

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



Una Institución Adventista

**Análisis comparativo de levantamiento topográfico
convencional y fotogramétrico de la red de distribución de
agua potable en el distrito de Taraco – Huancané – Puno**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil

Por:

Noemi Ticona Nina
Vilma Rosmery Turpo Mamani

Asesor:

Ing. Percy Cota Mayorga

Juliaca, octubre de 2021

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DEL INFORME DE TESIS

Percy Armando Cota Mayorga, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: **“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO CONVENCIONAL Y FOTOGRAMÉTRICO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE EN EL DISTRITO DE TARACO – HUANCANÉ – PUNO”** constituye la memoria que presenta las Bachilleres **Noemi Ticona Nina y Vilma Rosmery Turpo Mamani** para obtener el título de Profesional de Ingeniero Civil, cuya tesis ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

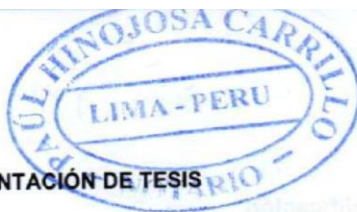
Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad de los autores, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en Juliaca, a los 07 días del mes de octubre del año 2021.



PERCY ARMANDO COTA MAYORGA
INGENIERO CIVIL
CIP 101807

Ing. Percy Armando Cota
Mayorga
Asesor



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Puno, Juliaca, Villa Chullunquiani, a 07 día(s) del mes de octubre del año 2021, siendo las 17:00 horas, se reunieron en el Salón de Grados y Títulos de la Universidad Peruana Unión, Filial Juliaca, bajo la dirección del Señor Presidente del jurado: Ing. Herson Duberly Pari Cusi, el secretario: Mg. Efraín Velasquez Mamani y los demás miembros: Mg. Arnaldo Bahui Salazar - Ing. José Pacori Pacori y el asesor: Ing. Percy Armando Gote Mayorga

con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulada: "Análisis comparativo de levantamiento topográfico convencional y fotogramétrico de la red de distribución de agua potable en el distrito de Baraco - Huancané - Puno"

de el(los)/a(las) bachiller(es): a) Noelmi Bicono Nina
 b) Vilma Rosmery Gurpo Mamani
 conducente a la obtención del título profesional de Ingeniero Civil
 (Nombre del Título Profesional)

con mención en.....

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (los)/a(la)(las) candidato(a)s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por el(los)/a(la)(las) candidato(a)s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Candidato (a): Noelmi Bicono Nina

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>15</u>	<u>B-</u>	<u>Bueno</u>	<u>Muy bueno</u>

Candidato (b): Vilma Rosmery Gurpo Mamani

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>15</u>	<u>B-</u>	<u>Bueno</u>	<u>Muy bueno</u>

(*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al(los)/a(la)(las) candidato(a)s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

Presidente

Eduardo
Secretario

Asesor

Miembro

Miembro

Candidato/a (a)

Candidato/a (b)

DEDICATORIA

Mi tesis la dedico con todo mi cariño y mi amor a mis queridos padres Flaudio y Maria, por sus consejos, apoyo incondicional y esfuerzo para que yo pudiera lograr mis sueños.

A mis hermanos Fredy y Jhair por su apoyo incondicional.

A toda mi familia que es lo más valioso que Dios me ha dado, por siempre mi corazón y mi agradecimiento.

VILMA ROSMERY TURPO MAMANI

DEDICATORIA

A Dios, por haberme dado la vida, guiarme por el buen camino y por no desampararme.

Con todo mi cariño y mi amor a mis queridos padres Roger y Agustina que hicieron todo en la vida para que yo pudiera lograr mis sueños, a ustedes por siempre mi corazón y mi agradecimiento.

A toda mi familia que es lo más valioso que Dios me ha dado.

NOEMI TICONA NINA

AGRADECIMIENTO

A DIOS por ayudarnos a cumplir nuestras metas ya que sin el nada de esto hubiera sido posible.

A la Universidad Peruana Unión, por albergarnos durante estos años de estudio y permitir formarnos para ser mejores profesionales de excelente calidad y ética.

A la Escuela Profesional de ingeniería Civil de la Universidad Peruana Unión y a nuestros queridos docentes personas de gran sabiduría quienes se han esforzado por transmitirnos sus conocimientos.

Al Ing. Elvis Brahyan Olivera Espinoza, por las recomendaciones, orientaciones y por su constante apoyo para la realización de esta Tesis.

A nuestro asesor ing. Percy Armando Cota Mayorga, por las recomendaciones para la realización de esta Tesis.

A nuestros amados padres, hermanos (as), familia y amigos (as) por su apoyo incondicional y moral en nuestra formación como profesionales.

INDICE

	Pág.
DEDICATORIA	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
INDICE	vii
ÍNDICE DE TABLA	xi
ÍNDICE FIGURA	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS	xviii
RESUMEN	xix
ABSTRACT	xx

CAPITULO I

EL PROBLEMA

1.1	Identificación del problema.....	21
1.2	Planteamiento del problema.....	22
1.2.1.	Identificación del problema.....	22
1.2.2.	Problemas específicos	22
1.3	Justificación	23
1.4	Objetivos de la Investigación.....	24
1.4.1.	Objetivo general.....	24
1.4.2.	Objetivos específicos	24

CAPITULO II

REVISION DE LITERATURA

2.1	Antecedentes de la investigación	25
2.2	Marco conceptual.....	27
2.2.1.	Topografía.....	27
2.2.1.1.	Divisiones, aplicaciones y definiciones de la topografía	27
2.2.1.2.	Tipos de levantamientos especializados	29
2.2.1.3.	Levantamiento topográfico en red de distribución de agua potable	30
2.2.1.4.	Teoría de errores	38
2.2.1.5.	Instrumentos para levantamiento topográfico	41
2.2.2.	Fotogrametría	48
2.2.2.1.	Clasificación de la fotogrametría	48
2.2.2.2.	Fotogrametría digital	50
2.2.2.3.	Sistemas autónomos no tripulados (VANT).....	52
2.2.2.4.	Planeamiento de vuelo.....	55
2.2.2.5.	Consideraciones antes del proceso de vuelo	56
2.2.2.6.	Procesamiento de información obtenida.....	60

2.2.2.7.	Estándares de precisión ASPRS para datos geoespaciales digitales.....	62
2.2.2.8.	Productos fotogramétricos	64
2.2.3.	Levantamientos geodésicos.....	67
2.2.3.1.	Levantamientos Geodésicos Horizontales.....	67
2.2.3.2.	Levantamientos Geodésicos Verticales.....	68
2.2.4.	Ventajas y desventajas de la fotogrametría respecto a la topografía clásica ..	71
2.2.5.	Criterios de diseño de agua potable y saneamiento en el ámbito rural.....	72
2.2.5.1.	Redes de distribución.....	72
2.3	Definición de términos.....	74

CAPITULO III

MATERIALES Y METODOS

3.1	Metodología y tipo de investigación.....	77
3.1.1.	Metodología	77
3.2	Tipo de investigación.....	77
3.3	Nivel de investigación.....	77
3.4	Diseño de investigación	77
3.5	Formulación de hipótesis	79
3.5.1.	Hipótesis general	79
3.5.2.	Hipótesis específica	79
3.6	Población y muestra.....	80
3.6.1.	Población	80
3.6.2.	Muestra.....	80
3.7	Variables de estudio.....	81
3.7.1.	Variable de dependiente (y)	81
3.7.2.	Variable de independiente (x).....	81
3.8	Metodología e instrumentos de recolección	81
3.8.1.	Metodologías de recolección.....	81
3.9	Instrumentos de recolección y equipos	82
3.9.1.	Instrumentos	82
3.9.2.	Equipos.....	83
3.10	Procedimiento de la investigación	83
3.11	Procesamiento de los datos obtenidos en zona de estudio	84
3.12	Datos generales de la zona de estudio	85
3.12.1.	Ubicación geográfica.....	85
3.12.2.	Ubicación de la zona de estudio.....	87
3.12.3.	Descripción de la zona de estudio.....	87
3.12.3.1.	Extensión superficial	87
3.12.3.2.	Topografía.....	87
3.12.3.3.	Clima.....	87

3.13	Distribución de puntos de control en zona de estudio	88
3.14	Levantamiento topográfico convencional.....	89
3.14.1.	Datos obtenidos de levantamiento topográfico convencional	89
3.14.1.1.	Datos obtenidos a 250 m	89
3.14.1.2.	Datos obtenidos a 375 m	90
3.14.1.3.	Datos obtenidos a 625 m	90
3.15	Levantamiento fotogramétrico con dron	91
3.15.1.	Datos de levantamiento.....	91
3.15.2.	Posiciones de cámaras	93
3.15.3.	Modelo de elevación digital	95
3.15.4.	Puntos de control procesada a diferentes distancias.....	96
3.15.4.1.	Puntos de control a 250 m de distancia.....	96
3.15.4.2.	Puntos de control a 375 m de distancia.....	96
3.15.4.3.	Puntos de control a 625 m de distancia.....	97
3.15.5.	Datos obtenidos a 150 m de altura de vuelo	98
3.15.5.1.	Datos obtenidos a una distancia de 250 m.....	98
3.15.5.2.	Datos obtenidos a una distancia de 375 m.....	99
3.15.5.3.	Datos obtenidos a una distancia de 625 m.....	99
3.15.6.	Datos obtenidos a 250 m de altura de vuelo	100
3.15.6.1.	Datos obtenidos a una distancia de 250 m.....	101
3.15.6.2.	Datos obtenidos a una distancia de 375 m.....	101
3.15.6.3.	Datos obtenidos a una distancia de 625 m.....	102

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1	Generalidades.....	104
4.2	Alternativas de evaluación	106
4.2.1.	Alternativa 01	106
4.2.1.1.	Con puntos de control a 625m en planimetría	106
4.2.1.1.1.	Datos obtenidos.....	106
4.2.1.2.	Con puntos de control a 625m en altimetría	114
4.2.1.3.	Con puntos de control a 375 m en planimetría	121
4.2.1.4.	Con puntos de control a 375 m en altimetría	128
4.2.1.5.	Con puntos de control a 250 m en planimetría	134
4.2.1.6.	Con puntos de control a 250 m en altimetría	141
4.2.2.	Alternativa 02	147
4.2.1.1.	Con puntos de control a 625 m en planimetría	147
4.2.1.2.	Con puntos de control a 625 m en altimetría	155
4.2.1.3.	Con puntos de control a 325 m en planimetría	162
4.2.1.4.	Con puntos de control a 325 m en altimetria	169

4.2.1.5.	Con puntos de control a 250 m en planimetría	175
4.2.1.6.	Con puntos de control a 250 m en altimetría	181
4.2.3.	Resumen de resultados	188
4.2.1.7.	Alternativa 01	188
4.2.1.8.	Alternativa 02	191
4.2.1.9.	Comparación de medias entre alternativa de evaluaciones 01 y 02	194

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1	Conclusiones	196
5.2	Recomendaciones	197
REFERENCIAS		198
ANEXOS		202

ÍNDICE DE TABLA

	Pág.
Tabla 01. Límite de tolerancia angular y lineal.....	37
Tabla 02. Características técnicas de Estación Total	43
Tabla 03. Características técnicas del Nivel.	47
Tabla 04. Estándares de precisión horizontal para datos geoespaciales.....	63
Tabla 05. Ejemplos de calidad para datos planimétricos digitales de alta precisión.....	63
Tabla 06. Estándares de precisión vertical para datos digitales de elevación.....	64
Tabla 07. Calidad para datos de elevación digital.....	64
Tabla 08. Clasificación de los Levantamientos Geodésicos	69
Tabla 09. Características de la zanja.....	74
Tabla 10. Ubicación del proyecto	85
Tabla 11. Puntos obtenidos con estación total a 250 m.....	89
Tabla 12. Puntos obtenidos con estación total a 375.....	90
Tabla 13. Puntos obtenidos con estación total a 625 m.....	90
Tabla 14. Datos de vuelo.....	93
Tabla 15. Calibración de cámara.....	93
Tabla 16. Datos obtenidos a 250 m con altura de vuelo a 150 m	98
Tabla 17. Datos obtenidos a 375 m con altura de vuelo a 150 m	99
Tabla 18. Datos obtenidos a 625 m con altura de vuelo a 150 m	99
Tabla 19. Datos obtenidos a 250 m con altura de vuelo a 150 m	101
Tabla 20. Datos obtenidos a 375 m con altura de vuelo a 150 m	101
Tabla 21. Datos obtenidos a 625 m con altura de vuelo a 150 m	102
Tabla 22. Parámetros de evaluación	106
Tabla 23. Errores máximos permitidos	106
Tabla 24. Datos obtenidos en Este.....	107
Tabla 25. Datos obtenidos en Norte	108
Tabla 26. Error planimétrico	109
Tabla 27. Datos estadísticos de planimetría.	110
Tabla 28. Estadísticas para una muestra.....	113
Tabla 29. Prueba T para una muestra.	113
Tabla 30. Datos obtenidos en altitud.	114
Tabla 31. Error altimétrico.	115
Tabla 32. Datos estadísticos de altimetría.	116
Tabla 33. Estadísticas para una muestra.....	120
Tabla 34. Prueba T para una muestra.	120
Tabla 35. Datos obtenidos en Este.....	121
Tabla 36. Datos obtenidos en Norte	122

Tabla 37. Error planimétrico.	122
Tabla 38. Datos estadísticos de planimetría.	123
Tabla 39. Estadísticas para una muestra.	126
Tabla 40. Prueba T para una muestra.	126
Tabla 41. Datos obtenidos en altitud.	128
Tabla 42. Error altimétrico.	128
Tabla 43. Datos estadísticos de altimetría.	129
Tabla 44. Estadísticas para una muestra.	132
Tabla 45. Prueba T para una muestra.	133
Tabla 46. Datos obtenidos en Este.	134
Tabla 47. Datos obtenidos en Norte.	135
Tabla 48. Error planimétrico.	135
Tabla 49. Datos estadísticos de planimetría.	136
Tabla 50. Estadísticas para una muestra.	139
Tabla 51. Prueba T para una muestra.	139
Tabla 52. Datos obtenidos en Altitud.	141
Tabla 53. Error en altimetría.	141
Tabla 54. Datos estadísticos de altimetría.	142
Tabla 55. Estadísticas para una muestra.	145
Tabla 56. Prueba T para una muestra.	146
Tabla 57. Errores máximos permitidos.	147
Tabla 58. Datos obtenidos en Este.	147
Tabla 59. Datos obtenidos en Norte.	148
Tabla 60. Error planimétrico.	150
Tabla 61. Datos estadísticos de planimetría.	151
Tabla 62. Estadísticas para una muestra.	154
Tabla 63. Prueba T para una muestra.	154
Tabla 64. Datos obtenidos en altitud.	155
Tabla 65. Error en altimetría.	157
Tabla 66. Datos estadísticos de planimetría.	158
Tabla 67. Estadísticas para una muestra.	161
Tabla 68. Prueba T para una muestra.	161
Tabla 69. Datos obtenidos en Este.	162
Tabla 70. Datos obtenidos en Norte.	163
Tabla 71. Error planimétrico.	164
Tabla 72. Datos estadísticos de planimetría.	164
Tabla 73. Estadísticas para una muestra.	167
Tabla 74. Prueba T para una muestra.	167
Tabla 75. Datos obtenidos en altitud.	169

Tabla 76. Error altimétrico.	169
Tabla 77. Datos estadísticos de planimetría.	170
Tabla 78. Estadísticas para una muestra.....	173
Tabla 79. Prueba T para una muestra.	173
Tabla 80. Datos obtenidos en altitud.	175
Tabla 81. Datos obtenidos en Norte.	175
Tabla 82. Error planimétrico.	176
Tabla 83. Datos estadísticos de planimetría.	176
Tabla 84. Estadísticas para una muestra.....	180
Tabla 85. Prueba T para una muestra.	180
Tabla 86. Datos obtenidos en altitud.	181
Tabla 87. Error altimétrico.	182
Tabla 88. Datos estadísticos de altimetría.	182
Tabla 89. Estadísticas para una muestra.....	186
Tabla 90. Prueba T para una muestra.	186
Tabla 91. Altura de vuelo drone 150m.....	188
Tabla 92. Altura de vuelo drone 250m.....	191

