.de.Carreteras.DG-2018.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual.de.Carreteras.DG-2018.pdf)
- Narvarro Hudiel, S. (2017). *"Topografía II"*. Nicaragua: Lider en Ciencia y Tecnología. Obtenido de <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-nacional-de-cajamarca/topografia/documento-topografia-ii/10230670>
- Ñaupas Paitán, H., Mejía Mejía, E., Novoa Ramírez, E., & Villagómez Paucar, A. (2014). *"Metodología de Investigación"* (Vol. 4a Edición). Perú: Ediciones de la U. Obtenido de [https://www.academia.edu/59660080/%C3%91aupas\\_Metodolog%C3%ADa\\_de\\_la\\_investigaci%C3%B3n\\_4ta\\_Edici%C3%B3n\\_Humberto\\_%C3%91aupas\\_Pait%C3%A1n](https://www.academia.edu/59660080/%C3%91aupas_Metodolog%C3%ADa_de_la_investigaci%C3%B3n_4ta_Edici%C3%B3n_Humberto_%C3%91aupas_Pait%C3%A1n)
- Paucar Yana , E. (2020). *"Autocad Civil 3D"*. Huaraz - Perú: TOPOPERU'ING S.A.C. Obtenido de <https://www.udocz.com/apuntes/52202/manual-de-autocad-civil-3d-2020>
- Quimbay López, C. A., & Leiva Fonseca, E. F. (2016). *"Generación de un Modelo Digital de un Terreno Georeferenciado con el Scanner Laser Faro Focus 3D en el Lote B de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas Facultad de Medio*



*Ambiente y Recursos Naturales*". Tesis, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá. Obtenido de <http://hdl.handle.net/11349/4271>

Ramírez León , J. A. (2018). *"Comparación entre metodologías building information modeling (BIM) y metodologías tradicionales en el cálculo de cantidades de obra y elaboración de presupuestos. Caso de estudio: edificación educativa en Colombia"*. Tesis de Grado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá. Obtenido de <http://hdl.handle.net/11349/7820>

Rueda Maldonado, E. O. (2015). *"Análisis del Equipo más Conveniente para Realizar un Movimiento de Tierra de la Vía Chilla Usando el Diagrama de Masas"*. Tesis, Universidad Técnica de Machala, Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/5486>

Ruiz Uribe, J. F. (2007). *"Control de Maquinaria con Tecnología gps Utilizada en Movimiento de Tierras en Obras Viales"*. Tesis, Universidad Austral de Chile, Chile. Obtenido de <http://cybertesis.uach.cl/sdx/uach/fiche.xsp?base=documents&id=uach.2007.bmfcir934c>

Walpole, R., Myers, R., Myers, S., & Ye, K. (2012). *"Probabilidad y Estadística para Ingeniería y Ciencias"* (9na Edición ed.). México: Pearson Educación. Obtenido de [https://vereniciafunez94hotmail.files.wordpress.com/2014/08/8va-probabilidad-y-estadistica-para-ingenier-walpole\\_8.pdf](https://vereniciafunez94hotmail.files.wordpress.com/2014/08/8va-probabilidad-y-estadistica-para-ingenier-walpole_8.pdf)

Wolf, P. R., & Ghilani , C. D. (2016). *"Topografía"* (Vol. Decimo Cuarta Edición). México: Alfaomega Grupo Editor, SA de CV. Obtenido de [https://www.academia.edu/45601336/Topograf%C3%ADa\\_Topograf%C3%ADa\\_Decimocuarta\\_edici%C3%B3n](https://www.academia.edu/45601336/Topograf%C3%ADa_Topograf%C3%ADa_Decimocuarta_edici%C3%B3n)



Zapana Zapana, L. M. (2021). *"Análisis de los errores más comunes de expedientes técnicos en infraestructuras civiles en base a estudios de sus expedientes y su afectación en su ejecución, Cajamarca – 2021"*. Tesis Pregrado, Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Cajamarca. Obtenido de <https://hdl.handle.net/11537/28873>

Zúñiga Díaz , W. B. (2010). *"Geodesia y Cartografía Matemática"* (281 ed., Vol. Primera Edición). Lima - Perú: Grupo Universitario S.A.C. Obtenido de <https://toaz.info/doc-view>



## ANEXOS

## ANEXO A

**Figura A.1**

*Estacionamiento del equipo GPS Diferencial para orientar el equipo escáner Laser*



3D

**Figura A.2**

*Levantamiento con el equipo escáner Laser 3D*



**Figura A.3**

*Estacionamiento del Equipo en el Punto de Poligonal P-99 con Estación Total*



**Figura A.4**

*Levantamiento Topográfico con Estación Total*



**Figura A.5**  
*Estacionamiento del Nivel de Ingeniero*



**Figura A.6**  
*Levantamiento con del Nivel de Ingeniero*



**ANEXO B**  
**Ficha técnica de georreferenciación**

- ✓ FICHA N° 01 - Punto De georreferenciación GPS -9B T21
- ✓ FICHA N° 02 - Punto De georreferenciación GPS -10A T21

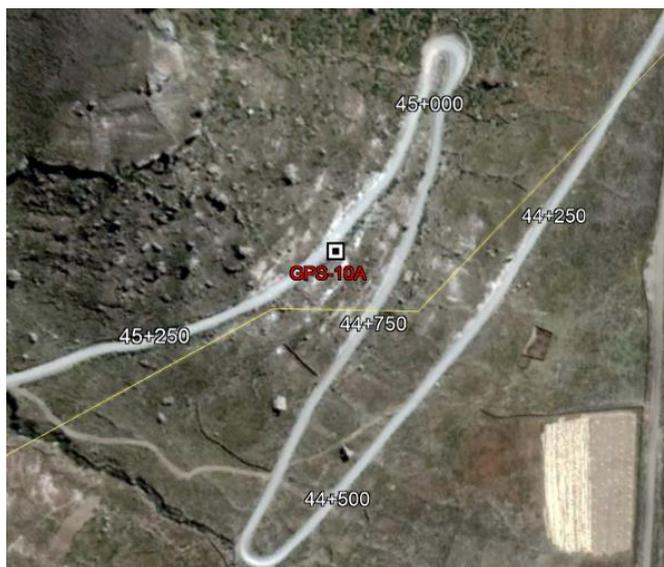
**INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL**  
**DIRECCIÓN DE GEODESIA**  
**DESCRIPCIÓN DE ESTACIÓN**  
**DATUM WGS-84**

<b>NOMBRE/ESTACION</b> : GPS -9B T21	<b>LOCALIDAD:</b> EMP. PE-36A PISACOMA	<b>ESTABLECIDA POR:</b> CONSORCIO ALVAC-ARAMSA	
<b>UBICACIÓN:</b> Se encuentra en el Km 40+546 de la RUTA 21. (Progresivas Topográficas)		<b>CARACTERÍSTICAS:</b> VARILLA DE ½” INCRUSTADO EN CONCRETO	
<b>LATITUD (S)</b> 16°53'30.47408"S	<b>LONGITUD (W)</b> 69°22'19.60128"W	<b>ALTURA ELIPSOIDAL</b> 3954.6512 m.	<b>ELEV. GEOIDAL (EGM 2008)</b> 3998.9801 m
<b>NORTE (Y)</b> 8132377.312	<b>ESTE (X)</b> 460368.35	<b>ZONA UTM</b> 19	<b>ORDEN</b> C
<b>CROQUIS:</b>			
			
<b>DESCRIPCION:</b>			
El punto se encuentra en el Km 40+546 a lado derecho de la vía y a 12 m del eje proyectado con dirección a la localidad de Pisacoma.			
<b>MARCA DE ESTACION:</b>			
Es una varilla de ½” incrustado sobre un hito de concreto de forma cuadrada de 0.30x 0.30 en ella lleva inscrita GPS 9B – T21, está pintada de color blanco con líneas rojas.			
<b>DESCRITA POR:</b>		<b>FECHA:</b>	
		26 ENERO 2019	

**INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL**  
**DIRECCIÓN DE GEODESIA**  
**DESCRIPCIÓN DE ESTACIÓN**  
**DATUM WGS-84**

<b>NOMBRE/ESTACION:</b> GPS -10A T21	<b>LOCALIDAD:</b> PISACOMA- CAPAZO	<b>ESTABLECIDA POR:</b> CONSORCIO ALVAC-ARAMSA	
<b>UBICACION:</b> Se encuentra en el Km 45+177 de la RUTA 21. (Progresivas Topográficas)		<b>CARACTERISTICAS:</b> VARILLA DE ½” INCRUSTADO EN CONCRETO	
<b>LATITUD (S)</b> 16°55'30.14647"S	<b>LONGITUD (W)</b> 69°22'17.22751"W	<b>ALTURA ELIPSOIDAL</b> 4021.99 m.	<b>ELEV. GEOIDAL (EGM 2008)</b> 4066.3257 m
<b>NORTE (Y)</b> 8128699.9802 m.	<b>ESTE (X)</b> 460445.5219 m.	<b>ZONA UTM</b> 19 SOUTH	<b>ORDEN</b> C

**CROQUIS:**



**DESCRIPCION:**

El punto se encuentra en el Km 45+177 a lado izquierdo de la vía y a 2 m del eje proyectado con dirección a la localidad de CAPAZO.