ÍNDICE FIGURA

	Pág.
Figura 01. Plano planimétrico.	28
Figura 02. Plano altimétrico.	28
Figura 03. Diagrama de operaciones topográficas.	32
Figura 04. Estación de observación.	33
Figura 05. Poste para proteger la placa.	33
Figura 06. Exactitud y precisión.	39
Figura 07. Partes de una estación total.	42
Figura 08. Error de dirección.	44
Figura 09. Partes del nivel topográfico.	46
Figura 10. Error asociado a la falta de verticalidad de la mira.	48
Figura 11. Fotogrametría Espacial.	49
Figura 12. Fotogrametría Aérea.	50
Figura 13. Fotogrametría terrestre.	50
Figura 14. Imagen digital.	51
Figura 15. Procedimiento de obtención de imagen digital.	52
Figura 16. Diagrama de la estructura y principales componentes de un UAS.	53
Figura 17. Vehículo Aéreo No tripulado en campo.	53
Figura 18. Sistemas UAV para fotogrametría de acuerdo al tipo de vuelo.	55
Figura 19. Esquema para realizar un levantamiento fotogramétrico terrestre.	56
Figura 21. Distribución ideal de los puntos de apoyo.	60
Figura 22. Pasos para volar un UAV.	61
Figura 23. Control en el proceso fotogramétrico.	65
Figura 24. Modelo digital de elevaciones.	66
Figura 25. Modelo digital de elevaciones.	66
Figura 26. Curvas de nivel estado inicial y final, para movimiento de tierra.	67
Figura 27. Inscripción en la placa de bronce empleada para señalar el punto colocado.	68
Figura 28. Diseño del Monumento de concreto establecido según el orden del punto.	69
Figura 29. Redes de distribución.	72
Figura 30. Características de la zanja.	73
Figura 31. Diagrama de flujo resumido del trabajo.	82
Figura 32. Procedimiento y recolección de datos de la investigación.	84
Figura 33. Secuencia del procedimiento de análisis de la investigación.	84
Figura 34. Ubicación de la zona de estudio.	86
Figura 35. Ubicación de la zona de estudio.	87
Figura 36. Marcado de puntos de control terrestre con yeso.	88
Figura 37. Monumentación de BM's y puntos de control.	88

Figura 38. Pasos para volar un UAV.....	92
Figura 39. Proceso de captura de fotografías desde una altura de 150 m.....	92
Figura 40. Proceso de captura de fotografías desde una altura de 250 m.....	93
Figura 41. Posiciones de cámaras a 250 m de distancia.....	94
Figura 42. Posiciones de cámaras a 375 m de distancia.....	94
Figura 43. Posiciones de cámaras a 625 m de distancia.....	95
Figura 44. Modelo digital de elevaciones.	95
Figura 45. Posición de puntos de apoyo a 250 m.....	96
Figura 46. Posición de puntos de apoyo a 375 m.....	97
Figura 47. Posición de puntos de apoyo a 625 m.....	97
Figura 48. Cadena planimétrica (en plano horizontal) y cadena altimétrica.....	104
Figura 49. Características de la zanja.	105
Figura 50. Histograma de error, frecuencia – error planímetro.	110
Figura 51. Tendencia de error planimétrico, normal esperado – valor observado.	111
Figura 52. Error planimétrico sin tendencia, desviación normal – valor observado.....	111
Figura 53. Diagrama de caja, variable error planimétrico – mediana.....	111
Figura 54. Histograma de error, frecuencia – error planímetro.	112
Figura 55. Curva T student, con puntos de control a 625 m.	113
Figura 56. Histograma de error, frecuencia – error altimétrico.....	117
Figura 57. Tendencia de error altimétrico, normal esperado – valor observado.	117
Figura 58. Error altimétrico sin tendencia, desviación normal – valor observado.....	118
Figura 59. Diagrama de caja, variable error altimétrico – mediana.....	118
Figura 60. Histograma de error, frecuencia – error altimétrico.....	118
Figura 61. Curva T student, con puntos de control a 625 m.	120
Figura 62. Histograma de error, frecuencia – error planímetro.	124
Figura 63. Tendencia de error planimétrico, normal esperado – valor observado.	124
Figura 64. Error planimétrico sin tendencia, desviación normal – valor observado.....	124
Figura 65. Diagrama de caja, variable error planimétrico – mediana.....	125
Figura 66. Histograma de error, frecuencia – error planimétrico.....	125
Figura 67. Curva T student, con puntos de control a 375 m.	127
Figura 68. Histograma de error, frecuencia – error altimétrico.....	130
Figura 69. Tendencia de error altimétrico, normal esperado – valor observado.	130
Figura 70. Error altimétrico sin tendencia, desviación normal – valor observado.....	130
Figura 71. Diagrama de caja, variable error altimétrico – mediana.....	131
Figura 72. Histograma de error, frecuencia – error altimétrico.....	131
Figura 73. Curva T student, con puntos de control a 375 m.	133
Figura 74. Histograma de error, frecuencia – error planímetro.	137
Figura 75. Tendencia de error planimétrico, normal esperado – valor observado.	137
Figura 76. Error planimétrico sin tendencia, desviación normal – valor observado.....	137

Figura 77. Diagrama de caja, variable error planimetrico – mediana.....	138
Figura 78. Histograma de error, frecuencia – error planimetrico.....	138
Figura 79. Curva T student, con puntos de control a 250 m.	140
Figura 80. Histograma de error, frecuencia – error altimétrico.....	143
Figura 81. Tendencia de error altimétrico, normal esperado – valor observado.	143
Figura 82. Error altimétrico sin tendencia, desviación normal – valor observado.....	143
Figura 83. Diagrama de caja, variable error altimétrico – mediana.....	144
Figura 84. Histograma de error, frecuencia – error altimétrico.....	144
Figura 85. Curva T student, con puntos de control a 250 m.	146
Figura 86. Histograma de error, frecuencia – error planímetro.	151
Figura 87. Tendencia de error planimetrico, normal esperado – valor observado.	152
Figura 88. Error planimétrico sin tendencia, desviación normal – valor observado.....	152
Figura 89. Diagrama de caja, variable error planímetro – mediana.	152
Figura 90. Histograma de error, frecuencia – error planímetro.	153
Figura 91. Curva T student, con puntos de control a 625 m.	154
Figura 92. Histograma de error, frecuencia – error altimétrico.....	158
Figura 93. Tendencia de error altimetrico, normal esperado – valor observado.	159
Figura 94. Error altimetrico sin tendencia, desviación normal – valor observado.....	159
Figura 95. Diagrama de caja, variable error altimétrico – mediana.....	159
Figura 96. Histograma de error, frecuencia – error altimétrico.....	160
Figura 97. Curva T student, con puntos de control a 625 m.	161
Figura 98. Histograma de error, frecuencia – error planímetro.	165
Figura 99. Tendencia de error planimétrico, normal esperado – valor observado.	165
Figura 100. Error planimétrico sin tendencia, desviación normal – valor observado.....	165
Figura 101. Diagrama de caja, variable error planimétrico – mediana.....	166
Figura 102. Histograma de error, frecuencia – error planimétrico.....	166
Figura 103. Curva T student, con puntos de control a 375 m.	168
Figura 104. Histograma de error, frecuencia – error altimétrico.....	171
Figura 105. Tendencia de error altimetrico, normal esperado – valor observado.	171
Figura 106. Error altimetrico sin tendencia, desviación normal – valor observado.....	171
Figura 107. Diagrama de caja, variable error altimetrico – mediana.....	172
Figura 108. Histograma de error, frecuencia – error altimétrico.....	172
Figura 109. Curva T student, con puntos de control a 375 m.	174
Figura 110. Histograma de error, frecuencia – error planímetro.	177
Figura 111. Tendencia de error planimétrico, normal esperado – valor observado.	177
Figura 112. Error planimétrico sin tendencia, desviación normal – valor observado.....	178
Figura 113. Diagrama de caja, variable error planimetrico – mediana.....	178
Figura 114. Histograma de error, frecuencia – error planimétrico.....	178
Figura 115. Curva T student, con puntos de control a 250 m.	180

Figura 116. Histograma de error, frecuencia – error planímetro.	183
Figura 117. Tendencia de error planimetrico, normal esperado – valor observado.	183
Figura 118. Error planimétrico sin tendencia, desviación normal – valor observado.....	184
Figura 119. Diagrama de caja, variable error planimetrico – mediana.....	184
Figura 120. Histograma de error, frecuencia – error altimétrico.....	184
Figura 121. Curva T student, con puntos de control a 250 m.	186
Figura 123. Comparación de error medio en altimetría.	189
Figura 124. Comparación de error medio en planimetría y altimetría.	190

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Certificado de calibracion de equipos	202
A.1. Certificado de calibración de estación total.....	203
A.2. Certificado de calibración de nivel	204
A.3. Certificado de operatividad del GPS.....	205
A.4. Ficha técnica de Drone Phantom 4 Pro	206
Anexo B. Pago a instituto geografico nacional	207
B.1. Boleta de pago a Instituto Geográfico Nacional	208
Anexo C. Plano topografico de distribucion de agua potable	209

RESUMEN

Mediante la presente investigación se determinó si los datos obtenidos a través de fotogrametría en planimetría y altimetría, son lo suficientemente confiables de manera que se pueda sustituir el levantamiento topográfico convencional, para el diseño hidráulico de proyectos de saneamiento rural.

Para el cual se analizó la variación de los datos obtenidos a través de fotogrametría a diferentes alturas de vuelo con puntos de control terrestre del Sector Sullata, distrito de Taraco.

La presente investigación tiene un enfoque cuantitativo, es de tipo aplicada, el nivel de la investigación es comparativa y su diseño es experimental.

Asimismo, se realizó la recolección de datos topográficos y fotogramétricos en campo y posteriormente se realizó el procesamiento de datos con el software Agisoft Photoscan el cual nos permitió evaluar el error en las coordenadas Este (x), Norte (Y) y elevación (Z).

Según el análisis de datos obtenidos a través de la fotogrametría a una altura de vuelo del dron de 150 m, se concluyó que es confiable con puntos de control a 250 m mas no a 375 m y 625 m; de igual manera, a una altura de vuelo del dron de 250 m, son aceptables con puntos de control a 250 m, 375 m mas no a 625 m, teniendo como parámetros de evaluación el error máximo en planimetría de 0.20 m del ancho de servidumbre de paso y en altimetría de 0.50 m.c.a. de la presión mínima.

En general la confiabilidad de los datos fotogramétricos dependerá de la altura de vuelo y separación de los puntos de control terrestre.

Palabras clave: Altimetría, error, fotogrametría, planimetría y topografía.

ABSTRACT

By means of the present investigation it was determined if the data obtained through photogrammetry in planimetry and altimetry, are sufficiently reliable so that they can replace the conventional topographic survey, for the hydraulic design of rural sanitation projects.

For which the variation of the data obtained through photogrammetry at different flight heights with ground control points of the Sullata Sector, Taraco district, was analyzed.

The present research has a quantitative approach, it is applied, the research level is comparative and its design is experimental.

Likewise, topographic and photogrammetric data collection was carried out in the field and later data processing was performed with Agisoft Photoscan software, which allowed us to evaluate the error in the East (x), North (Y) and elevation (Z) coordinates.

According to the analysis of data obtained through photogrammetry at a drone flight height of 150 m, it was concluded that it is reliable with control points at 250 m but not at 375 m and 625 m; likewise, at a drone flight height of 250 m, they are acceptable with control points at 250 m, 375 m but not at 625 m, having as evaluation parameters the maximum error in planimetry of 0.20 m of the right-of-way width and in altimetry of 0.50 m.c.a. of the minimum pressure.

In general, the reliability of the photogrammetric data will depend on the flight height and separation of the ground control points.

Key words: Altimetry, error, photogrammetry, planimetry and topography.

CAPITULO I

EL PROBLEMA

1.1 Identificación del problema

En el mundo actual, el avance tecnológico ha permitido surgir nuevas herramientas en el campo de la topografía, tal es el caso del drone o el Vehículo Aéreo No Tripulado (VANT), es una herramienta aplicada en el área de la fotogrametría presentándose como una importante alternativa para la captura de imágenes de alta resolución espacial y temporal para luego realizar levantamientos topográficos. En donde el drone tiene la capacidad de realizar vuelos autónomos, permite realizar mediciones indirectas de la superficie terrestre y/o características tridimensionales, permitiéndonos un análisis más completo tras la obtención planos topográficos.

Actualmente el levantamiento topográfico convencional con estación total es muy común en nuestro país, en donde recientemente se está adaptando al surgimiento de nuevas herramientas en el campo de la topografía como avance tecnológico, cabe mencionar que los equipos convencionales requieren de mayor tiempo en la obtención de datos y esto implica mayor costo en su ejecución.

Asimismo en nuestra región de Puno, específicamente en el distrito de Taraco, el uso del drone en levantamientos topográficos para obras de saneamiento es limitada, esto se debe al desconocimiento del uso drone como una herramienta topográfica, quien tiene la capacidad de obtener datos topográficos a través de la captura de imágenes aéreas en muy corto tiempo. En nuestra región en un futuro es muy posible que el uso del drone sea vuelva común, la duda y el problema radican en conocer si los datos topográficos obtenidos son lo suficientemente confiables de manera que se pueda reemplazar el levantamiento topográfico convencional con estación total.

Por ende, en esta tesis se realizara una comparación de datos obtenidos del dron y la estación total, para posteriormente dar a conocer la confiabilidad de estos datos obtenidos, para fines de levantamiento topográfico en obras de saneamiento.

1.2 Planteamiento del problema

1.2.1. Identificación del problema

¿Cuál es la variación de los datos obtenidos a través de fotogrametría a diferentes alturas de vuelo con puntos de control terrestre, respecto al levantamiento topográfico convencional para el diseño de la red de distribución de agua potable?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es la variación de los datos obtenidos en planimetría a través de fotogrametría a una altura de vuelo de 150m con puntos de control terrestre, respecto al levantamiento topográfico convencional?
- ¿Cuál es la variación de los datos obtenidos en altimetría a través de fotogrametría a una altura de vuelo de 150m con puntos de control terrestre, respecto al levantamiento topográfico convencional?
- ¿Cuál es la variación de los datos obtenidos en planimetría a través de fotogrametría a una altura de vuelo de 250m con puntos de control terrestre, respecto al levantamiento topográfico convencional?
- ¿Cuál es la variación de los datos obtenidos en altimetría a través de fotogrametría con dron a una altura de vuelo de 250m con puntos de control terrestre, respecto al levantamiento topográfico convencional?

1.3 Justificación

La ingeniería civil tiene el compromiso de proyectar, diseñar, analizar, construir y dar mantenimiento a proyectos que satisfagan las necesidades de una población o comunidad. Por ello como etapa importante para el diseño y la ejecución de los proyecto de obra civil es la topografía ya que esta permite analizar el lugar donde se desplantarán estos proyecto (Claros, Guevara & Pacas, 2016).

En nuestro país se usa comúnmente la estación total para la obtención de información topográfica, sin embargo a medida del avance tecnológico surge el dron como una nueva herramienta para la recolección de información topográfica, según Prieto (2016), afirma que la fotogrametría con dron hace posible documentar, de manera adecuada, construcciones completas a escala, con medidas o alturas muy aproximadas a la realidad y, además, con texturas y detalles reales, asimismo reducen el tiempo en la recolección de información y permiten ver las características del terreno en modelo 3D.