**MARCA DE ESTACION:**

Es una varilla de ½” incrustado sobre un hito de concreto de forma cuadrada de 0.30x 0.30 en ella lleva inscrita GPS 10A – T21, está pintada de color blanco con líneas rojas.

<b>DESCRITA POR:</b>	<b>FECHA:</b> 26 ENERO 2019
----------------------	--------------------------------



## ANEXO C

### Reporte de Volumen de Movimiento de Tierra

- ✓ Tabla de volumen de movimiento de tierra en corte sección de 1m con escáner Laser 3D, estación total, nivel de ingeniero.
- ✓ Tabla de volumen de movimiento de tierra en corte sección de 5m con escáner Laser 3D, estación total, nivel de ingeniero.
- ✓ Tabla de volumen de movimiento de tierra en corte sección de 10m con escáner Laser 3D, estación total, nivel de ingeniero.
- ✓ Tabla de volumen de movimiento de tierra en corte sección de 20m con escáner Laser 3D, estación total, nivel de ingeniero.
- ✓ Tabla de volumen de movimiento de tierra en relleno sección de 1m con escáner Laser 3D, estación total, nivel de ingeniero.
- ✓ Tabla de volumen de movimiento de tierra en relleno sección de 5m con escáner Laser 3D, estación total, nivel de ingeniero.
- ✓ Tabla de volumen de movimiento de tierra en relleno sección de 10m con escáner Laser 3D, estación total, nivel de ingeniero.
- ✓ Tabla de volumen de movimiento de tierra en relleno sección de 20m con escáner Laser 3D, estación total, nivel de ingeniero.



**Tabla de volumen de movimiento de tierra en corte secciones de 1m con escáner  
Laser, estación total, nivel de ingeniero**

PROG.	escáner	estación total	nivel
0+200	0	0	0
0+201	1.03	1.42	1.94
0+202	1.35	1.44	2.07
0+203	1.33	1.47	2.2
0+204	1.01	1.49	2.25
0+205	0.98	1.51	2.11
0+206	1.15	1.52	1.86
0+207	1.27	1.49	1.6
0+208	1.17	1.43	1.31
0+209	1.53	1.39	1.01
0+210	1.45	1.37	0.72
0+211	0.95	1.37	0.55
0+212	0.91	1.37	0.51
0+213	1.27	1.35	0.49
0+214	1.33	1.32	0.47
0+215	1.16	1.26	0.44
0+216	1.3	1.19	0.42
0+217	1.37	1.11	0.41
0+218	1.23	1.03	0.4
0+219	0.91	0.96	0.4
0+220	0.69	0.87	0.41
0+221	0.64	0.81	0.4
0+222	1.88	0.83	0.37
0+223	2.14	0.85	0.38
0+224	1.29	0.85	0.4
0+225	1.19	0.85	0.48
0+226	1.26	0.82	0.63
0+227	1.36	0.77	0.78
0+228	1.36	0.7	0.95
0+229	1.26	0.65	1.22
0+230	0.75	0.66	1.53
0+231	0.49	0.67	1.83
0+232	0.73	0.68	2.09
0+233	0.8	0.72	2.27
0+234	0.64	0.77	2.35
0+235	0.93	0.82	2.4
0+236	1.51	0.87	2.45
0+237	1.45	0.94	2.48
0+238	1.17	1.06	2.5
0+239	1.22	1.19	2.53
0+240	1.17	1.3	2.56



---

0+241	1.31	1.42	2.56
0+242	1.43	1.56	2.53
0+243	1.46	1.71	2.61
0+244	1.69	1.86	2.54
0+245	1.94	1.95	2.3
0+246	1.94	1.89	2.12
0+247	1.68	1.75	1.96
0+248	1.65	1.65	1.79
0+249	1.65	1.55	1.61
0+250	1.51	1.45	1.41
0+251	1.7	1.39	1.27
0+252	1.94	1.36	1.15
0+253	1.8	1.35	0.99
0+254	1.87	1.35	0.87
0+255	1.88	1.35	0.81
0+256	1.64	1.34	0.78
0+257	1.65	1.32	0.75
0+258	1.87	1.27	0.73
0+259	2	1.19	0.77
0+260	1.74	1.12	0.87
0+261	1.56	1.09	1.06
0+262	1.5	1.1	1.31
0+263	1.32	1.07	1.28
0+264	1.31	0.96	0.97
0+265	1.42	0.88	0.77
0+266	1.49	0.86	0.73
0+267	1.59	0.83	0.72
0+268	1.93	0.8	0.73
0+269	1.99	0.73	0.69
0+270	1.31	0.64	0.56
0+271	0.96	0.62	0.47
0+272	1.17	0.64	0.45
0+273	1.1	0.65	0.46
0+274	0.98	0.66	0.48
0+275	1.03	0.67	0.52
0+276	0.93	0.67	0.54
0+277	0.72	0.68	0.5
0+278	0.61	0.64	0.44
0+279	0.57	0.58	0.38
0+280	0.6	0.51	0.33
0+281	0.66	0.48	0.3
0+282	0.79	0.46	0.34
0+283	0.79	0.44	0.38
0+284	0.6	0.41	0.42
0+285	0.52	0.38	0.45
0+286	0.53	0.36	0.46

---



---

0+287	0.52	0.38	0.44
0+288	0.48	0.38	0.43
0+289	0.48	0.35	0.41
0+290	0.47	0.34	0.43
0+291	0.49	0.35	0.47
0+292	0.48	0.37	0.47
0+293	0.46	0.39	0.43
0+294	0.61	0.41	0.41
0+295	0.75	0.44	0.49
0+296	0.74	0.44	0.62
0+297	0.54	0.42	0.74
0+298	0.48	0.4	0.8
0+299	0.95	0.38	0.76
0+300	1.04	0.35	0.6
0+301	0.61	0.35	0.56
0+302	0.62	0.35	0.66
0+303	0.72	0.35	0.64
0+304	0.68	0.34	0.51
0+305	0.66	0.33	0.43
0+306	0.74	0.32	0.41
0+307	0.65	0.32	0.39
0+308	0.65	0.35	0.37
0+309	0.79	0.39	0.37
0+310	0.84	0.45	0.38
0+311	1.02	0.51	0.39
0+312	0.94	0.55	0.4
0+313	0.74	0.59	0.4
0+314	0.75	0.62	0.4
0+315	0.69	0.65	0.4
0+316	0.71	0.67	0.42
0+317	0.72	0.7	0.47
0+318	0.85	0.72	0.51
0+319	1.06	0.74	0.52
0+320	1.04	0.75	0.53
0+321	1.33	0.78	0.59
0+322	1.4	0.84	0.72
0+323	1.57	0.87	0.9
0+324	2.04	0.89	1.15
0+325	2.31	0.9	1.32
0+326	2.11	0.88	1.33
0+327	1.58	0.84	1.3
0+328	2.05	0.82	1.27
0+329	2.33	0.81	1.21
0+330	1.62	0.81	1.15
0+331	1.52	0.84	1.16
0+332	2.2	0.88	1.25

---



---

0+333	2.15	0.92	1.31
0+334	1.83	0.96	1.38
0+335	1.66	0.99	1.43
0+336	1.47	1.01	1.45
0+337	1.74	0.97	1.32
0+338	1.57	0.94	1.2
0+339	1.25	1	1.18
0+340	1.2	1.05	1.16
0+341	1.15	1.11	1.2
0+342	1.11	1.15	1.27
0+343	1.12	1.18	1.34
0+344	1.03	1.15	1.35
0+345	0.82	1.07	1.29
0+346	0.8	0.98	1.18
0+347	0.87	0.89	1.08
0+348	0.83	0.8	0.96
0+349	0.67	0.7	0.85
0+350	0.59	0.62	0.72
0+351	0.66	0.57	0.61
0+352	0.9	0.55	0.53
0+353	0.91	0.52	0.46
0+354	0.57	0.49	0.41
0+355	0.44	0.45	0.38
0+356	0.52	0.4	0.37
0+357	0.6	0.36	0.36
0+358	0.55	0.34	0.36
0+359	0.51	0.33	0.38
0+360	0.53	0.34	0.41
0+361	0.58	0.36	0.44
0+362	0.74	0.38	0.44
0+363	0.62	0.4	0.43
0+364	0.35	0.43	0.41
0+365	0.19	0.47	0.38
0+366	0.21	0.5	0.35
0+367	0.58	0.53	0.32
0+368	0.76	0.54	0.28
0+369	0.52	0.54	0.25
0+370	0.22	0.53	0.22
0+371	0.12	0.52	0.2
0+372	0.17	0.52	0.16
0+373	0.39	0.51	0.13
0+374	0.34	0.49	0.15
0+375	0.17	0.48	0.19
0+376	0.28	0.45	0.23
0+377	0.42	0.42	0.29
0+378	0.59	0.37	0.39

---



---

0+379	0.78	0.33	0.56
0+380	0.81	0.29	0.65
0+381	0.68	0.27	0.6
0+382	0.56	0.27	0.55
0+383	0.47	0.28	0.51
0+384	0.53	0.3	0.49
0+385	0.66	0.33	0.47
0+386	0.55	0.37	0.46
0+387	0.38	0.41	0.45
0+388	0.43	0.46	0.44
0+389	0.52	0.5	0.46
0+390	0.54	0.54	0.48
0+391	0.56	0.59	0.51
0+392	0.78	0.65	0.53
0+393	0.93	0.69	0.57
0+394	0.74	0.71	0.61
0+395	0.69	0.72	0.63
0+396	0.72	0.73	0.65
0+397	0.58	0.75	0.67
0+398	0.55	0.77	0.7
0+399	0.81	0.8	0.72
0+400	1.1	0.8	0.76
0+401	0.96	0.8	0.85
0+402	0.67	0.8	0.98
0+403	0.66	0.79	1.07
0+404	0.81	0.78	1.04
0+405	0.84	0.79	0.96
0+406	0.79	0.79	0.88
0+407	0.86	0.8	0.8
0+408	1.07	0.84	0.74
0+409	1.29	0.91	0.69
0+410	1.12	1.02	0.64
0+411	0.92	1.08	0.6
0+412	0.94	1.04	0.58
0+413	0.85	0.95	0.56
0+414	0.69	0.87	0.54
0+415	0.58	0.82	0.52
0+416	0.68	0.79	0.51
0+417	0.67	0.79	0.5
0+418	0.56	0.8	0.49
0+419	0.59	0.8	0.48
0+420	0.7	0.77	0.47
0+421	0.88	0.74	0.47
0+422	0.96	0.71	0.46
0+423	0.85	0.66	0.45
0+424	0.74	0.62	0.46

---



---

0+425	0.68	0.6	0.52
0+426	0.77	0.58	0.62
0+427	0.66	0.57	0.7
0+428	0.44	0.58	0.7
0+429	0.51	0.58	0.64
0+430	0.46	0.59	0.59
0+431	0.38	0.61	0.55
0+432	0.45	0.63	0.52
0+433	0.52	0.65	0.5
0+434	0.66	0.67	0.49
0+435	0.74	0.69	0.52
0+436	0.76	0.72	0.55
0+437	0.91	0.75	0.56
0+438	1.08	0.78	0.56
0+439	1.13	0.81	0.56
0+440	0.96	0.81	0.56
0+441	0.9	0.99	0.59
0+442	0.94	1.19	0.66
0+443	0.88	1.18	0.73
0+444	0.86	1.16	0.73
0+445	0.93	1.13	0.71
0+446	1.06	1.09	0.68
0+447	1.01	1	0.65
0+448	0.86	0.91	0.61
0+449	0.72	0.84	0.58
0+450	0.55	0.78	0.54
0+451	0.52	0.72	0.51
0+452	0.52	0.68	0.48
0+453	0.42	0.65	0.47
0+454	0.48	0.62	0.49
0+455	0.59	0.59	0.48
0+456	0.56	0.57	0.46
0+457	0.49	0.53	0.43
0+458	0.42	0.49	0.38
0+459	0.45	0.46	0.34
0+460	0.51	0.44	0.34
0+461	0.53	0.44	0.38
0+462	0.43	0.45	0.43
0+463	0.33	0.44	0.46
0+464	0.51	0.41	0.44
0+465	0.71	0.39	0.38
0+466	0.79	0.4	0.37
0+467	0.75	0.44	0.37
0+468	0.61	0.47	0.4
0+469	0.64	0.48	0.44
0+470	0.69	0.49	0.48

---



---

0+471	0.75	0.5	0.54
0+472	0.75	0.5	0.61
0+473	0.68	0.51	0.67
0+474	0.69	0.54	0.72
0+475	0.85	0.56	0.76
0+476	0.99	0.59	0.8
0+477	1.03	0.62	0.84
0+478	1.17	0.66	0.88
0+479	1	0.73	0.92
0+480	0.89	0.77	0.96
0+481	1.02	0.79	0.84
0+482	1.11	0.83	0.71
0+483	1.31	0.86	0.69
0+484	1.32	0.89	0.68
0+485	1.11	0.89	0.67
0+486	1.09	0.78	0.72
0+487	1.16	0.67	0.84
0+488	1.02	0.71	0.94
0+489	0.96	0.81	0.94
0+490	1.04	0.93	0.93
0+491	1.1	1.02	0.98
0+492	1.12	1.09	1
0+493	1.26	1.2	1
0+494	1.41	1.37	1
0+495	1.42	1.5	1.03
0+496	1.37	1.54	1.04
0+497	1.27	1.53	1
0+498	1.13	1.56	0.97
0+499	1.12	1.58	0.96
0+500	1.17	1.55	0.96
0+501	1.17	1.47	0.97
0+502	1.22	1.43	1.02
0+503	1.14	1.44	1.12
0+504	1.15	1.44	1.39
0+505	1.35	1.47	1.78
0+506	1.2	1.51	2.26
0+507	0.9	1.61	2.74
0+508	0.79	1.71	2.96
0+509	0.78	1.72	2.82
0+510	0.88	1.74	2.6
0+511	1.08	1.8	2.22
0+512	1.34	1.89	1.75
0+513	1.43	1.92	1.6
0+514	1.4	1.85	1.84
0+515	1.44	1.83	2.21
0+516	1.51	1.96	2.6

---



---

0+517	1.63	2.21	2.84
0+518	1.85	2.35	2.82
0+519	1.86	2.34	2.62
0+520	1.71	2.4	2.4
0+521	1.7	2.52	2.19
0+522	1.6	2.51	2.05
0+523	1.77	2.37	1.97
0+524	1.62	2.17	1.84
0+525	1.16	1.97	1.73
0+526	1.12	1.82	1.69
0+527	1.17	1.74	1.74
0+528	1.12	1.55	1.69
0+529	1.08	1.32	1.56
0+530	1.04	1.18	1.48
0+531	1.02	1.08	1.49
0+532	1.13	1.03	1.53
0+533	1.44	1.07	1.59
0+534	1.48	1.08	1.62
0+535	1.32	1	1.53
0+536	1.09	0.93	1.37
0+537	0.87	0.87	1.27
0+538	0.92	0.82	1.15
0+539	1	0.78	0.97
0+540	0.85	0.74	0.83
0+541	0.62	0.73	0.78
0+542	0.62	0.72	0.76
0+543	0.9	0.69	0.76
0+544	1.1	0.67	0.77
0+545	1.13	0.66	0.78
0+546	0.86	0.64	0.76
0+547	0.53	0.62	0.66
0+548	0.61	0.62	0.56
0+549	0.59	0.58	0.51
0+550	0.49	0.52	0.46
0+551	0.7	0.5	0.42
0+552	0.65	0.47	0.39
0+553	0.64	0.45	0.38
0+554	0.91	0.45	0.38
0+555	0.68	0.42	0.37
0+556	0.42	0.38	0.36
0+557	0.38	0.36	0.33
0+558	0.33	0.36	0.27
0+559	0.26	0.36	0.22
0+560	0.28	0.35	0.24
0+561	0.44	0.35	0.26
0+562	0.56	0.36	0.27