En nuestra región se requiere el empleo de herramientas más eficientes en la recolección de información topográfica que estas sean precisas y en corto tiempo, ya que el levantamiento topográfico convencional requiere de mucho tiempo más aun cuando se trata de obras de saneamiento y carreteras. En cuanto a la precisión cabe mencionar que un margen de error mínimo con lleva a un mal cálculo en la etapa de gabinete por lo tanto la proyección de un expediente técnico tendría serias deficiencias, como aumento en los costos, afectando la economía además que esta incrementa el tiempo y la repetición de los trabajos de campo.

Debido a ello se pretende determinar la confiabilidad de los datos obtenidos con dron en comparación con el levantamiento topográfico convencional, en el Sector Sullata del distrito de Taraco, donde se plantea el diseño y la ejecución del proyecto de red de distribución de agua potable, por ello es necesario conocer las características del terreno.

Finalmente es necesario determinar la precisión del dron en la obtención de datos topográficos a fin de proponer como una nueva alternativa en el levantamiento topográfico.

1.4 Objetivos de la Investigación

1.4.1. Objetivo general

Analizar la variación de los datos obtenidos a través de fotogrametría a diferentes alturas de vuelo con puntos de control terrestre, respecto al levantamiento topográfico convencional para el diseño de la red de distribución de agua potable.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar la variación de los datos obtenidos en planimetría a través de fotogrametría a una altura de vuelo de 150m con puntos de control terrestre, respecto al levantamiento topográfico convencional.
- Determinar la variación de los datos obtenidos en altimetría a través de fotogrametría a una altura de vuelo de 150m con puntos de control terrestre, respecto al levantamiento topográfico convencional.
- Determinar la variación de los datos obtenidos en planimetría a través de fotogrametría a una altura de vuelo de 250m con puntos de control terrestre, respecto al levantamiento topográfico convencional.
- Determinar la variación de los datos obtenidos en altimetría a través de fotogrametría a una altura de vuelo de 250m con puntos de control terrestre, respecto al levantamiento topográfico convencional.

CAPITULO II

REVISION DE LITERATURA

2.1 Antecedentes de la investigación

Claros, Guevara & Pacas (2016), en la tesis denominado “Aplicación de fotogrametría aérea en levantamientos topográficos mediante el uso de vehículos aéreos no tripulados, El salvador”. El objetivo de la investigación es aplicar fotogrametría aérea a baja altura en levantamientos mediante el uso de vehículos aéreos no tripulados con fines ingenieriles. Concluyen que la fotogrametría constituye una técnica que permite obtener datos de la superficie de terreno en un corto lapso de tiempo mediante la toma de fotografías aéreas. El nivel de precisión de los resultados se estima como dos veces el GDS (8.68 cm para este proyecto). El flujo de trabajo fotogramétrico se necesita del apoyo terrestre para mejorar los resultados, el uso de aparatos topográficos, por lo que la metodología estudiada no constituye una solución definitiva a la necesidad de información topográfica ni excluye el uso de las técnicas topográficas tradicionales, sino que se apoya en ellas para compensar sus Elaboración propias deficiencias.

Jiménez & Prado (2019), en la tesis denominado “Análisis técnico comparativo entre los métodos topográficos tradicionales y el método de aerofotogrametría con vehículo aéreo no tripulado, Quito, Ecuador”. El objetivo de la investigación es aplicar los métodos topográficos tradicionales y el método de aerofotogrametría con UAV, comparar las técnicas para determinar las ventajas y desventajas. Concluyeron que en la zona sin vegetación la precisión de la aerofotogrametría es 0.0647 metros, es más detallada y debido al error al humano que se genera por métodos tradicionales, es más precisa. En la zona con vegetación tupida la precisión de la aerofotogrametría es 0.04863 metros, es menos precisa que los métodos tradicionales. La precisión en promedio con una zona sin y con vegetación, es de 0.2815 metros.

Sánchez (2017), en la tesis denominado “Determinar el grado de confiabilidad del levantamiento topográfico con dron en la Plaza San Luis-2017, Nuevo Chimbote”. El objetivo de la investigación es determinar la confiabilidad de un levantamiento topográfico con dron. Concluyo que el levantamiento fotogramétrico mediante el uso del dron dio resultado confiable y tiene buena precisión, ya que la precisión promedio en los puntos de control supera la tolerancia establecida por el Instituto de Estadística y Geografía de México.

Ayala (2018), en la tesis denominado “Evaluación de levantamientos topográficos con dron (DJI Phantom 4 pro) y estación total, quebrada Señor de Quinuapata del Distrito de Ayacucho, Peru”. El objetivo de la investigación es determinar la fiabilidad y eficiencia de levantamientos topográficos usando drones versus el método tradicional. Concluyo que ambos equipos de topografía como el dron DJI Phantom 4 pro, y la estación total, resultan iguales en un levantamiento topográfico con un 95% de confianza estadística, lo que resulta un equipo apropiado para trabajos topográficos en fotogrametría, lo que esto afianza a aceptar sus especificaciones propias del fabricante.

Tacca (2015), en la tesis denominado “Comparación de resultados obtenidos de un levantamiento topográfico utilizando la fotogrametría con drones al método tradicional, UNA, Puno”. Llegando a la siguiente conclusión de que los datos obtenidos en campo tomados con el dron Phantom 2 Visión + y las medidas obtenidas con la estación total, ambos equipos georreferenciados, tienen resultados muy similares, el levantamiento fotogramétrico mediante el uso de dron es menos costoso por su versatilidad esto con un 95% de confianza, asimismo los cálculos de volúmenes y excavaciones con el uso de la fotogrametría y el dron Phantom 2 Visión +, se realiza en menor tiempo que con la estación total, además se requiere mucho menos personal que el método clásico.

2.2 Marco conceptual

2.2.1. Topografía

Los autores Wolf & Ghilani (2016), define la “Topografía como la disciplina que comprende todos los métodos para medir y recopilar información física acerca de la tierra y nuestro medio ambiente, procesar esa información y difundir los diferentes productos resultantes a una amplia variedad de clientes. (p.1)

Asimismo según Torres & Villate (1961), define “La topografía como el arte de medir distancias horizontales y verticales entre puntos y objetos sobre la superficie terrestre y localizar puntos por medio de distancias y ángulos previamente determinados” además el procedimiento que debe seguirse en un levantamiento topográfico comprende dos etapas fundamentales:

- a. El trabajo de campo, o sea la recopilación de datos o la localización de punto.
- b. El trabajo de oficina, que comprende el cálculo y el dibujo (p.17).

2.2.1.1. Divisiones, aplicaciones y definiciones de la topografía

Pérez (2010), menciona que “la topografía plana se divide en dos grandes aéreas que son la planimetría y la altimetría” (p.37).

2.2.1.1.1. Planimetría o control horizontal

Según Pérez (2010), menciona que “La planimetría solo tiene en cuenta la proyección del terreno sobre un plano horizontal (vista plana) que se supone que la superficie media de la tierra; esta proyección se denomina base productiva y es la que se considera cuando se miden distancias horizontales y se calcula la aérea de un terreno”.

Pérez (2010), indica que “La ubicación de los puntos sobre la superficie de la tierra se hace mediante la medición de ángulos y distancias a partir de puntos y líneas de referencia proyectadas sobre un plano horizontal. El conjunto de líneas que unen los puntos observados se denomina poligonal base y es la que conforma la red fundamental, a partir

de la cual se referencia la posición de todos los detalles o accidentales naturales y/o artificiales de interés”. Como resultado del levantamiento la poligonal puede ser abierta o cerrada según los requerimientos del levantamiento topográfico (p.37-38).

Por otro lado, Mendoza (2008), indica que “la planimetría se encarga de representar gráficamente una porción de tierra, sin tener en cuenta los desniveles que pueda tener el mencionado terreno. Para esto es importante proyectar a la horizontal todas las longitudes inclinadas que hayan de intervenir en la determinación del plano” (p.11).

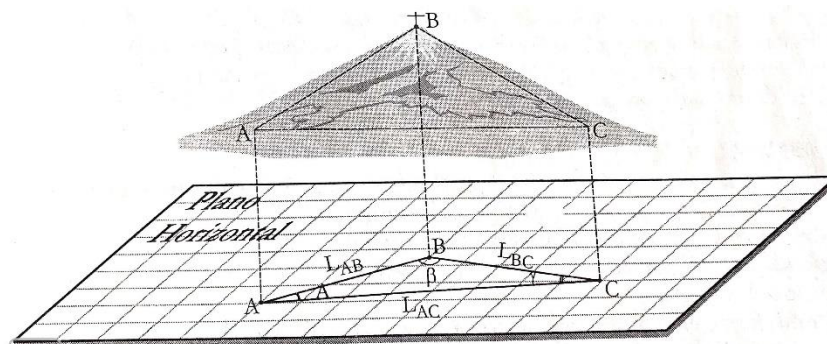


Figura 01. Plano planimétrico.
Fuente: (Mendoza, 2008)

2.2.1.1.2. Altimetría o control vertical

Según Pérez (2010), define la altimetría como “la medición de las diferencias de nivel o de elevación entre los diferentes puntos del terreno, las cuales representan las distancias verticales medidas a partir de un plano horizontal de referencia”. La medición de la elevación se puede hacer a partir de las mediciones de las pendientes y de la distancia inclinada entre cada dos puntos. Como resultado se obtiene la elevación del terreno (p.38).

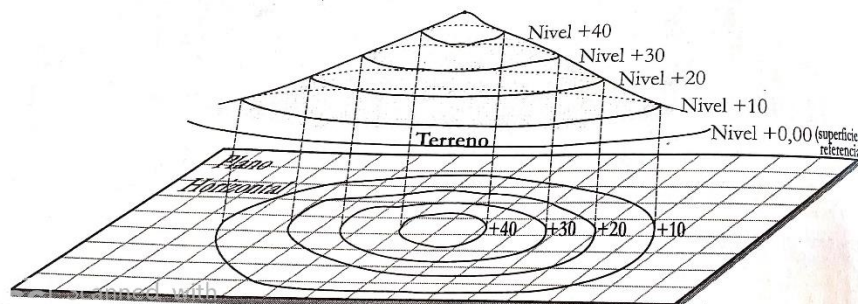


Figura 02. Plano altimétrico.
Fuente: (Mendoza, 2008)

2.2.1.2. Tipos de levantamientos especializados

Los autores Wolf & Ghilani (2016), afirman que “existen varios tipos de levantamientos especializados que una persona muy experimentada en una de estas disciplinas específicas puede tener muy poco contacto con las otras aéreas”.

Asimismo, según Wolf & Ghilani (2016), cabe indicar que “Los levantamientos topográficos determinan la ubicación de características o accidentales naturales y artificiales, así como las elevaciones usadas en la elaboración de mapas”.

A continuación, se describen brevemente algunas clasificaciones importantes:

- “Los levantamientos de control establecen una red de señalamientos horizontales y verticales que sirven como marco de referencia para otros levantamientos” (Wolf & Ghilani, 2016, p.11).
- “Los levantamientos catastrales de terreno y de linderos establecen las líneas de propiedad y los vértices de propiedad. El término catastral se aplica generalmente a levantamientos de terrenos federales” (Wolf & Ghilani, 2016, p.11).
- “Los levantamientos hidrográficos definen la línea de la playa y las profundidades de lagos, corrientes, océanos, represas y otros cuerpos de agua. Los levantamientos marinos están asociados con industrias portuarias y de fuera de la costa, así como en el ambiente marino” (Wolf & Ghilani, 2016, p.11).
- “Los levantamientos de rutas se efectúan para planear, diseñar y construir carreteras, ferrocarriles, líneas de tubería y otros proyectos lineales. Estos normalmente comienzan en un punto de control y pasan progresivamente a otro de la manera más directa posible permitida por las condiciones del terreno” (Wolf & Ghilani, 2016, p.11).

- Por último, según Wolf & Ghilani (2016) mencionan que “los levantamientos de construcción “determinan la línea, pendiente, las elevaciones de control, las posiciones horizontales, las dimensiones y las configuraciones para operaciones de construcción. También proporciona datos elementales para calcular los pagos a los contratistas” (p.11).

Asimismo, McCormac (2007), indica que los levantamientos topográficos “se realizan para localizar objetos y medir el relieve, los accidentes del terreno o las variaciones tridimensionales de la superficie terrestre” (p.5).

- “Los levantamientos de obra terminada se realizan al concluir un proyecto de construcción, con el objeto de contar con las posiciones y dimensiones finales de los elementos del proyecto, como se construyeron en realidad” (McCormac, 2007, p.7).

Dentro de los levantamientos especializados se encuentra la fotogrametría, en donde según Pérez (2010), indica que “Los levantamientos aéreos se hacen por fotogrametría generalmente desde aviones comúnmente conocida en el área de topografía como fotogrametría, se usa como método auxiliar y complementario muy valioso para los levantamientos topográficos”. (p.11)

Como punto resaltante el autor McCormac (2007), considera la fotogrametría como parte de la topografía indicando que “la fotogrametría es extremadamente valiosa, entre otras cosas, por la rapidez con que se puede aplicar, por su economía, por la posibilidad de aplicarla en áreas de difícil acceso y porque proporciona un gran nivel de detalle” (p.7).

2.2.1.3. Levantamiento topográfico en red de distribución de agua potable

Según Márquez (2005), indica que en “la elaboración del proyecto para un sistema de abastecimiento de agua potable o para una red de alcantarillado, los levantamientos

topográficos constituyen uno de los trabajos básicos y, por tanto, debe concedérselas atención debida para asegurar su correcta ejecución” (p.317).

2.2.1.3.1. Orden de trabajo topográfico en red de distribución de agua potable

Márquez (2005), indica que en “los estudios para el suministro de agua potable y saneamiento de una localidad, los trabajos topográficos deben realizarse con exactitud de acuerdo a categoría y en el siguiente orden”:

- a. Como primer paso según Márquez (2005), es el *Reconocimiento* el cual se ejecuta con aparatos portátiles, poco precisos como: brújula, podómetro, aneroide o altímetro, etc. El registro de campo, en forma clara y ordenada se anotarán los datos recogidos durante el reconocimiento. Estos datos son los rumbos de las líneas, las distancias aproximadas, las presiones si se emplea el aneroide o las altitudes si se usa altímetro, las características generales de la topografía del terreno, las temperaturas, la hora y fecha de observación. (p.317)

El reconocimiento tiene las siguientes finalidades:

- Formar un catálogo completo de las fuentes de abastecimiento de agua para la población considerada.
- Fijar los itinerarios para la localización de la línea de conducción de agua, incluyendo la ubicación de bancos de nivel y estaciones de observación astronómica para determinación del azimut.
- Determinar los trabajos topográficos que deben efectuarse en la población y ubicar en la misma los bancos de nivel y las estaciones de observación astronómica.
- Fijar los itinerarios para localizar las líneas y zonas de desagüe probable.

- Recoger la información necesaria para la correcta realización de los proyectos de abastecimiento de agua potable y saneamiento.

Con los datos obtenidos en el reconocimiento se formula un Diagrama de operaciones topográficas (fig. N° 03) que indica el orden de ejecución de las mismas.

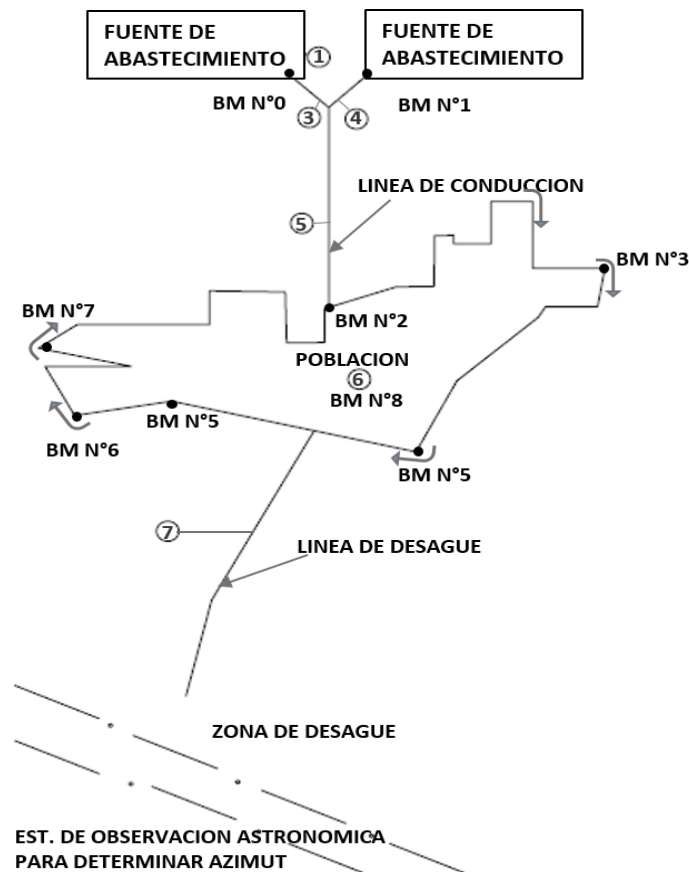


Figura 03. Diagrama de operaciones topográficas.
Fuente: (García, 2005)

- b. Como segundo punto a considerar según Márquez (2005), es la *Colocación de bancos de nivel y estaciones de observación astronómica de azimut*. Se materializan en el terreno por medio de placas de duraluminio, bronce o fierro, que se numeran en orden progresivo, grabándose el número del banco y la cota, en el sector que existe para tal fin en la placa". (Márquez, 2005, p.319) (Figura N° 04)

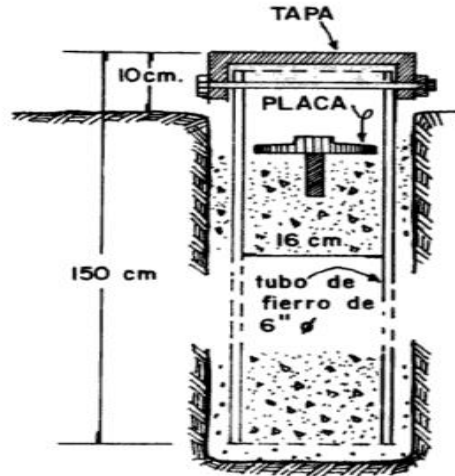


Figura 04. Estación de observación.
Fuente: (García, 2005)

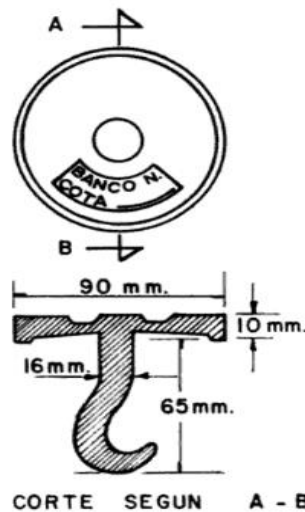


Figura 05. Poste para proteger la placa.
Fuente: (García, 2005)

Márquez (2005), indica que en los lugares en que no exista ni construcciones permanentes y estables, se deben utilizar postes para proteger las placas Figura N°05. Los cuales deben estar en lugares de fácil acceso, se registrarán las referencias de cada poste y placas. Las referencias se dibujarán a la escala 1:100 y en el reverso de la hoja de referencia se colocarán una fotografía que muestre el lugar de ubicación de la placa o poste. Se procurará que las placas para observación astronómica de azimut no tengan un alojamiento mayor de 4km; y la distancia máxima entre placas de banco de nivel será de 800 m. (p.319)

- c. Orientaciones astronómicas.** “Existen varios métodos para determinar la dirección de la meridiana astronómica. El del uso más común en estos trabajos es el de distancias cenitales absolutas del sol, para referir y control horizontal a la meridiana astronómica”. (Márquez, 2005, p.320)
- d. Levantamiento topográfico.** Márquez (2005), indica que “una vez colocados los bancos de nivel y efectuada la orientación astronómica, se procederá a la ejecución del levantamiento topográfico, de acuerdo con el diagrama de operaciones adoptado y en el orden siguiente”:
- Según el autor Márquez (2005), el levantamiento topográfico en Fuentes de abastecimiento específicamente en los manantiales, el levantamiento topográfico se efectuará por medio de poligonales taquimétricas cerradas angularmente. Solo cuando la importancia de las fuentes de captación lo requieran los detalles se tomarán con cinta de acero. La nivelación se ejecutará con nivel fijo en los casos en que la importancia de las fuentes de abastecimiento de agua o las pendientes por determinar requieran precisión en la obtención de desniveles y cotas. (p.320)
 - Según Márquez (2005), el levantamiento topográfico en la línea potable de conducción se ejecutará por medio de una poligonal taquimétrica cuya comprobación angular se realizará por observaciones astronómicas cada 4km. La poligonal se levantará por medio de deflexiones. Las medidas de distancias y ángulos verticales se comprobarán por medio de lecturas recíprocas, tomándolas de una estación a la de adelante y viceversa. La nivelación de la línea potable de conducción será trigonométrica y se aprovecharán cotas trigonométricas para la configuración del terreno. Cuando se requiera mayor precisión en la obtención de las cotas y de los desniveles, la nivelación se ejecutará con nivel fijo. (p.320)

- Por último, Márquez (2005) indica que para el levantamiento topográfico en la población se efectúa por medio de poligonales cerradas las cuales se levantarán por método de medida directa de ángulos. Cuando la extensión de la población lo requiera, se formarán circuitos cerrados. De las poligonales perimetrales, se desprenderán las poligonales transversales o de relleno utilizadas para situar todos los cruceros y detalles de la población, debiendo cerrar estas poligonales en estaciones de las perimetrales o de circuito, comprobando en todo caso los cierres angular y lineal respectivos. Las estaciones de poligonal se designarán por numeración arábica corrida, partiendo del cero que corresponderá a la iniciación del trabajo en las fuentes de abastecimiento o en la localidad, según el caso. Los puntos de detalle se designarán con letra minúscula y subíndices que corresponderán al número de la estación de la que se detalló. (p.320)

2.2.1.3.2. Método Poligonación para red de distribución de agua potable

Según los autores Bennister, Raymond, & Baker (2002), definen la poligonación como un método de levantamiento de control. Una serie de puntos de control (estaciones), intervisibles con respecto a sus estaciones adyacentes, se escogen para cumplir las demandas del levantamiento. Las líneas que unen esas estaciones son los lados de la poligonal. El levantamiento entonces consiste en la medición de ángulos entre líneas sucesivas (o rumbos de cada línea), y la longitud de cada línea. (p.199)

Para levantamiento de red de agua potable se aplica el método de poligonal cerrada, Según los autores Bennister, Raymond, & Baker (2002), “una poligonal cerrada es cuando la figura que forman las líneas cierra en una estación, es decir, si se forma un polígono, o si inicia y termina en puntos de coordenadas conocidas” (p. 199).

2.2.1.3.3. Método Poligonación para red de distribución de agua potable

Según los autores Fernández & Gil (2012), para el cálculo de error angular, error lineal y tolerancia indican los siguientes métodos matemáticos:

Error angular

Según Fernández & Gil (2012), “el cierre angular, es la condición que deben cumplir los ángulos interiores de la poligonal para satisfacer la siguiente expresión”.

$$\sum \text{Ang. Int.} = [180 * (n - 2)]$$

Ecuación 01

Donde n es el número de ángulos medidos.

Para estimar la precisión con la que se efectuó un levantamiento se calculan los errores de cierre angular y lineal se comparan con las tolerancias definidas. El error de cierre angular, para una poligonal se define como:

$$\text{Error de cierre ang.} = [180 * (n - 2)] - \sum \text{Ang. Int.}$$

Ecuación 02

Error lineal

Según Fernández & Gil (2012), “el error lineal se puede definir como la distancia que existe entre el punto inicial y el final de la poligonal una vez compensado el error de cierre angular, y se obtiene a partir de las proyecciones ortogonales de cada uno de los lados del polígono”.

$$\text{Error de cierre lineal} = \sqrt{(\sum \text{Proy. X})^2 + (\sum \text{Proy. Y})^2}$$

Ecuación 03

$$(Proy.X) = S_1 * (Sen \alpha_i) \quad (Proy.Y) = S_1 * (Cos \alpha_i)$$

Ecuación 04

S_1 : Longitud del lado i de la poligonal

α_i : Azimut del lado i de la poligonal

Tolerancia

Los límites, en este caso, se miden por unidad de longitud, tales como: Tol =1:10,000 misma que representa una unidad de error 10,000 unidades medidas. La tolerancia se establece de acuerdo al tipo de levantamiento, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 01.

Límite de tolerancia angular y lineal

Categoría	Tolerancia lineal	Aproximación angular
Red de apoyo para levantamiento a escala corriente y para agrimensura.	1:1,000	1 1/2'
Levantamientos topográficos y trazado de carreteras, vías férreas, etc.	1:3,000	1'
Levantamientos para planos de población, levantamientos de líneas jurisdiccionales y comprobación de planos topográficos de gran extensión.	1:5,000	30"
Levantamientos de gran exactitud, tales como planos de población u otros de gran importancia.	1:10,000	15-20"

Nota: Fuente, (Martínez, Marchamalo, & Velilla, 2011)

Por otro el error total de cierre o tolerancia, también puede ser calculado en función de los errores angular y lineal cometidos.

La tolerancia en el cierre se toma como la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de los errores angular y lineal.

$$T = E_C = \sqrt{E_A^2 + E_L^2}$$

Ecuación 05

E_A : Error angular

E_L : Error lineal

2.2.1.4. Teoría de errores

Según Martínez, Marchamalo, & Velilla (2011), menciona que “las medidas nunca permiten obtener el verdadero valor de la magnitud que se mide. De hecho, el verdadero valor de la magnitud no es nunca conocido, de ahí que sea más apropiado hablar de estimaciones o aproximaciones al valor de una magnitud”. (p.21)

Asimismo, Pérez (2010), indica que “todas las operaciones en topografía están sujetas a las imperfecciones propias de los aparatos, dispositivos o elementos, a la capacidad propia de los operadores y a las condiciones atmosféricas; por lo tanto, ninguna medida en topografía es exacta en el sentido de la palabra”. (p. 71)

2.2.1.4.1. Precisión y exactitud

Según Martínez, Marchamalo, & Velilla (2011), indica que, si se mide varias veces una misma longitud, se obtendrán tantos valores diferentes como veces se realice la medida. La diferencia entre ellas es lo que se denomina discrepancia, cuanto menor sea la discrepancia mayor será la probabilidad de que la magnitud medida sea aceptable. (p.21)

McCormac (2007), indica que “La exactitud se refiere al grado de perfección que se obtiene en las mediciones. Representa que tan cerca se encuentra una medición determinada del valor verdadero de la magnitud”. (p.14)

Por otro lado, el mismo autor McCormac (2007), indica que “la precisión o precisión aparente, es el grado de refinamiento con el que mide una determinada cantidad. En otras

palabras, es la cercanía de una medición a otra. Si se mide una cantidad varias veces y los valores que se obtienen son muy cercanos entre sí, se dice que la precisión es alta”. (p.14)

En la figura N° 06 se ilustra un método que utilizan frecuentemente los profesores de topografía para distinguir entre exactitud y precisión.

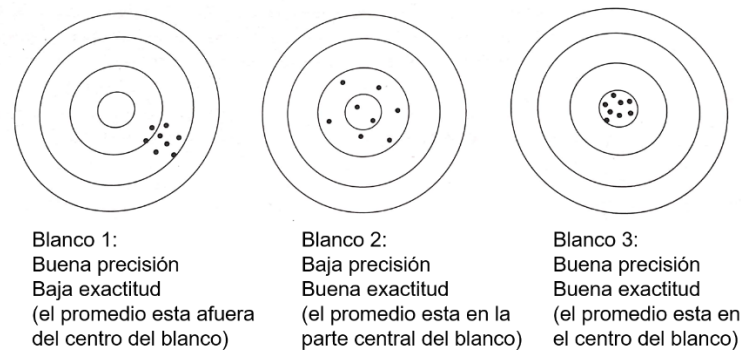


Figura 06. Exactitud y precisión.
Fuente: (McCormac, 2007)

2.2.1.4.2. Mediciones directas e indirectas

Según Wolf & Ghilani (2016), “las mediciones directas es la aplicación de una cinta a unas líneas, medir un Angulo con transportador y determinar un Angulo con un instrumento de estación total” (p.45).

En cambio, la medición directa según Wolf & Ghilani (2016) “es cuando no es posible aplicar un instrumento directamente a la cantidad por medirse. La respuesta se determina a la cantidad por medirse”. (p.45)

2.2.1.4.3. Errores causas y tipos

Según los autores Martinez, Marchamalo, & Velilla (2011), afirman que “el error absoluto es la diferencia entre la verdadera magnitud y la medida realizada”:

$$e_a = M - M_v$$

Ecuación 06

Siendo M la magnitud medida y M_v la verdadera magnitud. El error relativo es el cociente entre el error absoluto y la verdadera magnitud:

$$e_r = \frac{e_a}{M_v}$$

Ecuación 07

Cabe mencionar que “las equivocaciones no son errores elaboración propiamente dichos y no admiten estudio matemático, sino que deben eliminarse mediante comprobaciones por terceras personas o aplicando criterios de calidad”. (Martínez, Marchamalo, & Velilla, 2011, p.24)

2.2.1.4.4. Causas del error

Las causas de los errores se pueden clasificar en tres categorías: naturales, de instrumentación y humanos:

Causas naturales: “Son las relacionadas con los agentes atmosféricos, cambios del viento, humedad, presión atmosférica, refracción, etc. Por ejemplo, el error producido en la medida de una magnitud lineal con una cinta métrica cuya longitud varía cuando está sometida a la acción del viento”. (Martínez, Marchamalo, & Velilla, 2011, p.24)

Causas instrumentales: “Son las imperfecciones en la construcción y ajustes de los instrumentos de medida y las expansiones y contracciones que puede sufrir el material de que aquellos están hechos”. (Narváez & Llontop, 2007, p.3)

Causas humanas. “Proviene de la imperfección de los sentidos y de las distracciones o equivocaciones”. (Narváez & Llontop, 2007, p.3)

2.2.1.4.5. Tipos de errores

Los errores se clasifican en dos tipos: los errores sistemáticos y los errores aleatorios.

Errores sistemáticos. “Son aquellos que se producen siempre de la misma forma mientras que permanecen las causas que los originan. Son errores acumulativos y por tanto se debe intentar reducirlos al máximo” (Martínez, Marchamalo, & Velilla, 2011, p.24).

Errores aleatorios. “También denominados accidentales, son aquellos que el observador no puede controlar. Para mitigarlos se recurre al cálculo de probabilidades y a la estadística”. (Martínez, Marchamalo, & Velilla, 2011, p.24)

2.2.1.4.6. Componentes del error

Cuando se realiza una medida con un instrumento se comete un error que se puede descomponer en dos partes, la debida al instrumento (error instrumental) y la debida a la componente aleatoria (error aleatorio). En los aparatos digitales el error instrumental viene dado por la especificación del fabricante. En el caso de no disponer de ella se puede considerar como igual a la última cifra mostrada en la pantalla. Para aclarar este concepto supóngase que está midiendo una cierta distancia, una sola vez, con un instrumento y que muestra 12,5352m. (Martínez, Marchamalo, & Velilla, 2011, p.25)

El resultado es:

$$12,5352 \pm 0,0001m = 12.535,2 \pm 0,1mm$$

Cuando la medida se realiza varias veces hay que añadir la componente aleatoria que se estudia a continuación.

2.2.1.5. Instrumentos para levantamiento topográfico

2.2.1.5.1. Estación total

El equipo topográfico estación total según Martínez, Marchamalo (2011), “permite la medición de ángulos y distancias y su aparición en el mercado marco la desaparición de los teodolitos y taquímetros. La estación total dispone de elementos ópticos y electrónicos que aunados, constituyen un instrumento muy preciso y útil” (p.54). En la figura N° 07 se muestra una estación total y sus elementos fundamentales.