---



---

0+563	0.37	0.36	0.27
0+564	0.52	0.34	0.26
0+565	0.5	0.29	0.27
0+566	0.16	0.25	0.28
0+567	0.16	0.22	0.29
0+568	0.16	0.2	0.28
0+569	0.28	0.19	0.24
0+570	0.19	0.18	0.2
0+571	0.02	0.18	0.14
0+572	0.13	0.17	0.07
0+573	0.19	0.17	0.04
0+574	0.16	0.17	0.11
0+575	0.3	0.16	0.22
0+576	0.35	0.16	0.29
0+577	0.19	0.17	0.32
0+578	0.14	0.22	0.34
0+579	0.19	0.28	0.37
0+580	0.22	0.3	0.39
0+581	0.33	0.35	0.4
0+582	0.54	0.4	0.42
0+583	0.59	0.43	0.43
0+584	0.36	0.44	0.43
0+585	0.22	0.45	0.43
0+586	0.34	0.47	0.44
0+587	0.41	0.5	0.45
0+588	0.39	0.53	0.46
0+589	0.49	0.56	0.48
0+590	0.51	0.6	0.47
0+591	0.42	0.61	0.46
0+592	0.61	0.61	0.45
0+593	0.69	0.6	0.43
0+594	0.58	0.6	0.42
0+595	0.64	0.6	0.39
0+596	0.63	0.61	0.37
0+597	0.5	0.62	0.34
0+598	0.77	0.62	0.33
0+599	0.95	0.63	0.34
0+600	0.67	0.63	0.34
0+601	0.77	0.61	0.29
0+602	1.02	0.6	0.24
0+603	0.97	0.6	0.18
0+604	0.93	0.6	0.15
0+605	0.87	0.6	0.13
0+606	0.63	0.61	0.13
0+607	0.52	0.61	0.13
0+608	0.69	0.61	0.13

---



---

0+609	0.74	0.6	0.13
0+610	0.54	0.55	0.14
0+611	0.51	0.51	0.15
0+612	0.5	0.48	0.17
0+613	0.61	0.45	0.19
0+614	0.79	0.42	0.21
0+615	0.71	0.39	0.23
0+616	0.58	0.39	0.25
0+617	0.86	0.42	0.26
0+618	1.16	0.5	0.26
0+619	0.88	0.53	0.26
0+620	0.48	0.43	0.26
0+621	0.3	0.3	0.23
0+622	0.39	0.22	0.18
0+623	0.57	0.17	0.16
0+624	0.48	0.16	0.16
0+625	0.35	0.16	0.16
0+626	0.46	0.17	0.17
0+627	0.41	0.19	0.18
0+628	0.35	0.2	0.18
0+629	0.59	0.21	0.17
0+630	0.81	0.22	0.16
0+631	0.87	0.25	0.16
0+632	0.82	0.31	0.16
0+633	0.75	0.34	0.17
0+634	0.89	0.33	0.2
0+635	1.26	0.28	0.25
0+636	1.58	0.26	0.31
0+637	1.43	0.28	0.35
0+638	1.26	0.32	0.36
0+639	1.04	0.36	0.39
0+640	0.62	0.41	0.41
0+641	0.65	0.45	0.44
0+642	1.12	0.48	0.46
0+643	1.59	0.54	0.49
0+644	1.76	0.62	0.53
0+645	1.48	0.69	0.57
0+646	1.37	0.77	0.65
0+647	1.63	0.85	0.76
0+648	1.52	0.93	0.87
0+649	1.4	1.02	0.98
0+650	1.16	1.1	1.09
0+651	0.85	1.19	1.17
0+652	0.93	1.29	1.23
0+653	1.36	1.36	1.29
0+654	1.86	1.44	1.33

---



---

0+655	1.73	1.51	1.29
0+656	1.38	1.56	1.21
0+657	1.51	1.59	1.11
0+658	1.61	1.61	1.01
0+659	1.51	1.63	0.92
0+660	1.74	1.62	0.84
0+661	1.78	1.59	0.75
0+662	1.57	1.54	0.72
0+663	1.34	1.48	0.72
0+664	1	1.42	0.64
0+665	0.9	1.38	0.57
0+666	0.95	1.38	0.55
0+667	0.94	1.32	0.57
0+668	0.93	1.18	0.61
0+669	1.21	1.04	0.65
0+670	1.19	0.88	0.68
0+671	0.99	0.73	0.73
0+672	0.98	0.63	0.68
0+673	0.85	0.6	0.57
0+674	0.92	0.59	0.5
0+675	0.93	0.57	0.44
0+676	0.94	0.56	0.38
0+677	1.16	0.57	0.32
0+678	1.33	0.59	0.27
0+679	1.42	0.62	0.23
0+680	1.08	0.65	0.21
0+681	0.77	0.73	0.2
0+682	0.9	0.85	0.22
0+683	1.04	0.96	0.26
0+684	1.23	1.06	0.31
0+685	1.41	1.16	0.35
0+686	1.43	1.31	0.41
0+687	1.39	1.55	0.49
0+688	1.37	1.7	0.59
0+689	1.3	1.59	0.56
0+690	1.11	1.39	0.47
0+691	1.15	1.3	0.48
0+692	1.28	1.31	0.55
0+693	1.43	1.33	0.62
0+694	1.46	1.35	0.71
0+695	1.31	1.38	0.8
0+696	1.69	1.41	0.88
0+697	1.99	1.44	0.94
0+698	1.63	1.46	1
0+699	1.39	1.44	1.04
0+700	1.32	1.37	1.08

---



**Tabla de volumen de movimiento de tierra en corte secciones de 5m con escáner  
Laser, estación total, nivel de ingeniero**

PROG.	ESCANER	EST. TOTAL	NIVEL INGENIERO
0+200	0	0	0
0+205	4.88	7.33	9.67
0+210	4.8	7.21	6.42
0+215	5.74	6.48	2.54
0+220	4.63	5.09	2.14
0+225	3.95	4.1	2.44
0+230	3.72	3.75	5.59
0+235	4.28	3.78	10.27
0+240	5.87	5.51	12.52
0+245	7.92	8.32	11.95
0+250	8.77	8.43	8.76
0+255	7.87	6.87	5.24
0+260	7.99	6.08	4.25
0+265	7.45	4.88	4.12
0+270	5.78	3.71	3.04
0+275	4.65	3.21	2.55
0+280	4.25	2.89	2.1
0+285	2.87	2.13	1.93
0+290	2.33	1.77	2.32
0+295	3.06	1.95	2.52
0+300	3.82	1.96	2.63
0+305	3.48	1.68	2.28
0+310	3.93	2.03	2.02
0+315	3.85	2.85	1.99
0+320	4.14	3.51	2.35
0+325	8.82	4.11	4.7
0+330	9.32	4.29	6.15
0+335	6.5	4.55	6.44
0+340	6.31	5.22	6.56
0+345	4.77	5.28	5.99
0+350	3.41	4.04	4.74
0+355	2.69	2.53	2.59
0+360	2.43	1.93	2
0+365	1.47	2.08	1.98
0+370	0.44	2.52	1.46
0+375	0.8	2.47	1.05
0+380	2.41	1.85	2.11
0+385	3.55	1.57	2.76
0+390	3.12	2.29	2.4



---

0+395	3.33	3.22	2.83
0+400	4.91	3.79	3.56
0+405	4.95	3.94	4.24
0+410	4.18	4.64	3.82
0+415	3.65	4.68	2.82
0+420	3.37	3.9	2.46
0+425	3.55	3.36	2.61
0+430	2.54	2.97	2.85
0+435	2.69	3.24	2.77
0+440	3.81	3.76	2.77
0+445	4.55	4.82	3.15
0+450	3.72	4.66	3.04
0+455	2.69	3.32	2.49
0+460	2.81	2.54	2.03
0+465	3.15	2.05	1.77
0+470	3.49	2.21	2.19
0+475	4.25	2.68	3.21
0+480	5.06	3.36	4.39
0+485	5.02	4.15	4.11
0+490	5.16	4.68	4.06
0+495	6.4	6.28	5.04
0+500	6.45	7.66	5.02
0+505	6.46	7.51	7.39
0+510	5.94	8.08	11.09
0+515	6.1	9.02	12.15
0+520	7.95	10.85	11.8
0+525	7	10.91	9.99
0+530	5.27	7.46	7.98
0+535	5.82	5.21	7.23
0+540	4.98	4.21	5.55
0+545	4.64	3.43	3.96
0+550	4.24	2.89	3.08
0+555	2.25	2.26	2.02
0+560	1.96	1.87	1.54
0+565	1.18	1.55	1.31
0+570	0.38	1.1	1.15
0+575	1.16	0.83	1.14
0+580	1.62	1.2	1.64
0+585	1.26	1.95	2.04
0+590	1.71	2.69	2.23
0+595	2.81	3.05	2.12
0+600	3.1	3.05	1.76
0+605	3.3	3.04	1.13
0+610	3.03	2.79	0.68
0+615	2.73	2.24	0.95
0+620	2.39	1.85	1.27

---



0+625	1.73	1.32	1.07
0+630	3.12	0.96	0.79
0+635	5.84	1.19	1.08
0+640	4.87	1.74	1.77
0+645	4.18	2.91	2.55
0+650	5.15	4.64	4.33
0+655	5.72	6.7	5.99
0+660	8.53	7.89	5.14
0+665	7.26	7.47	3.36
0+670	4.6	5.43	3.11
0+675	4.34	3.39	2.78
0+680	3.84	3.08	1.52
0+685	5.46	4.72	1.44
0+690	6.15	6.29	2.06
0+695	5.79	6.75	3.22
0+700	6.34	6.83	4.84

**Tabla de volumen de movimiento de tierra en corte secciones de 10m con escáner Laser, estación total, nivel de ingeniero**

PROG.	ESCANER	ESTACION TOTAL	NIVEL DE INGENIERO
0+200	0	0	0
0+210	9.95	13.87	12.31
0+220	7.57	10.84	5.03
0+230	4.91	7.34	10.52
0+240	7.63	10.09	21.3
0+250	12.53	13.78	19.42
0+260	14.5	12.43	11.06
0+270	11.4	8.49	6.92
0+280	7.25	5.48	3.84
0+290	5.36	4.11	3.73
0+300	5.8	3.42	4.72
0+310	8.22	4.13	4.42
0+320	9.69	6.15	4.63
0+330	11.28	7.84	8.24
0+340	11.9	9.52	11.37
0+350	8.78	8.35	9.11
0+360	5.52	4.67	5.43
0+370	2.94	4.34	3.19
0+380	4.11	3.99	4.25
0+390	6.47	4.19	5.63
0+400	8.76	6.76	6.36
0+410	10.37	9.29	6.98
0+420	8.28	9.12	5.42
0+430	5.71	6.77	5.2



0+440	5.95	7.02	5.67
0+450	6.55	7.76	5.45
0+460	5.11	5.89	4.31
0+470	6.04	4.64	4.23
0+480	8.36	6.33	7.4
0+490	10.29	8.76	9.64
0+500	11.4	12.47	9.64
0+510	10.47	16.35	16.99
0+520	13.27	21.22	23.83
0+530	13.1	17.81	18.57
0+540	7.99	9.25	11.31
0+550	5.5	6.16	6.19
0+560	4.13	4.31	3.47
0+570	1.96	2.66	2.16
0+580	1.35	2.47	2.86
0+590	3.15	4.68	4.23
0+600	4.63	6.14	3.94
0+610	4.69	5.64	2.3
0+620	3.47	4.36	2.02
0+630	5.59	2.88	2.09
0+640	6.42	3.27	2.9
0+650	6.41	7.84	7.82
0+660	13.98	13.71	9.69
0+670	14.24	12.04	7.5
0+680	7.91	7.34	4.46
0+690	8.26	9.84	3.2
0+700	10.72	13.11	7.68

**Tabla de volumen de movimiento de tierra en corte secciones de 20m con escáner Laser, estación total, nivel de ingeniero**



PROG.	ESCANER	ESTACION TOTAL	NIVEL DE INGENIERO
0+200	0	0	0
0+220	15.48	22.15	23.02
0+240	16.19	21.6	30.03
0+260	25.59	24.4	34.89
0+280	21.22	15.68	12.03
0+300	13.80	8.27	7.88
0+320	17.61	10.91	10.28
0+340	21.79	18.32	16.97
0+360	16.51	14.32	15.86
0+380	12.33	6.24	10.61
0+400	19.25	10.65	14.18
0+420	19.63	15.45	12.53
0+440	15.92	15.62	10.37
0+460	13.57	12.38	9.05
0+480	15.32	12.02	13.12
0+500	20.93	22.72	19.28
0+520	28.44	40.06	32.67
0+540	23.25	31.63	30.76
0+560	9.86	10.78	10.44
0+580	5.85	6.72	6.39
0+600	7.48	9.35	7.06
0+620	8.00	9.72	5.87
0+640	7.30	7.96	6.91
0+660	24.11	20.43	12.22
0+680	26.46	22.83	9.96
0+700	18.71	19.97	12.84

**Tabla de volumen de movimiento de tierra en relleno secciones de 1m con escáner Laser, estación total, nivel de ingeniero**

PROG.	ESCANER	ESTACION TOTAL	NIVEL DE INGENIERO
0+200	0	0	0
0+201	0.1	0	0
0+202	0.1	0.02	0.03
0+203	0.23	0.04	0.05
0+204	0.39	0.06	0.07
0+205	0.38	0.08	0.08
0+206	0.31	0.1	0.08
0+207	0.2	0.12	0.08
0+208	0.28	0.17	0.07
0+209	0.23	0.19	0.05
0+210	0.06	0.09	0.03



---

0+211	0.1	0	0.2
0+212	0.26	0.01	0.48
0+213	0.19	0.02	0.58
0+214	0.12	0.03	0.59
0+215	0.39	0.03	0.59
0+216	0.34	0.04	0.59
0+217	0.09	0.05	0.57
0+218	0.24	0.07	0.55
0+219	0.26	0.08	0.53
0+220	0.17	0.06	0.51
0+221	0.27	0.03	0.53
0+222	0.34	0.04	0.63
0+223	0.4	0.05	0.85
0+224	0.43	0.07	1.16
0+225	0.47	0.09	0.98
0+226	0.52	0.1	0.59
0+227	0.52	0.13	0.47
0+228	0.43	0.16	0.32
0+229	0.29	0.15	0.19
0+230	0.3	0.08	0.07
0+231	0.35	0.03	0
0+232	0.29	0.03	0.03
0+233	0.27	0.04	0.06
0+234	0.32	0.06	0.04
0+235	0.2	0.08	0.02
0+236	0.1	0.11	0.06
0+237	0.12	0.14	0.12
0+238	0.18	0.13	0.15
0+239	0.24	0.08	0.13
0+240	0.14	0.03	0.05
0+241	0	0	0
0+242	0.04	0	0.02
0+243	0.08	0.01	0.05
0+244	0.08	0.02	0.04
0+245	0.04	0	0.02
0+246	0.02	0	0.01
0+247	0.03	0	0.01
0+248	0.07	0	0.01
0+249	0.07	0	0.01
0+250	0.03	0	0.01
0+251	0	0	0.05
0+252	0.06	0.02	0.11
0+253	0.11	0.04	0.16
0+254	0.15	0.06	0.23
0+255	0.15	0.07	0.33
0+256	0.12	0.06	0.44