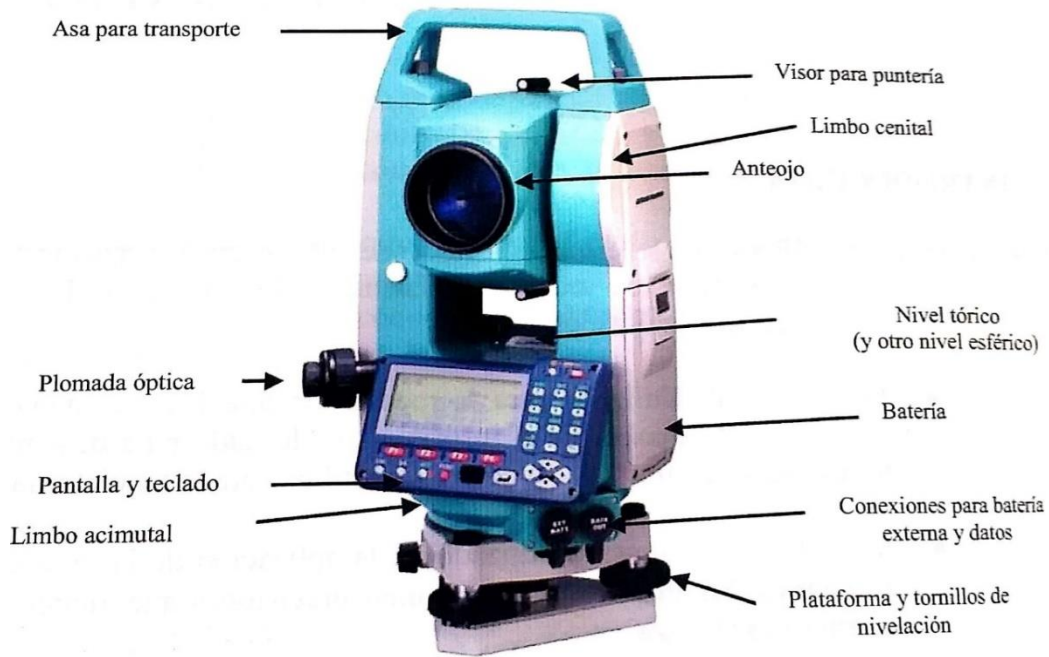


Figura 07. Partes de una estación total.
Fuente: (Martínez, Marchamalo, & Velilla, 2011, 2007)

2.2.1.5.2. Accesorios

Según Martínez, Marchamalo, & Velilla (2011), indica que “para poder utilizar la estación total y trabajar en campo se necesitan al menos los siguientes accesorios”:

- Trípode: Es el accesorio donde se sujeta la ET. Dispone de tres patas ajustables en altura y acabadas en punta para una mejor estabilidad y sujeción en el terreno.
- Jalón y prima: Consisten en una barra metálica acabada, por los extremos que se apoya en el terreno en punta y por el extremo superior en una rosca donde se coloca el prisma. El jalón suele ir provisto de un nivel esférico que minimiza el error de verticalidad.
- Cinta métrica extensible
- Estacas, clavos, banderolas, maza, etc.

2.2.1.5.3. Características técnicas

Básicamente se utilizará para medir ángulos, acimutales y cenitales, y distancias. A continuación, se muestra una tabla con las principales características de una ET:

Tabla 02.
Características técnicas de Estación Total.

General	Datos
<i>Anteojó</i>	
• Aumentos	30X
• Resolución	3"
• Enfoque	De 1,7m a infinito
<i>Plomada</i>	
• Tipo	Laser
• Precisión	1,5mm a 1,5m de altura de instrumento
<i>Batería</i>	
• Autonomía	Aprox. 20 horas
Ángulos (Hz, V)	
• <i>Precisión</i>	2" (0,5 mgon = 0,0005 ^{cc})
• <i>Con prisma</i>	De doble eje (desactivable y precisión 1")
• <i>Rango de compensación</i>	±6'
Distancia	
<i>Alcance</i>	
• Con prisma	3.500 m
• Con diana reflectante	250 m
<i>Precisión</i>	
• (Desviación estándar ISO-17123-4)	2 mm + 2 ppm
Almacenamiento datos/Conexión	
<i>Memoria</i>	
• Tamaño	Hasta 1 Gb
• Número de puntos de almacenamiento	Hasta 100.000
<i>Conexión</i>	
• Tipo	USB tipo A y miniB, Bluetooth ® wireless
• Formato de datos	ASCII definible por usuario, DXF, LandXML

Nota: Fuente, (Martínez, Marchamalo, & Velilla, 2011)

2.2.1.5.4. Errores accidentales o aleatorios

Martínez, Marchamalo, & Velilla (2011), menciona que “los errores accidentales o aleatorios son los debidos a circunstancias imposibles de eliminar, como por ejemplo que el eje vertical del aparato no esté perfectamente aplomado, que el jalón tampoco este perfectamente vertical, etc”.

Ángulos acimutales. Las operaciones que comprende una observación angular acimutal y que conlleva error son las siguientes:

- *Error de verticalidad (ev).* Martínez, Marchamalo, & Velilla (2011), “Al poner en estación la Et el eje vertical debe quedar perfectamente aplomado, cosa que nunca ocurre”.
- *Error de dirección (ed estacionamiento y posicionamiento).* Martínez, Marchamalo, & Velilla (2011), “El eje vertical de la ET debe caer exactamente encima de la marca monumentada en el terreno y el jalón debe estar perfectamente vertical y encima del punto que se desea visar”.

Estos dos hechos tampoco ocurren y se producen un error cuyo valor es función de la distancia y de los radios de impresión en la ET y en el punto visado (Figura 08). En esta figura e_E representa el radio de impresión con que se estaciona e_p el de impresión con el que se sitúa el prisma y D la distancia reducida.

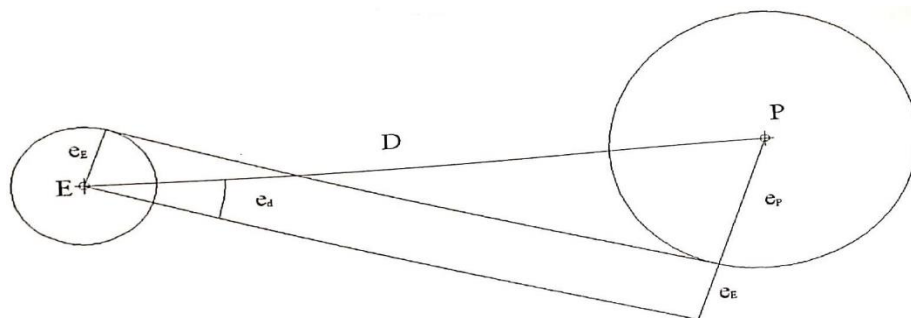


Figura 08. Error de dirección.
Fuente: (Martínez, Marchamalo, & Velilla, 2011)

El error angular resultante es:

$$e_d \cong \text{sen}(e_d) = \frac{e_e + e_p}{D} k$$

Ecuación 08

Siento k el factor de conversión de radianes a segundos sexagesimales (206265) o a segundos centesimales (636620). Normalmente se estima un error de posicionamiento de la estación y del prisma menos de 0.5 cm con centrado forzoso, menor de 2,5 con plomada o laser, y 5 cm como máximo, con plomada gravimétrica.

- *Error de puntería e_p* . Según los autores Martínez, Marchamalo, & Velilla (2011), “es el resultado de la falta de precisión en la superposición de la cruz filar del retículo y el objeto al que se apunta. Su cuantificación es el resultado de estudios estadísticos que conducen a la expresión empírica”.

$$e_p = \frac{K}{A} * \left(1 + \frac{4A}{100}\right)$$

Ecuación 09

Donde K puede varias entre 10” y 50” (31^{cc} y 154^{cc}) dependiendo de la calidad con la que esté definido el objeto al que apunta. Habitualmente se tima 50” para quedar por el lado de la seguridad.

2.2.1.5.5. Nivel

Martínez, Marchamalo, & Velilla (2011), define el nivel como “el instrumento más preciso para calcular el desnivel entre dos puntos del terreno. Su funcionamiento se basa en visuales horizontales, por tanto, solo dispone de giro alrededor del eje vertical. Es un instrumento sencillo, que dispone de plataforma nivelante, como la ET” (p. 65). De acuerdo con la técnica de nivelación de la plataforma.



Figura 09. Partes del nivel topográfico.
Fuente: (Martínez, Marchamalo, & Velilla, 2011)

2.2.1.5.6. Accesorios y utilización

Para poder utilizar el nivel y trabajar en campo se necesitan, al menos, los siguientes accesorios:

- Trípode
- Mira graduada
- Cinta métrica, etc.

2.2.1.5.7. Características técnicas

A continuación, se muestran las características técnicas de un nivel óptico estándar. Dado que muchas de las características dependen de los modelos, se ha optado por mostrar un rango. (Martínez, Marchamalo, & Velilla, 2011, p.68)

Tabla 03.*Características técnicas del Nivel.*

Especificaciones técnicas	Datos
Anteojo	
Aumentos	Entre 20X y 30X
Exactitud	
Por km. (dos pasadas)	Entre 1,2 mm y 2,5 mm
Medición única - Distancia del objetivo	Entre 0,8 mm y 1,5 mm
Compensador	
Precisión (desv. Tip)	Entre < 0,3" y < 0,5"
Rango de operación	± 15'

Nota: Fuente, (Martínez, Marchamalo, & Velilla, 2011)

2.2.1.5.8. Errores en los niveles

Los errores que se pueden cometer al realizar una nivelación geométrica están asociados al propio instrumento y a la falta de verticalidad de la mira.

a) Asociados al instrumento

Error de horizontalidad (e_h). Depende de la sensibilidad del nivel y es idéntico al error de verticalidad de eje estudiado para los teodolitos: suponiendo percibamos hasta la media división del nivel en el desplazamiento del centro de la burbuja, el error cometido será inferior a los 2/3 de la apreciación, es decir 1/3 de la sensibilidad, y tendremos como valor máximo admisible del error horizontalidad. (Domínguez, 2007, p.257)

$$e_h < \frac{1}{3}s''$$

Ecuación 10

Error de puntería (e_p).

$$e_p = \frac{K}{A} * \left(1 + \frac{4A}{100}\right)$$

Ecuación 11

Habitualmente, en nivelación, se toma $K = 50''$ (154^{cc}).

b) Asociado a la falta de verticalidad de la mira

En la figura 10 se muestra la influencia que puede tener la falta de verticalidad de la mira en la nivelación.

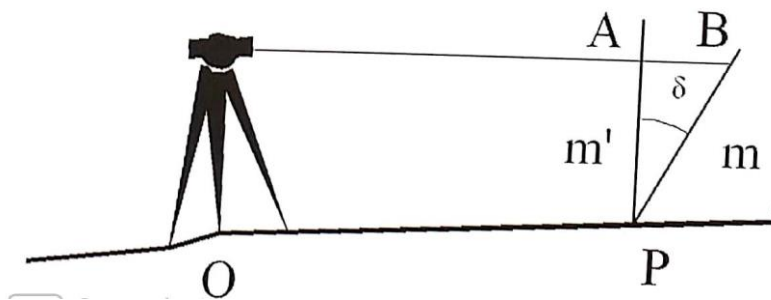


Figura 10. Error asociado a la falta de verticalidad de la mira.
Fuente: (Martínez, Marchamalo, & Velilla, 2011)

La expresión del error en el cálculo del desnivel debido a la inclinación de la mira será la siguiente:

$$e_m = PB - PA = m - m' - m \cos \delta = m(1 - \cos \delta)$$

Ecuación 12

El error total en desnivel es:

$$e_T = \sqrt{e_l^2 + e_m^3}$$

Ecuación 13

2.2.2. Fotogrametría

Bonneval (1972), define la fotogrametría como “la técnica que tiene como objetivo estudiar y definir con precisión la forma, dimensiones y posición en el espacio de un objeto cualquiera utilizando esencialmente medidas hechas sobre una o varias fotografías”.

Asimismo, la Sociedad Americana de Fotogrametría y Sensores Remotos (ASPRS), define la fotogrametría como “el arte, la ciencia y la tecnología de obtener información confiable de objetos físicos y su entorno, mediante el proceso de exponer, medir e interpretar imágenes fotográficas”.

2.2.2.1. Clasificación de la fotogrametría

Según Jáuregui (2012), indica que: “La fotogrametría se ha llevado a cabo por las siguientes técnicas” (p.55).

2.2.2.1.1. En función al instrumento utilizado

- a. **Fotogrametría analógica:** Jáuregui (2012), menciona que el levantamiento de la planímetro y altimétrico del modelo se realiza en forma manual, mediante el seguimiento con la marca flotante posada sobre los detalles de la superficie del modelo.
- b. **Fotogrametría Analítica:** Jáuregui (2012), menciona indica que el procesamiento de la orientación interior y exterior en forma analítica y procesa el levantamiento de la información del modelo que realiza el operador, para llevarla a su correcta posición ortogonal, y finalmente almacenarla en una base de datos tipo CAD.
- c. **Fotogrametría Digital:** Quirós (2014), indica que para llevar acabo las imágenes digitales son ingresadas en el computador, y mediante visualización en pantalla de las mismas, el operador ingresa los puntos necesarios para realizar el proceso de orientación en forma matemática.

2.2.2.1.2. En función de la distancia del objeto

Según Quirós (2014), la fotogrametría en función a la distancia del objeto se divide en lo siguiente:

- a. **Fotogrametría espacial (Figura 11):** Medición en imágenes de satélite.

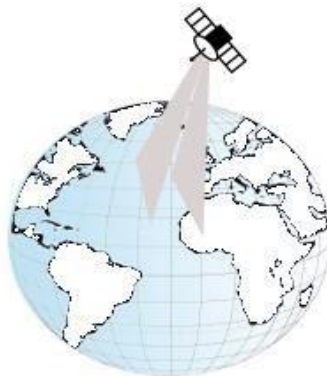


Figura 11. Fotogrametría Espacial
Fuente: (Quirós, 2014)

b. Fotogrametría Aérea (figura 12): *Medición en fotogramas aéreos.*

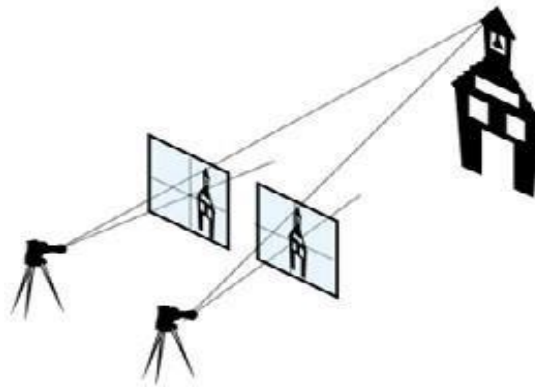


Figura 12. Fotogrametría Aérea.
Fuente: (Quirós, 2014)

c. Fotogrametría terrestre (figura 13): *Medición en fotogramas obtenidos desde la superficie terrestre.*



Figura 13. Fotogrametría terrestre.
Fuente: (Quirós, 2014)

2.2.2.2. Fotogrametría digital

Según Claros, Guevara y Pacas (2016), el objetivo fundamental de un sistema fotogramétrico, cualquiera que sea la metodología empleada para su construcción es “la obtención de información espacial de objetos a partir de imágenes de los mismos, en el caso concreto de los Sistemas Fotogramétricos Digitales, a partir de imágenes en formato digital”.

2.2.2.2.1. Imagen digital

Según Reyes (2014), “Una imagen digital es una función $F(x,y)$, donde x e y representan coordenadas y el valor $F(x,y)$ es proporcional a la transmisión o reflexión de la luz, que se reconoce usualmente por el nivel de color o gris de la misma en el punto considerado. Al proceso de obtención de imágenes digitales se le denomina digitalización y consiste en la descomposición de la imagen real en una matriz discreta de puntos de un determinado tamaño, donde cada elemento recibe un valor proporcional a su nivel de color. (Figura 14).