---



---

0+257	0.08	0.05	0.53
0+258	0.04	0.04	0.53
0+259	0.03	0.02	0.37
0+260	0.02	0	0.13
0+261	0.15	0	0
0+262	0.31	0	0
0+263	0.23	0	0
0+264	0.08	0	0
0+265	0.01	0	0.04
0+266	0.06	0	0.09
0+267	0.05	0.02	0.12
0+268	0	0.03	0.12
0+269	0	0.05	0.1
0+270	0	0.09	0.07
0+271	0.01	0.11	0.11
0+272	0.02	0.13	0.24
0+273	0.04	0.14	0.37
0+274	0.04	0.15	0.52
0+275	0.05	0.17	0.71
0+276	0.08	0.24	0.91
0+277	0.29	0.38	0.96
0+278	0.43	0.49	0.9
0+279	0.31	0.56	0.85
0+280	0.2	0.63	0.79
0+281	0.17	0.68	0.72
0+282	0.18	0.7	0.6
0+283	0.19	0.71	0.49
0+284	0.36	0.71	0.45
0+285	0.47	0.69	0.44
0+286	0.37	0.62	0.44
0+287	0.42	0.53	0.45
0+288	0.52	0.51	0.46
0+289	0.42	0.53	0.48
0+290	0.43	0.55	0.49
0+291	0.56	0.58	0.52
0+292	0.65	0.61	0.57
0+293	0.67	0.64	0.59
0+294	0.59	0.67	0.58
0+295	0.53	0.69	0.57
0+296	0.44	0.69	0.56
0+297	0.47	0.67	0.54
0+298	0.57	0.65	0.52
0+299	0.48	0.62	0.49
0+300	0.37	0.6	0.47
0+301	0.52	0.61	0.5
0+302	0.73	0.67	0.59

---



---

0+303	0.64	0.75	0.59
0+304	0.56	0.87	0.52
0+305	0.67	0.99	0.49
0+306	0.78	1.11	0.49
0+307	0.77	1.23	0.61
0+308	0.66	1.36	0.78
0+309	0.64	1.49	0.81
0+310	0.61	1.56	0.78
0+311	0.52	1.51	0.72
0+312	0.55	1.37	0.64
0+313	0.59	1.2	0.55
0+314	0.66	1.01	0.45
0+315	0.73	0.82	0.34
0+316	0.46	0.62	0.25
0+317	0.31	0.48	0.21
0+318	0.29	0.41	0.19
0+319	0.31	0.36	0.13
0+320	0.23	0.31	0.07
0+321	0.04	0.29	0.05
0+322	0.05	0.28	0.08
0+323	0.04	0.27	0.13
0+324	0.01	0.25	0.18
0+325	0	0.21	0.24
0+326	0	0.17	0.23
0+327	0.01	0.13	0.16
0+328	0	0.1	0.1
0+329	0	0.06	0.05
0+330	0	0.03	0.01
0+331	0	0.03	0
0+332	0	0.05	0
0+333	0.02	0.07	0
0+334	0.07	0.08	0
0+335	0.11	0.09	0
0+336	0.12	0.09	0
0+337	0.11	0.07	0.13
0+338	0.1	0.04	0.24
0+339	0.08	0.03	0.17
0+340	0.03	0	0.06
0+341	0	0.02	0
0+342	0.07	0.06	0.01
0+343	0.16	0.1	0.01
0+344	0.27	0.1	0.01
0+345	0.4	0.08	0
0+346	0.37	0.07	0.01
0+347	0.23	0.06	0.02
0+348	0.22	0.05	0.03

---



---

0+349	0.41	0.05	0.05
0+350	0.28	0.04	0.07
0+351	0.08	0.05	0.2
0+352	0.13	0.07	0.39
0+353	0.2	0.09	0.48
0+354	0.31	0.11	0.53
0+355	0.34	0.21	0.56
0+356	0.65	0.37	0.6
0+357	0.97	0.52	0.65
0+358	0.96	0.64	0.71
0+359	0.94	0.72	0.77
0+360	0.75	0.78	0.84
0+361	0.74	0.8	0.91
0+362	1.05	0.78	0.97
0+363	1.26	0.75	1.02
0+364	1.45	0.73	1.08
0+365	1.57	0.7	1.14
0+366	1.35	0.68	1.2
0+367	1.02	0.65	1.27
0+368	1	0.62	1.34
0+369	1.25	0.59	1.42
0+370	1.52	0.56	1.52
0+371	1.54	0.62	1.63
0+372	1.41	0.76	1.71
0+373	1.37	0.87	1.69
0+374	1.74	0.94	1.6
0+375	1.92	1.02	1.48
0+376	1.48	1.11	1.36
0+377	1.11	1.19	1.23
0+378	0.97	1.27	1.11
0+379	0.87	1.33	1.03
0+380	0.84	1.33	0.99
0+381	1.06	1.27	0.99
0+382	1.13	1.19	0.98
0+383	1.23	1.13	0.96
0+384	1.25	1.09	0.93
0+385	1.09	1.06	0.88
0+386	1.26	1.06	0.83
0+387	1.17	0.97	0.75
0+388	0.93	0.74	0.63
0+389	0.83	0.51	0.47
0+390	0.59	0.29	0.31
0+391	0.52	0.15	0.21
0+392	0.56	0.11	0.17
0+393	0.44	0.09	0.15
0+394	0.56	0.08	0.16

---



---

0+395	0.81	0.06	0.16
0+396	0.92	0.05	0.14
0+397	1.04	0.04	0.11
0+398	1.03	0.03	0.08
0+399	0.79	0.03	0.05
0+400	0.39	0.02	0.02
0+401	0.36	0.07	0
0+402	0.67	0.17	0
0+403	0.76	0.22	0
0+404	0.67	0.2	0
0+405	0.72	0.16	0
0+406	0.67	0.12	0.01
0+407	0.37	0.08	0.02
0+408	0.13	0.05	0.05
0+409	0.08	0.03	0.08
0+410	0.07	0.02	0.11
0+411	0.12	0.02	0.18
0+412	0.37	0.05	0.3
0+413	0.54	0.06	0.41
0+414	0.6	0.07	0.51
0+415	0.52	0.09	0.58
0+416	0.34	0.1	0.58
0+417	0.33	0.11	0.52
0+418	0.32	0.1	0.46
0+419	0.22	0.06	0.39
0+420	0.16	0.03	0.36
0+421	0.2	0.07	0.36
0+422	0.25	0.15	0.36
0+423	0.28	0.22	0.37
0+424	0.33	0.29	0.37
0+425	0.43	0.39	0.38
0+426	0.66	0.52	0.39
0+427	1.01	0.61	0.48
0+428	0.97	0.63	0.64
0+429	0.77	0.62	0.65
0+430	1.07	0.62	0.55
0+431	1.23	0.63	0.47
0+432	1.11	0.66	0.41
0+433	0.98	0.69	0.32
0+434	0.8	0.72	0.2
0+435	0.73	0.72	0.16
0+436	0.48	0.63	0.16
0+437	0.29	0.52	0.13
0+438	0.39	0.47	0.11
0+439	0.33	0.38	0.09
0+440	0.18	0.15	0.08

---



---

0+441	0.18	0	0.09
0+442	0.19	0	0.08
0+443	0.23	0	0.05
0+444	0.3	0	0.06
0+445	0.36	0	0.1
0+446	0.3	0.02	0.13
0+447	0.26	0.03	0.17
0+448	0.34	0.09	0.21
0+449	0.38	0.13	0.24
0+450	0.4	0.16	0.28
0+451	0.69	0.2	0.3
0+452	0.95	0.23	0.32
0+453	0.84	0.26	0.33
0+454	0.72	0.28	0.32
0+455	0.7	0.3	0.32
0+456	0.71	0.32	0.33
0+457	0.72	0.35	0.36
0+458	0.72	0.38	0.39
0+459	0.68	0.41	0.42
0+460	0.63	0.43	0.44
0+461	0.7	0.44	0.41
0+462	0.9	0.44	0.38
0+463	0.97	0.45	0.39
0+464	0.8	0.45	0.39
0+465	0.62	0.44	0.39
0+466	0.62	0.41	0.38
0+467	0.57	0.35	0.36
0+468	0.47	0.29	0.34
0+469	0.51	0.25	0.31
0+470	0.47	0.22	0.28
0+471	0.43	0.18	0.27
0+472	0.69	0.21	0.29
0+473	0.98	0.24	0.29
0+474	1.13	0.2	0.24
0+475	0.91	0.14	0.16
0+476	0.39	0.07	0.07
0+477	0.24	0.03	0.01
0+478	0.35	0.02	0
0+479	0.35	0	0
0+480	0.2	0	0
0+481	0.12	0	0
0+482	0.1	0	0
0+483	0.03	0	0
0+484	0.12	0	0
0+485	0.22	0	0.01
0+486	0.18	0.04	0.03

---



---

0+487	0.11	0.09	0.06
0+488	0.14	0.06	0.04
0+489	0.21	0.02	0.01
0+490	0.14	0	0
0+491	0.05	0	0
0+492	0.24	0	0
0+493	0.21	0	0
0+494	0.04	0.02	0.01
0+495	0.08	0.03	0.09
0+496	0.1	0.05	0.19
0+497	0.11	0.05	0.22
0+498	0.11	0.04	0.15
0+499	0.08	0.02	0.07
0+500	0.02	0	0.02
0+501	0.03	0.02	0.02
0+502	0.08	0.04	0.04
0+503	0.12	0.05	0.04
0+504	0.14	0.04	0.04
0+505	0.14	0.04	0.02
0+506	0.1	0.02	0
0+507	0.07	0	0
0+508	0.09	0	0
0+509	0.07	0	0
0+510	0.02	0	0
0+511	0	0	0
0+512	0	0	0
0+513	0.01	0.01	0.03
0+514	0.04	0.05	0.03
0+515	0.03	0.09	0
0+516	0.04	0.09	0
0+517	0.06	0.06	0
0+518	0.03	0.04	0
0+519	0	0.06	0
0+520	0	0.04	0
0+521	0.03	0.01	0.09
0+522	0.03	0.01	0.09
0+523	0.04	0	0
0+524	0.23	0	0
0+525	0.26	0	0
0+526	0.17	0	0.01
0+527	0.3	0	0.03
0+528	0.51	0.03	0.02
0+529	0.37	0.05	0
0+530	0.12	0.06	0
0+531	0.15	0.07	0.03
0+532	0.19	0.09	0.06

---



---

0+533	0.18	0.12	0.08
0+534	0.15	0.14	0.08
0+535	0.15	0.17	0.06
0+536	0.26	0.2	0.05
0+537	0.28	0.21	0.07
0+538	0.22	0.21	0.09
0+539	0.25	0.18	0.11
0+540	0.27	0.13	0.13
0+541	0.31	0.09	0.15
0+542	0.32	0.08	0.16
0+543	0.31	0.09	0.17
0+544	0.33	0.1	0.19
0+545	0.35	0.11	0.2
0+546	0.35	0.1	0.22
0+547	0.36	0.09	0.24
0+548	0.38	0.11	0.28
0+549	0.39	0.13	0.33
0+550	0.56	0.17	0.38
0+551	0.63	0.23	0.43
0+552	0.52	0.29	0.49
0+553	0.57	0.37	0.51
0+554	0.62	0.48	0.54
0+555	0.61	0.62	0.59
0+556	0.72	0.7	0.6
0+557	0.87	0.67	0.6
0+558	0.85	0.59	0.68
0+559	0.86	0.54	0.75
0+560	0.78	0.52	0.76
0+561	0.68	0.51	0.74
0+562	0.74	0.51	0.72
0+563	0.82	0.5	0.69
0+564	0.88	0.54	0.64
0+565	1.19	0.62	0.63
0+566	1.32	0.67	0.64
0+567	1.26	0.7	0.67
0+568	1.32	0.74	0.71
0+569	1.1	0.8	0.76
0+570	1.17	0.87	0.82
0+571	1.67	0.91	0.98
0+572	1.66	0.92	1.15
0+573	1.45	0.89	1.06
0+574	1.47	0.83	0.85
0+575	1.39	0.75	0.67
0+576	1.25	0.67	0.56
0+577	1.14	0.6	0.54
0+578	1.25	0.55	0.53

---



---

0+579	1.15	0.51	0.52
0+580	0.97	0.48	0.5
0+581	0.95	0.42	0.47
0+582	0.77	0.35	0.43
0+583	0.79	0.31	0.39
0+584	1.03	0.26	0.36
0+585	0.99	0.21	0.34
0+586	0.71	0.16	0.32
0+587	0.66	0.12	0.3
0+588	0.95	0.08	0.29
0+589	0.78	0.06	0.28
0+590	0.46	0.05	0.26
0+591	0.43	0.04	0.26
0+592	0.38	0.04	0.27
0+593	0.4	0.04	0.29
0+594	0.4	0.03	0.29
0+595	0.37	0.03	0.3
0+596	0.4	0.03	0.3
0+597	0.47	0.03	0.3
0+598	0.38	0.03	0.3
0+599	0.28	0.03	0.27
0+600	0.3	0.03	0.25
0+601	0.31	0.04	0.3
0+602	0.31	0.07	0.4
0+603	0.31	0.08	0.51
0+604	0.31	0.08	0.69
0+605	0.35	0.08	0.83
0+606	0.51	0.08	0.85
0+607	0.75	0.09	0.86
0+608	0.9	0.09	0.86
0+609	0.84	0.1	0.83
0+610	0.62	0.13	0.8
0+611	0.49	0.23	0.77
0+612	0.51	0.3	0.74
0+613	0.5	0.33	0.71
0+614	0.52	0.37	0.68
0+615	0.58	0.39	0.64
0+616	0.66	0.41	0.63
0+617	0.86	0.45	0.62
0+618	1	0.49	0.62
0+619	0.93	0.54	0.62
0+620	0.99	0.66	0.62
0+621	1.06	0.8	0.76
0+622	0.94	0.91	0.93
0+623	0.93	0.97	0.97
0+624	1.01	0.98	1

---



---

0+625	1.04	0.99	1.04
0+626	0.96	1.1	1.08
0+627	0.89	1.25	1.12
0+628	0.96	1.27	1.13
0+629	0.94	1.12	1.09
0+630	0.84	0.87	1.05
0+631	0.96	0.69	1.01
0+632	0.98	0.59	0.97
0+633	0.78	0.51	0.9
0+634	0.79	0.46	0.79
0+635	0.77	0.39	0.64
0+636	0.63	0.31	0.5
0+637	0.61	0.25	0.39
0+638	0.55	0.2	0.31
0+639	0.49	0.16	0.23
0+640	0.43	0.13	0.16
0+641	0.34	0.19	0.09
0+642	0.32	0.34	0.05
0+643	0.32	0.39	0.03
0+644	0.31	0.35	0.02
0+645	0.34	0.31	0.02
0+646	0.31	0.29	0.02
0+647	0.22	0.27	0.02
0+648	0.12	0.25	0.02
0+649	0.03	0.2	0.01
0+650	0.03	0.08	0
0+651	0.26	0	0
0+652	0.43	0	0
0+653	0.21	0	0.02
0+654	0.02	0	0.04
0+655	0.09	0.01	0.04
0+656	0.4	0.06	0.06
0+657	0.51	0.14	0.07
0+658	0.4	0.23	0.06
0+659	0.39	0.23	0.05
0+660	0.18	0.09	0.04
0+661	0.03	0	0.03
0+662	0.17	0	0.06
0+663	0.19	0	0.08
0+664	0.41	0.01	0.06
0+665	0.78	0.03	0.06
0+666	0.84	0.09	0.07
0+667	0.69	0.13	0.07
0+668	0.31	0.12	0.06
0+669	0.05	0.14	0.07
0+670	0.04	0.19	0.08

---



0+671	0.08		0.23	0.11
0+672	0.12		0.14	0.15
0+673	0.31		0.12	0.2
0+674	0.58		0.28	0.3
0+675	0.72		0.37	0.44
0+676	0.59		0.35	0.64
0+677	0.64		0.32	0.87
0+678	0.59		0.28	1.09
0+679	0.19		0.23	1.32
0+680	0.1		0.18	1.54
0+681	0.19		0.17	1.73
0+682	0.33		0.19	1.69
0+683	0.42		0.19	1.46
0+684	0.31		0.19	1.22
0+685	0.12		0.2	0.98
0+686	0.15		0.13	0.74
0+687	0.17		0.02	0.53
0+688	0.1		0	0.34
0+689	0.24		0	0.24
0+690	0.22		0	0.22
0+691	0.12		0.01	0.19
0+692	0.22		0.03	0.15
0+693	0.32		0.06	0.12
0+694	0.35		0.1	0.1
0+695	0.26		0.12	0.1
0+696	0.12		0.13	0.09
0+697	0.04		0.13	0.09
0+698	0.19		0.12	0.08
0+699	0.41		0.08	0.08
0+700	0.29	0.03	0.08	

**Tabla de volumen de movimiento de tierra en relleno secciones de 5m con escáner Laser, estación total, nivel de ingeniero**