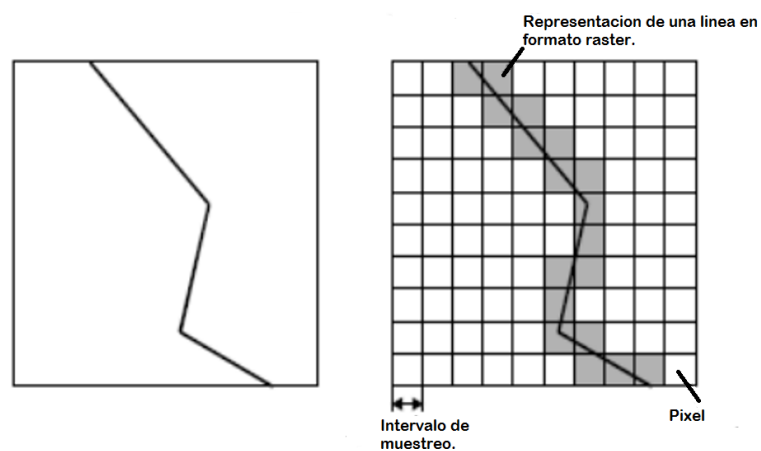


Figura 14. Imagen digital.
Fuente: (Reyes, 2014)

2.2.2.2.2. Proceso fotogramétrico digital

Según Reyes (2014), el objetivo fundamental de un sistema fotogramétrico, cualquiera que sea la metodología empleada para su construcción es la obtención de información espacial de objetos a partir de imágenes.

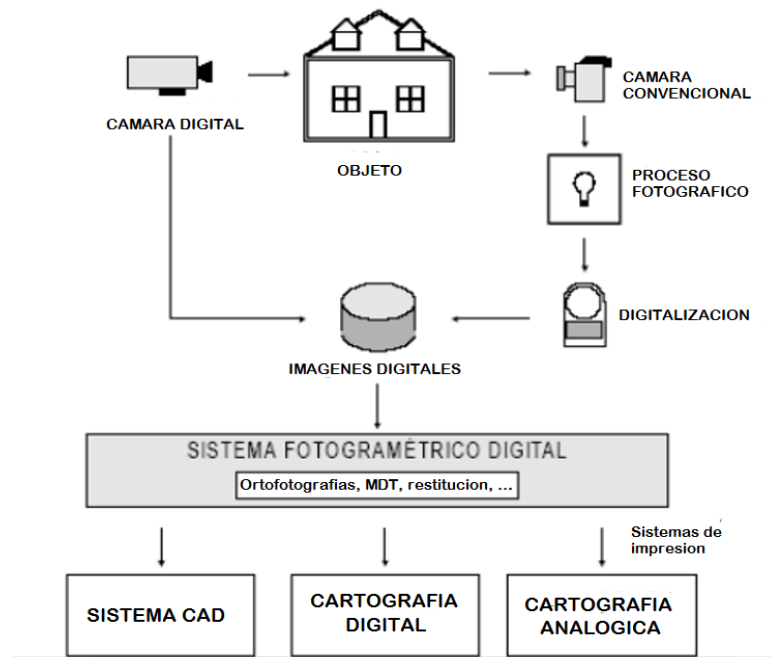


Figura 15. Procedimiento de obtención de imagen digital.
Fuente: (Reyes, 2014)

Reyes (2014), indica que en la actualidad, para la adquisición de imágenes digitales fotogramétricas son empleados dos procedimientos básicos:

- a. Utilización de sensores digitales, o bien sensores analógicos dotados de un conversor analógico/digital.
- b. Digitalización de imágenes analógicas adquiridas con cámaras fotográficas convencionales.

2.2.2.3. Sistemas autónomos no tripulados (VANT)

Arriola, Ferencz y Rimolo menciona que “las tecnologías de sistemas aéreos no tripulados (UAV) o (VANT Vehículo Aéreo No Tripulado), popularmente conocidas como drones, se han diversificado y popularizado masivamente en la última década con un amplio espectro de aplicaciones, desde recreativas hasta científicas” (p.2).

Asimismo, Arriola et al., (2018) indica que “las plataformas UAS para aplicaciones en fotogrametría se conocen como drones de mapeo y normalmente tienen la capacidad de realizar vuelos autónomos. La toma de datos mediante pilotaje manual es compleja debido

a la dificultad que representa controlar y sincronizar en tiempo real la trayectoria y la toma de datos de forma remota” (p.2).

Sin embargo, según Arriola et al., (2018), “un sistema de vuelo automatizado recorre el área bajo estudio y toma datos de forma más controlada y sistemática mediante la programación previa de las secuencias”. A pesar de que el vuelo sea automatizado es necesario la intervención del ser humano, ya que en ocasiones se puede presentar eventos inesperados. (p.2)

Arriola et al (2018) indica que “Según la estructura de la aeronave, los drones pueden ser multirrotores o de ala fija” (p.2).

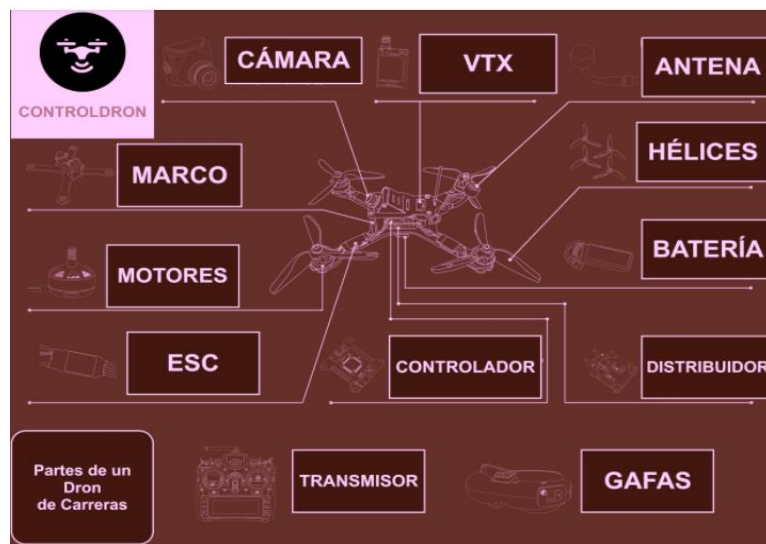


Figura 16. Diagrama de la estructura y principales componentes de un UAS.
Fuente: (Gonzales, 2015)



Figura 17. Vehículo Aéreo No tripulado en campo.
Fuente (Filmora, 2021)

2.2.2.3.1. Clasificación de la plataforma de VANT

Marenchino, et al., (2016) menciona que “de acuerdo con el tipo de plataforma UAV se presentan dos tipos (figura 18): de ala fija o tipo avión”.

Mientras tanto los autores Bortolot & Wynne (2005), afirma que “las ventajas de la utilización de estos sensores incluyen la posibilidad de obtener mediciones de datos en áreas de difícil acceso, la velocidad con la que los datos pueden ser recogidos y procesados y el costo es relativamente bajo”.

Nizam y Ahmad (como se citó en Escalante, et al., 2016) compararon el uso de una plataforma UAV de ala fija y una multirrotor en la generación de un modelo digital de pendientes. En esa investigación se determinó que las mayores diferencias son el menor costo de la plataforma multirrotor, y la leve mejora en la precisión de los resultados de esta plataforma, que en la investigación puede estar asociado a la diferencia de altura en la toma de datos (80 m y 320 m para el UAV multirrotor y el de ala fija, respectivamente). En tanto que la plataforma de ala fija presentó un menor consumo de tiempo en las etapas de captura y procesamiento de las imágenes, por lo que para el uso mencionado se puede establecer que las dos plataformas son igualmente apropiadas. (p.4)

Sin embargo, el modo de vuelo de estas dos plataformas determina que, para espacios reducidos, registro fotográfico a baja altura o modelamiento 3D de objetos, las plataformas multirrotor son las apropiadas, mientras que el registro de grandes extensiones y vuelos a mediana y gran altura, las plataformas de ala fija presentan mayores ventajas. (Escalante, et al., 2016, p.4)

Holler et al., (2018) afirma que: “la cámara, y por lo tanto el sensor, adoptado en el multirrotor tienen mejores características técnicas que la utilizada en el ala fija que influye en el valor más bajo para el Ground Sampling Distance (GSD)” (p.18).



Figura 18. Sistemas UAV para fotogrametría de acuerdo al tipo de vuelo. (Izq) Ala fija, (Der) ala rotatoria o multirrotor.

Fuente: (Escalante, Cáceres y Porras, 2016)

(Holler et al., 2018) afirma que: “(...). Los resultados presentados por el RPA multirrotor fueron mejores en planimetría y altimetría (...). La plataforma multirrotor más estable influyó en los mejores resultados.” (p.16).

2.2.2.4. Planeamiento de vuelo

Yoo, Oh, & Choi (2018) menciona que antes de plan de vuelo un operador necesita identificar la cobertura del área de estudio en secuencia para diseñar el plan de vuelo. El plan de vuelo requiere una contraseña de coordenadas aproximadas como un insumo para diseñar la ruta de vuelo (p. 726).

Asimos Pérez (2001) indica que el proceso de vuelo fotogramétrico “es la fase principal, ya que el éxito final de cualquier proyecto fotogramétrico depende más de las fotografías de buena calidad que de otros aspectos”.

Para realizar el vuelo se realiza un conjunto de cálculos previos a la realización de un vuelo fotogramétrico, mediante los cuales se organiza las operaciones para conseguir el fin propuesto.

La misión del vuelo fotogramétrico tiene por objeto:

- a. Sobrevolar la zona a una altitud que debe calcularse en función de la escala deseada y de la distancia principal de la cámara.

- b. Cubrir con sus imágenes una determinada zona y para ello es preciso que cada fotograma tenga una zona común con las contiguas "zona de recubrimiento".

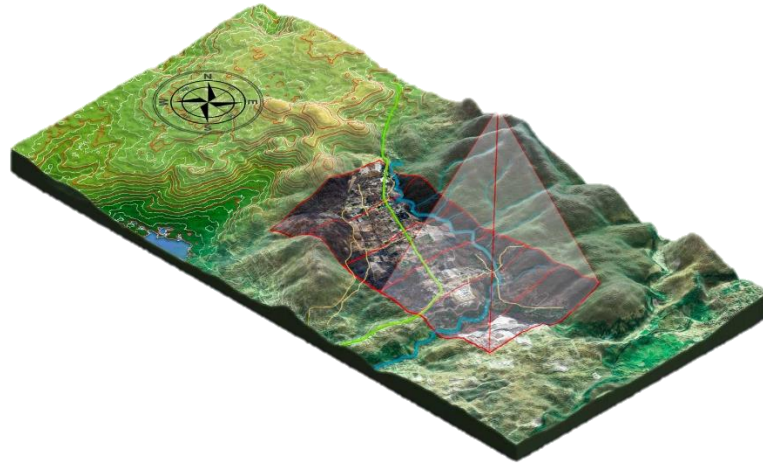


Figura 19. Esquema para realizar un levantamiento fotogramétrico terrestre.
Fuente: (Arriola, Ferencz y Rimolo, 2018)

En referencia a la figura 19, se ilustra el proceso de un levantamiento fotogramétrico, en el cual se recorre el área de interés con un patrón predefinido y se recolectan datos e imágenes sobre una retícula regular. Es importante que la información tenga suficiente redundancia para que esta pueda ser procesada posteriormente. (Arriola et al., 2018, p.2)

A pesar de las ventajas del uso de estos sensores aeroportados, sigue siendo necesario capturar datos sobre el terreno que sirvan de apoyo y control. De esta forma, utilizando técnicas fotogramétricas y extrapolando los datos, se puede pasar de tener valores muestrales puntuales de una variable a tener una información continua de dicha variable en cualquier punto de la superficie de estudio (Marcos Robles, y otros, 2016).

2.2.2.5. Consideraciones antes del proceso de vuelo

Cabe mención que según Claros, Guevara y Pacas (2016) la realización de los vuelos se realiza previa planificación considerando ciertos factores:

- Escala final de la fotografía aérea.
- Traslape longitudinal y transversal.

- Velocidad de vuelo.
- Características de la cámara fotográfica como distancia focal y formato del chasis de la cámara (al ser analógica) o capacidad de almacenamiento interno (al ser digital).
- Líneas de vuelo.
- Longitud media de las líneas de vuelo.

2.2.2.5.1. Mapa de vuelo

Según Pérez (2001) menciona que el mapa de vuelo proporciona los límites del proyecto, los ejes de vuelo muestran al piloto por donde debe volar para obtener el recubrimiento deseado, además que esta se prepara sobre algún mapa ya existente de la zona, marcando sobre esta cartografía, la zona objeto del proyecto (figura 20). Calculada la dimensión del territorio correspondiente a cada foto a la escala del mapa, se indican sobre éste los correspondientes ejes de vuelos de cada pasada, cuidando de mantener el recubrimiento lateral previsto.

Si la zona donde vamos a trabajar es regular, los ejes de vuelos suelen estar orientados Norte-Sur o Este-Oeste, numerando las pasadas según este criterio, así como las fotografías de cada pasada (Figura 20).

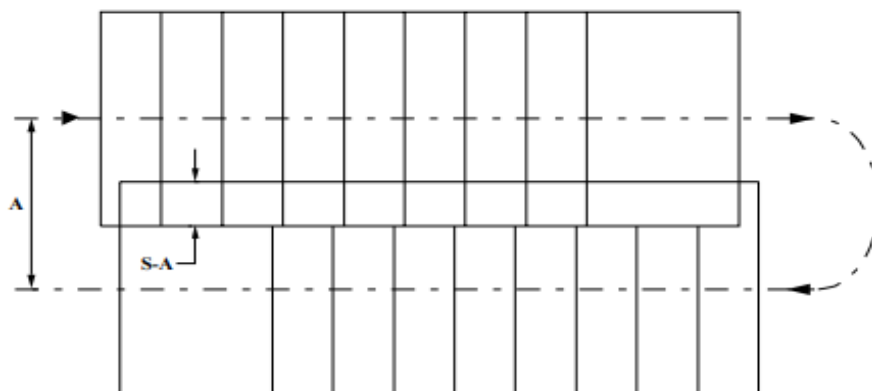


Figura 20. Ejes de vuelo con orientación W-E y E-W.
Fuente: (Pérez, 2001).

2.2.2.5.2. *Traslapo o recubrimiento longitudinal*

Según el Instituto Geográfico Nacional (IGN, 2011) Por lo general, el traslapo longitudinal promedio entre fotografías sucesivas deberá ser suficiente para proporcionar un cubrimiento estereoscópico.

Tipo de relieve traslapo:

- Plano 60%
- Ondulado 65%
- Montañoso 70%
- Las variaciones del recubrimiento promedio serán de $\pm 3\%$.

En vuelos en los que se derivan ortofotos, debe calcularse la sobreposición necesaria para que por lo menos una fotografía tenga su punto principal en el centro del espacio que cubrirá la ortofoto correspondiente. Se recomienda utilizar traslapo longitudinal de hasta 80%. (p.27)

2.2.2.5.3. *Traslapo o recubrimiento lateral*

Según el IGN (2011) El traslapo lateral entre líneas consecutivas del área de trabajo debe tener sobreposición estereoscópica. Si por alguna circunstancia una línea se interrumpiera, deberá existir una nueva línea que tenga un modelo estereoscópico común con la anterior.

Tipo de relieve traslapo:

- Plano 20%
- Ondulado 25%
- Montañoso 30%
- Las variaciones del recubrimiento promedio serán de $\pm 3\%$.

Las fotografías con las que se pretende obtener cartografía por medio de ortofotos, se recomienda utilizar traslape lateral de hasta 40%. (p.27)

El UAV, como una plataforma de teledetección remota de corto alcance, puede capturar fotografías de alta resolución demandada. (...). El proceso no logra penetrar en la vegetación, pero extrae terrenos muy detallados en áreas sin vegetación. Inicialmente, las nubes de puntos están en un sistema de coordenadas arbitrarias y deben estar georreferenciadas. La transformación de Helmert se aplica en función de los puntos de control terrestre (GCP) coincidentes identificados en las nubes de puntos a los GCP que se realizan con el GPS diferencial. (...). (Harwin & Lucieer, 2012, p.475)

2.2.2.5.4. Puntos de apoyo

Según Pérez (2001) afirma que la distribución de los puntos de control es “la fase de orientación absoluta se necesita conocer las coordenadas terrestre de una serie de puntos del fotograma, el número mínimo de puntos para poder efectuar esta operación es de tres, dos puntos en X, Y, Z (Planimétrico-Altimétrico), (p. 23).

Del mismo modo Quirós (2014) indica que “los puntos que se necesitan para la orientación absoluta son los denominados Puntos de Apoyo, que se toman en campo con coordenadas referidas al sistema de coordenadas en el que se va a entregar el trabajo final.

Los puntos de apoyo deben estar bien distribuidos por el modelo y han de reunir las siguientes características:

- a. Deben ser claramente identificables en todos los fotogramas en los que aparezcan.
- b. Deben ser detalles estables en el terreno.
- c. Se ha de marcar con anterioridad a la salida de campo la zona en la que ha de estar, para cumplir con los requisitos de distribución. La forma de estas señales

adoptada más generalmente es la cuadrada, en las que el material utilizado es de aluminio, contrachapado o cartón. Las dimensiones de estas señales variarán con la escala de la fotografía.

- Para escalas pequeñas ($\approx 1:18000$) 75 x 75 cm.(*)
 - Escalas medias ($\approx 1:7500$) 30 x 30 cm.(*)
 - Escalas grandes ($\approx 1:3000$) 15 x 15 cm.(*)
- d. Debe permitir un correcto posado en cota por parte del operador en el proceso de identificación en el modelo.
- e. Debe tener una dimensión apropiada para la escala de la fotografía, tal y como se indicó en el primer capítulo. En caso de ser un punto artificial que hemos colocado en el terreno, se podría reducir a la mitad el tamaño mínimo del mismo.

La distribución ideal de los puntos de apoyo es la que se muestra en la figura 21, en la que se muestra la disposición si existen distintas pasadas.

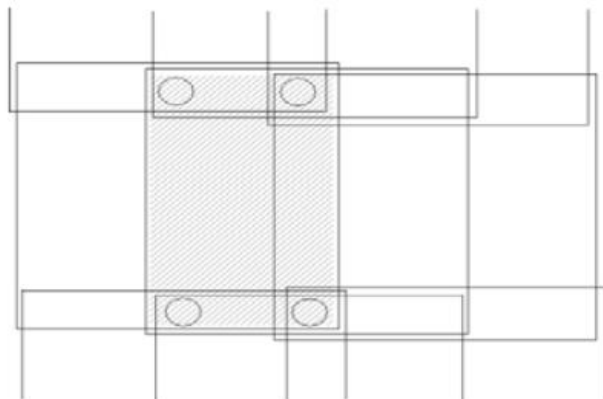


Figura 21. Distribución ideal de los puntos de apoyo.
Fuente: (Quirós, 2018)

2.2.2.6. Procesamiento de información obtenida

2.2.2.7.1. Pix4d mapper

Pix4D Mapper es un software especializado en fotogrametría que permite convertir imágenes en modelos 3D y ortomosaicos 2D georreferenciados.

La creación de proyectos en Pix4D se realiza a partir de conjuntos de imágenes tomadas de forma terrestre o aérea según el tipo de proyecto, haciendo posible el tratamiento de fotografías adquiridas diversas formas.

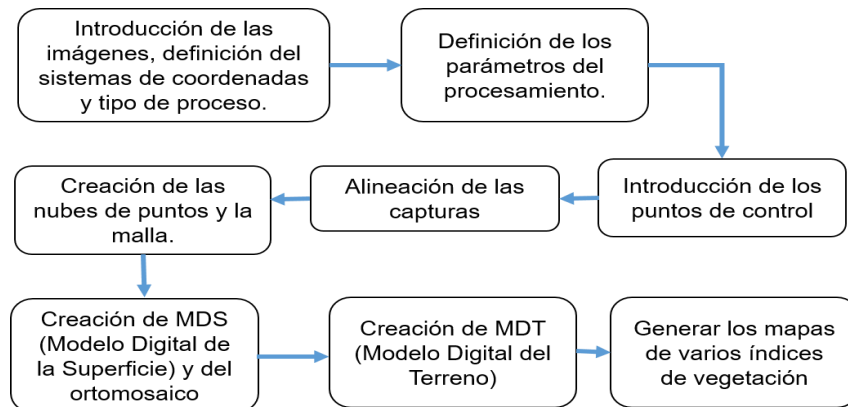


Figura 22. Pasos para volar un UAV.

Fuente: (Elaboración propia)

2.2.2.7.2. Agisoft photoscan

AgiSoft LLC (como se citó en Verhoeven, 2011) "PhotoScan es producido por la empresa con sede en Rusia AgiSoft LLC. A medida que se anuncian, el software es una solución avanzada basada en imágenes para crear contenido tridimensional (3D) de calidad profesional a partir de imágenes fijas" (p. 67, 68)

El flujo de trabajo de PhotoScan al principio alinea las imágenes y genera puntos de enlace. Este software utiliza la estructura del algoritmo de movimiento (SFM) para reconstruir la superficie real a partir de un gran número de fotos superpuestas. El software localiza las características coincidentes en cada imagen y utiliza el ajuste de bloque de paquete iterativo para estimar la orientación de la imagen, los parámetros de orientación exterior y la geometría del modelo de construcción. Los GCP se ingresan a la Aero triangulación que permite el cálculo preciso de los parámetros de orientación exterior y mejora la precisión de la georreferenciación espacial. El paso final genera el modelo digital de superficie (DSM) al construir la textura del modelo y exportar un modelo 3D (malla) u ortofotomosaico. (Ján & Vladimír, 2016, p. 443)

Jaud et al. (2016) Indica que: (...). “PhotoScan parece ofrecer mejores resultados que MicMac gracias a un modelo de distorsión más relevante (limitando las desviaciones en el DSM), (...)” (p.16).

2.2.2.7.3. Requerimientos del sistema

Los requerimientos mínimos del software (versión 2.1) son:

- Windows 7, 8 o 10 de 64 bits
- Procesador de dos núcleos
- 4 GB de RAM (Mínimo)
- Tarjeta Gráfica Nvidia o AMD no inferior a 2008 y modelos Intel de 2012.

2.2.2.7. Estándares de precisión posicional ASPRS para datos geoespaciales digitales

El estándar de precisión ASPRS no especifica las mejores prácticas o metodologías necesarias para cumplir con los umbrales de precisión. Define las clases de precisión según el tamaño de píxel empleado, en función de los umbrales del Error de media cuadrática (RMS) como métrica para evaluar tanto las ortofotos como las MDS. Se deben establecer puntos de precisión, control y verificación en función de los requisitos de cada proyecto. (Holler et al., 2018, p.9, 10)

“Las Tablas 06 y 08 ejemplifican las clases de precisión horizontal y vertical relevantes para las tecnologías de elevación, incluidos los sistemas de cartografía móvil, los sistemas aéreos no tripulados, la captura de imágenes estéreo o aéreas”. (Holler et al., 2018, p.10).

En el estándar ASPRS, se definen dos nuevos términos: Precisión vertical de ubicaciones no vegetadas (NVA) basadas en estadísticas RMS y Precisión vertical de áreas vegetadas (VVA) basadas en estadísticas de percentil 95 (Tablas 04 y 05). El NVA consolida las categorías de cobertura de suelo sin vegetación (terreno abierto y área

urbana), mientras que el VVA consolida las categorías de cobertura de vegetación (campos, cultivos perennes, bosques). En las Tablas 06 y 07, X representa el valor RMS para las coordenadas planimétricas (X e Y) y altimétricas (incluida Z). (Holler et al., 2018, p.10)

Tabla 04.

Estándares de precisión horizontal para datos geoespaciales

Clase de precisión horizontal	RMSx y RMSy (cm)	Precisión		Ortomosaico imagen Seamline Mismatch (cm)
		RMSr (cm)	Precisión horizontal con 95% de nivel de confianza (cm)	
X-cm	≤X	≤1,414*X	≤2,448*X	≤ 2*X

Nota: Fuente, adaptado de ASPRS (2015)

Las primeras 6 clases definidas por ASPRS. La columna RMSx y RMSy muestra el error cuadrático medio en la planimetría, la columna RMSr muestra el RMS lineal horizontal en la dirección radial que incluye los errores de coordenadas X e Y, la columna de Precisión Horizontal con un nivel de confianza del 95% asume que los errores del conjunto los datos tienen una distribución normal y todos los errores sistemáticos o de tendencia se han eliminado y la columna de Distancia de muestra de terreno (GSD) de la información (GSD) se relaciona con el tamaño de píxel en la superficie de la imagen (Tabla 07). (Holler et al., 2018, p.10)

Tabla 05.

Ejemplos de calidad para datos planimétricos digitales de alta precisión.

Clase de precisión horizontal	RMSx y RMSy (cm)	RMSr (cm)	Precisión horizontal con 95% de nivel de confianza (cm)	GSD aproximado de imágenes (cm)
0,63 cm	0,63	0,90	1,50	0,31 a 0,63
1,25 cm	1,25	1,80	3,10	0,63 a 1,25
2,50 cm	2,50	3,50	6,10	1,25 a 2,5
5,00 cm	5,00	7,10	12,20	2,5 a 5,0
7,50 cm	7,50	10,60	18,40	3,8 a 7,5
10,00 cm	10,00	14,10	24,50	5,0 a 10,0

Nota: Fuente, adaptado de ASPRS (2015)

Tabla 06.*Estándares de precisión vertical para datos digitales de elevación.*

Clase de precisión vertical	RMSz sin vegetación (cm)	Precisión NVA con un nivel de confianza del 95% (cm)	VVA con percentil 95 (cm)
X-cm	$\leq X$	$\leq 1,96 * X$	$\leq 3,00 * X$

Nota: Fuente, adaptado de ASPRS (2015)

La tabla 09 presenta 4 clases de precisión vertical. La Columna RMS Sin Vegetación presenta el error cuadrático medio en la planimetría más la altimetría, la columna NVA del nivel de confianza del 95% asume que los errores en el conjunto de datos tienen una distribución normal y que se han eliminado todos los errores sistemáticos o de tendencia y la columna VVA del percentil 95 muestra la precisión vertical en áreas con vegetación a un nivel de confianza del 95% en el terreno vegetativo (VVA) y se calcula como el percentil 95 del valor absoluto de errores verticales en todas las categorías de cobertura de vegetación combinada, incluidos arbustos, cultivos y áreas de vegetación. Para todas las clases de precisión vertical, el estándar VVA es 3 veces el valor de precisión de la Clase de precisión vertical. (Holler et al., 2018, p.10)

Tabla 07.*Calidad para datos de elevación digital.*

Clase de precisión vertical	RMSz sin vegetación (cm)	Precisión Absoluta NVA con un nivel de confianza del 95% (cm)	VVA con percentil 95 (cm)
1-cm	1	2	3
2,5-cm	2,5	4,9	7,5
5-cm	5	9,8	15
10-cm	10	19,6	30

Nota: Fuente, adaptado de ASPRS (2015).**2.2.2.8.Productos fotogramétricos**

Quirós (2014), se obtiene tres productos por excelencia, que se obtienen del proceso fotogramétrico son:

- Curvas de nivel.
- Modelos digitales del terreno.

- Ortofotografías.
- Medicion de movimiento de tierra.

2.2.2.9.1. Curvas de nivel

La curva de nivel es aquella línea que en un mapa une todos los puntos que tienen igualdad de condiciones y de altura.



Figura 23. Control en el proceso fotogramétrico.
Fuente: (Servicio Periférico I+D Basado en Drones, 2021)

Quirós (2014), menciona que las estaciones fotogramétricas digitales están dotadas de sistemas de correlación automática y son capaces de realizar las curvas de nivel automáticamente.

2.2.2.9.2. Modelos digitales de elevaciones

Pérez (2001), menciona un modelo digital del terreno constituye una representación numérica de datos que representa la distribución espacial de una variable cuantitativa y continua. Esta variable por lo general representa las características topográficas de éste y expresadas mediante las coordenadas X, Y, Z de los puntos que las definen. Cabe mencionar que los Modelos Digitales de Terreno (MDT), representan distintas características de la superficie terrestre derivadas de una capa de elevaciones a la que se denomina Modelo Digital de Elevaciones (MDE), (p.162).

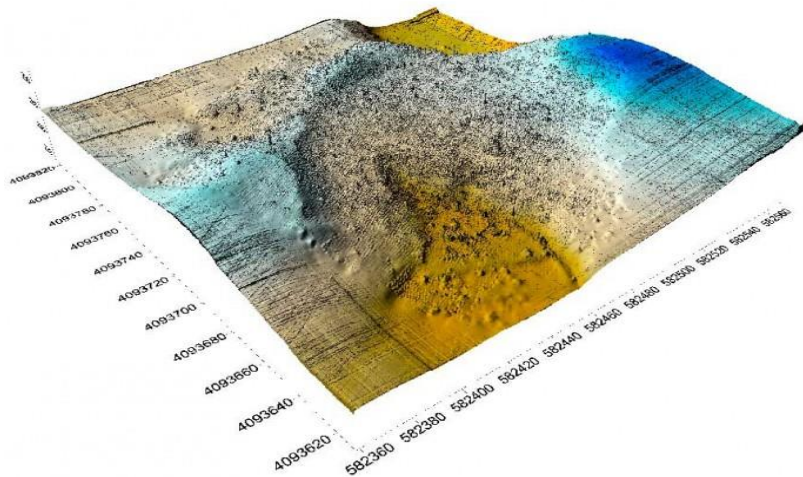


Figura 24. Modelo digital de elevaciones.
Fuente: (Servicio Periférico I+D Basado en Drones, 2021).

2.2.2.9.3. Ortofotografías

De acuerdo a Pérez (2001) indica que la ortofotografía es un documento fotográfico que permite aprovechar el contenido informativo de la fotografía aérea y realizar las mismas medidas que en un plano gráfico (p.183).

Mantiene toda la información de la fotografía y permite además la medición a escala tanto de distancias como de superficies, lo que garantiza el ajuste con los mapas existentes sobre la zona de referencia.



Figura 25. Modelo digital de elevaciones.
Fuente: (Servicio Periférico I+D Basado en Drones, 2021).

2.2.2.9.4. Medición de movimiento de tierras

Gracias a la gama, versatilidad y calidad de nuestros drones y a la cualificación del personal y experiencia en la ingeniería civil, según Pérez (2001) afirma que “se puede calcular el movimiento de tierra producido entre dos fechas por comparación de los modelos digitales del terreno obtenido en cada una de ellas”.