PROG.	ESCANER	ESTACION TOTAL	NIVEL DE INGENIERO
0+200	0	0	0
0+205	1.08	0.23	0.21
0+210	1.03	0.23	0.29
0+215	1.53	0.09	1.56
0+220	1.96	0.15	2.72
0+225	1.82	0.3	2.85
0+230	2.18	0.34	1.6



---

0+235	1.08	0.31	0.08
0+240	0.28	0.21	0.08
0+245	0.08	0	0.04
0+250	0.08	0	0.07
0+255	0.34	0.17	1
0+260	0.34	0.17	0.99
0+265	0.05	0.01	0.19
0+270	0.05	0.29	0.3
0+275	0.18	0.72	2.19
0+280	0.55	2.11	3.98
0+285	1.46	3.37	3.01
0+290	2.39	3.12	2.35
0+295	2.58	3.14	2.67
0+300	2.13	3.18	2.55
0+305	2.68	4.08	2.38
0+310	3.24	6.54	3.13
0+315	3.16	5.71	2.62
0+320	1.8	2.52	0.82
0+325	0.06	1.21	0.75
0+330	0	0.52	0.66
0+335	0.3	0.28	0.01
0+340	0.3	0.23	0.01
0+345	1.07	0.19	0.02
0+350	1.15	0.29	0.22
0+355	0.96	0.82	1.64
0+360	2.25	2.75	3.64
0+365	5.35	3.76	5.11
0+370	8.03	3.1	6.84
0+375	8.35	4.03	7.48
0+380	6.48	5.94	6.04
0+385	4.98	5.91	4.62
0+390	3.91	3.07	2.72
0+395	3.26	0.57	0.98
0+400	2.59	0.19	0.4
0+405	2.46	0.39	0.01
0+410	2.17	0.37	0.33
0+415	1.06	0.26	1.84
0+420	1.34	0.3	2.42
0+425	1.64	1.19	1.86
0+430	4.59	2.68	2.21
0+435	5.12	3.3	1.71
0+440	2.16	1.74	0.64
0+445	1.31	0.03	0.48
0+450	1.98	0.5	1.02
0+455	2.84	1.22	1.52
0+460	3.32	1.85	1.91

---



---

0+465	3.04	2.17	2.08
0+470	2.37	1.57	1.61
0+475	2.48	0.76	0.94
0+480	1.78	0.26	0.29
0+485	0.77	0	0.04
0+490	0.66	0	0.04
0+495	0.3	0.11	0.38
0+500	0.24	0.1	0.38
0+505	0.35	0.08	0.03
0+510	0.35	0.08	0.03
0+515	0.05	0.27	0
0+520	0.04	0.27	0
0+525	0.35	0	0
0+530	0.57	0.17	0.02
0+535	0.68	0.63	0.13
0+540	1.14	0.7	0.47
0+545	1.58	0.5	0.87
0+550	2.7	0.76	1.54
0+555	3.39	2.23	2.54
0+560	3.14	3.02	3.4
0+565	5.4	2.92	3.46
0+570	7.25	3.94	3.71
0+575	6.88	4.1	3.57
0+580	5.9	2.94	2.66
0+585	4.69	1.65	2.06
0+590	3.38	0.58	1.48
0+595	2.09	0.17	1.38
0+600	1.65	0.15	1.38
0+605	1.75	0.28	2.74
0+610	2.2	0.6	4.06
0+615	2.71	1.4	3.53
0+620	4.32	2.84	3.13
0+625	5.37	4.38	4.21
0+630	4.66	4.38	5.24
0+635	3.72	2.71	3.99
0+640	2.6	1.14	1.71
0+645	1.86	1	0.37
0+650	1.07	0.75	0.07
0+655	0.57	0.06	0.13
0+660	0.43	0.04	0.22
0+665	2.19	0.15	0.24
0+670	2.24	0.73	0.37
0+675	2.07	1.5	1.56
0+680	2.27	1.31	5.46
0+685	0.49	0.92	6.27
0+690	0.36	0.53	2.69

---



0+695	0.66	0.33	0.78
0+700	0.68	0.33	0.44

**Tabla de volumen de movimiento de tierra en relleno secciones de 10 m con escáner Laser, estación total, nivel de ingeniero**

PROG.	ESCANER	ESTACION TOTAL	NIVEL DE INGENIERO
0+200	0	0	0
0+210	0.1	0	0.16
0+220	0.87	0.12	2.65
0+230	2.45	0.3	2.48
0+240	1.58	0.19	0
0+250	0	0	0.06
0+260	0	0	0.1
0+270	0	0.55	0.31
0+280	0.74	3.88	4.13
0+290	3.35	6.15	6.38
0+300	4.33	5.72	4.8
0+310	4.57	10.73	6.06
0+320	2.98	9.27	3.96
0+330	0.13	1.53	0.18
0+340	0	0.08	0
0+350	0.16	0.19	0.39
0+360	2.89	4.24	4.77
0+370	10.83	6.79	12.21
0+380	12.45	9.3	12.79
0+390	6.57	7.43	6.12
0+400	3.09	0.97	1.16
0+410	1.16	0.15	0.63
0+420	1.14	0.19	2.43
0+430	7.59	3.25	4.3
0+440	7.56	3.12	2.87
0+450	2.98	0.94	1.83
0+460	5.27	3.12	3.71
0+470	4.9	3.17	3.55
0+480	2.18	0.99	1.31
0+490	0.57	0	0
0+500	0.18	0	0
0+510	0.04	0	0
0+520	0.01	0	0
0+530	0.55	0.36	0.04
0+540	1.97	0.79	0.73
0+550	5.14	1.45	2.73



0+560	6.89	3.56	5.78
0+570	10.12	7.16	8.02
0+580	11.79	6.97	6.68
0+590	7.3	2.55	3.73
0+600	3.78	0.36	2.56
0+610	3.79	0.97	5.21
0+620	7.92	4.48	7.03
0+630	9.67	7.36	8.28
0+640	6.01	4.21	5.78
0+650	2.18	0.56	0.61
0+660	0.29	0.03	0.18
0+670	0.08	1.15	0.61
0+680	0.58	1.94	8.72
0+690	0.75	0.8	9.38
0+700	0.54	0.02	1.51

**Tabla de volumen de movimiento de tierra en relleno secciones de 20 m con escáner Laser, estación total, nivel de ingeniero**

PROG.	ESCANER	ESTACION	NIVEL
	TOTAL		INGENIERO
0+200	0	0	0
0+220	1.93	0.23	4.97
0+240	1.73	0.23	4.97
0+260	0	0	0.09
0+280	1.48	6.66	7.82
0+300	4.91	12.47	12.25
0+320	3.69	8.71	4.91
0+340	0.26	2.9	0.36
0+360	5.47	8.11	8.76
0+380	14.18	21.23	18.69
0+400	10.46	13.31	9.93
0+420	3.45	0.47	3.6
0+440	3.36	0.28	4.33
0+460	7.89	4.36	5.22
0+480	7.03	4.36	4.5
0+500	0.89	0.02	0.01
0+520	0.06	0.01	0
0+540	2.93	0.95	1.44
0+560	9.3	6.07	8.9
0+580	16.2	9.87	12.38
0+600	12.78	5.04	7.44
0+620	14.05	7.67	8.78
0+640	14.85	8.44	7.42
0+660	3.77	1.08	1.57



0+680	1	1.57	16.92
0+700	1.59	1.58	17.4

## **ANEXO D**

### **Datos del levantamiento topográfico**

- ✓ Datos del escáner Laser 3D
- ✓ Datos de la Estación Total
- ✓ Datos del Nivel de Ingeniero

## **ANEXO E**

### **PLANOS**

#### **PLANO DE PLANTA Y PERFIL**

- ✓ Lamina PP-01 Plano del levantamiento con Escáner Laser 3D
- ✓ Lamina PP-02 Plano del levantamiento con Estación total
- ✓ Lamina PP-03 Plano del levantamiento con Nivel de Ingeniero

#### **PLANO DE SECCIONES TRANSVERSALES**

- ✓ Lamina ST-01 Plano del levantamiento con Escáner Laser 3D
- ✓ Lamina ST-02 Plano del levantamiento con Estación total
- ✓ Lamina ST-03 Plano del levantamiento con Nivel de Ingeniero