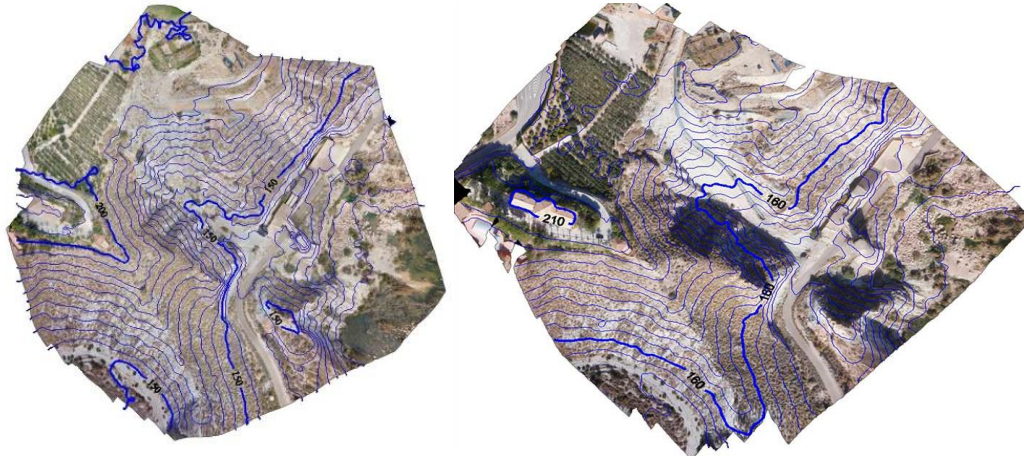


Figura 26. Curvas de nivel estado inicial y final, para movimiento de tierra.
Fuente: (Servicio Periférico I+D Basado en Drones, 2021).

2.2.3. Levantamientos geodésicos

Según el Instituto Geográfico Nacional (IGN, 2005) Para los efectos de las Normas técnicas, se consideran los tipos de levantamientos geodésicos siguientes:

2.2.3.1. Levantamientos Geodésicos Horizontales

Según el Instituto Geográfico Nacional (IGN, 2005), son aquellos que comprenden el conjunto de mediciones efectuadas en el campo, con el objetivo de determinar las coordenadas geográficas (geodésicas) horizontales de puntos situados sobre la superficie terrestre.

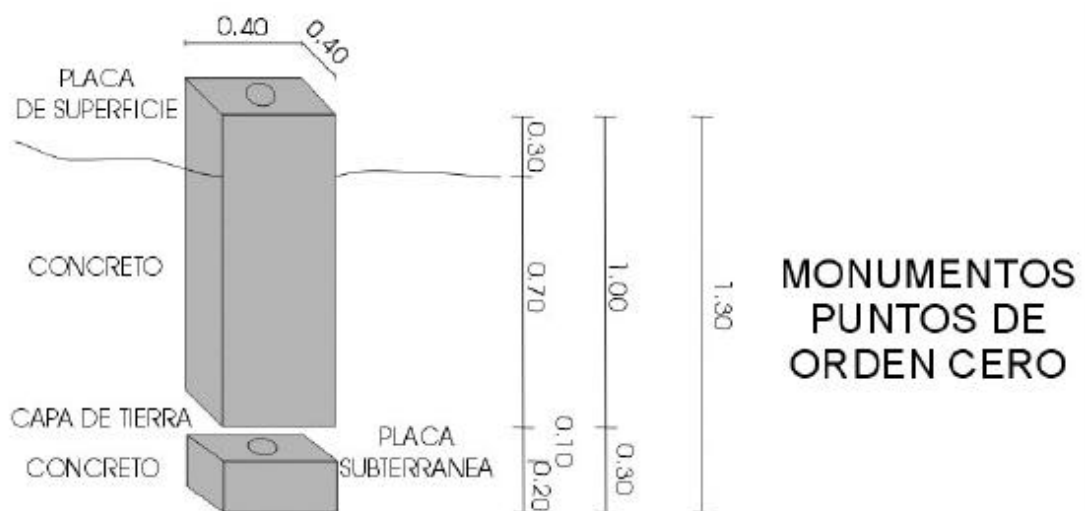
2.2.3.2. Levantamientos Geodésicos Verticales

Según el Instituto Geográfico Nacional (IGN, 2005), comprende el conjunto de operaciones de campo dirigidas a determinar la distancia vertical que existe entre puntos situados sobre la superficie terrestre y un nivel de referencia. (p.5)

El IGN (2005) indica que: “Todo punto de la Red Geodésica deberá estar materializado en el terreno mediante el establecimiento de marcas de concreto, de tal modo que asegure razonablemente su permanencia y estabilidad” (p.11).



Figura 27. Inscripción en la placa de bronce empleada para señalar el punto colocado.
Fuente: (IGN, 2005)



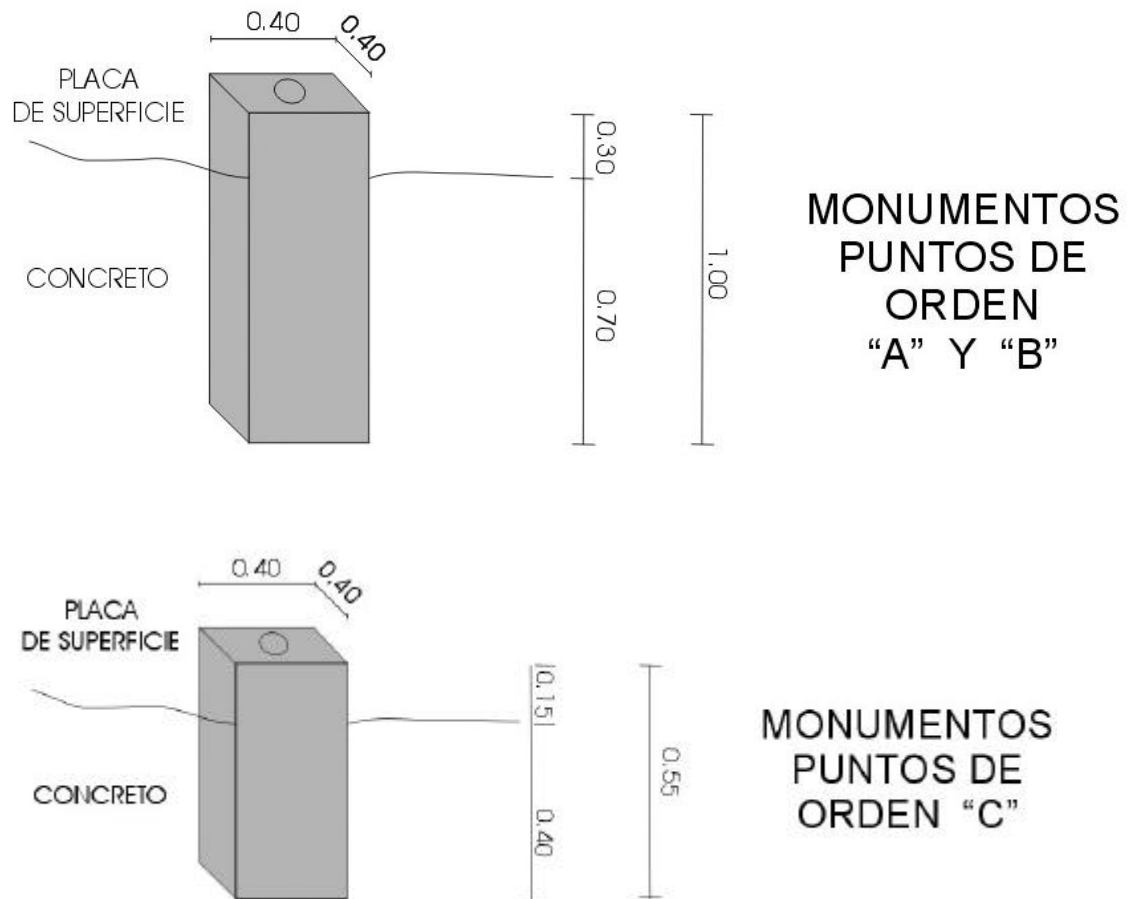


Figura 28. Diseño del Monumento de concreto establecido según el orden del punto.
Fuente: (IGN, 2005)

Con propósitos de clasificación de los levantamientos geodésicos se establecen los siguientes órdenes y clases de precisión relativa, asociados con valores de esta última que es posible obtener entre puntos enlazados directamente, con un nivel de confianza del 95% y en tanto se observen las normas del caso. (IGN, 2005, p.31)

Tabla 08.
Clasificación de los Levantamientos Geodésicos

Orden	Clase	Precisión relativa
0	Única	1:100 000 000
A	Única	1:10 000 000
B	Única	1:1 000 000
C	Única	1:100 000

Nota: Fuente, Instituto Geográfico Nacional (IGN, 2005)

En las órdenes 0, A, B, se aplican básicamente las técnicas diferenciales del Sistema de Posicionamiento Global y el orden C está vigente para los levantamientos geodésicos convencionales con métodos tradicionales, siendo posible la aplicación de técnicas diferenciales del Sistema de Posicionamiento Global en este orden. (IGN, 2005, P.32)

Orden 0

Los levantamientos geodésicos horizontales que se hagan dentro de este orden estarán destinados a estudios sobre deformación regional y global de la corteza terrestre y de efectos geodinámicos y en general cualquier trabajo que requiera una precisión de una parte en 100'000,000. (IGN, 2005, P.32)

Orden A

Deberá aplicarse para aquellos trabajos encaminados a establecer el sistema geodésico de referencia continental básico, a levantamientos sobre estudios de deformación local de la corteza terrestre, así como cualquier levantamiento que requiera una precisión de 1:10'000,000. (IGN, 2005, P.32)

Orden B

Se destinarán a levantamientos de densificación del sistema geodésico de referencia nacional, conectados necesariamente a la red básica; trabajos de ingeniería de alta precisión, así como de geodinámica. Los trabajos que se hagan dentro de esta clasificación deberán integrarse a la red geodésica básica nacional y ajustarse junto con ella, dando como resultado una precisión no menor a 1:1, 000,000. (IGN, 2005, P.32)

Orden C

Los levantamientos geodésicos horizontales que se hagan dentro de este orden deberán destinarse al establecimiento de control suplementario en áreas metropolitanas, al apoyo para el desarrollo de proyectos importantes de ingeniería, con fines de

investigación científica, y en general a cualquier trabajo que requiera una precisión no menor a 1:100,000, y debiéndose ligar a la red geodésica básica o a su densificación. (IGN, 2005, P.32)

2.2.4. Ventajas y desventajas de la fotogrametría respecto a la topografía clásica

Quirós (2014) menciona las ventajas y desventajas de la fotogrametría respecto a la topografía clásica:

Otras ventajas son:

- Levantamientos más rápidos, en la fase de restitución en sí. Hay que tener en cuenta que a veces el vuelo fotogramétrico se demora si la climatología no es la adecuada.
- Si el terreno es de difícil acceso, la fotogrametría es la técnica adecuada, puesto que no se necesita acceder a todo el terreno. Sólo habría que visitar aquellas zonas en las que se emplacen los puntos de apoyo.
- Registro continuo de todo el terreno. Todos los detalles del terreno quedarían registrados en la fotografía. Sin embargo, mediante un levantamiento topográfico, sólo se dispondría de coordenadas de los puntos medidos, que supondría un número bastante limitado con respecto a la totalidad del terreno.

La única desventaja del levantamiento de planos o mapas por medios fotogramétricos aéreos sería:

- Ocultamiento de elementos por la vegetación. Si el terreno tiene demasiada vegetación, impide la visión de elementos que estén por debajo de ella. En ese caso, si es necesario el registro de coordenadas de esos elementos, se haría necesaria una medición en campo de dichos elementos, por topografía clásica.

(p.57)

2.2.5. Criterios de diseño de agua potable y saneamiento en el ámbito rural

2.2.5.1. Redes de distribución

Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (MVCS, 2018) menciona que “es un componente del sistema de agua potable, el mismo que permite llevar el agua tratada hasta cada vivienda a través de tuberías, accesorios y conexiones domiciliarias”. (p.127)

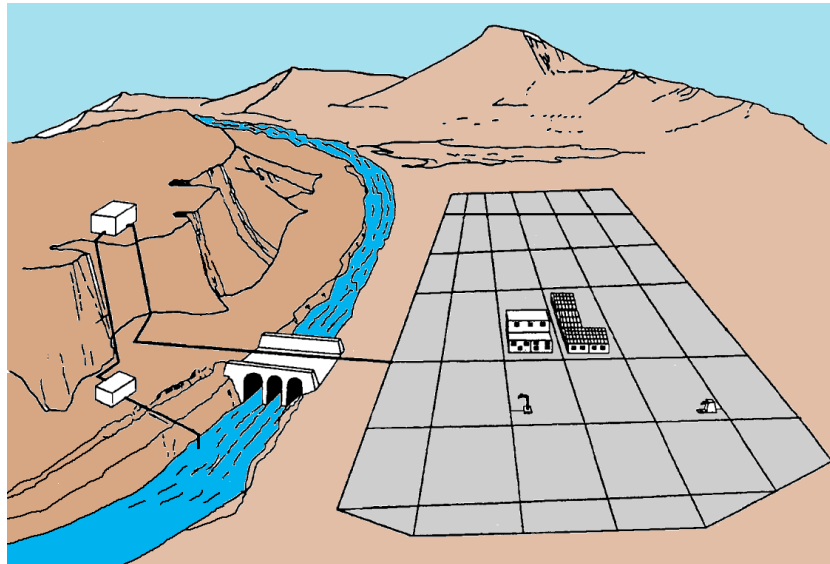


Figura 29. Redes de distribución.
Fuente: (MVCS, 2018)

2.2.5.1.1. Trazado

El trazado de la red se debe ubicar preferentemente en terrenos públicos siempre que sea posible y se deben evitar terrenos vulnerables. (MVCS, 2018, p.127)

2.2.5.1.2. Presiones de servicio

MVCS (2018) Para la red de distribución se deberá cumplir lo siguiente:

- La presión mínima de servicio en cualquier punto de la red o línea de alimentación de agua no debe ser menor de 5 m.c.a. y
- La presión estática no debe ser mayor de 60 m.c.a.

De ser necesario, a fin de conseguir las presiones señaladas se debe considerar el uso de cámaras distribuidora de caudal y reservorios de cabecera, a fin de sectorizar las zonas de presión. (p.127 y 128)

2.2.5.1.3. Características de la zanja

Tigre S.A. (2018) menciona que el fondo de la zanja debe ser plano y libre de elementos cortantes. Si esto no se puede evitar es indispensable colocar una capa de arena o material seleccionado.

La zanja debe tener un ancho mínimo de 40cm, más el diámetro exterior de la tubería, esto para facilitar las labores de instalación de las tuberías.

La profundidad mínima de la zanja debe proteger a la tubería de los efectos de la carga viva, y del congelamiento en aquellos lugares de temperaturas muy bajas; asimismo la profundidad máxima se establece de tal manera que no se dificulten las labores de mantenimiento y reparación ni conexiones nuevas. Se recomienda una profundidad no menor de 0.8 m más el diámetro de la tubería cuando el transito es alto, con transito normal debería ser 0,6 m más el diámetro de la tubería. (p.20)

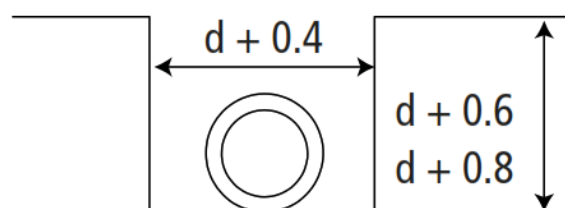


Figura 30. Características de la zanja.
Fuente: (Tigre S.A., 2018)

Tabla 09.*Características de la zanja*

Diámetro (mm)	Ancho Zanja (m)	Profundidad Mínima Zanja (m)	
		Alto Tránsito	Tránsito Normal
63		0.50	0.90
75		0.50	0.90
90		0.50	0.90
110		0.60	0.90
140		0.60	1.00
160		0.60	1.00
200		0.60	1.00
250		0.70	1.10
315		0.80	1.20
355		0.80	1.20
400		0.90	1.20
450		0.90	1.20
500		1.00	1.20
630		1.00	1.30

Nota: Fuente, adaptado de Tigre S.A. (2018)

2.3 Definición de términos

Error angular: es la condición que deben cumplir los ángulos interiores de la poligonal.

Error lineal: es la condición que deben satisfacer la longitud de los lados de la misma, para unir el punto inicial del primer lado, con el punto final del último lado.

VANT: Vehículo Aéreo No Tripulado.

Planimetría: Proyección de los rasgos del terreno sobre un plano horizontal, en las coordenadas norte (y) y sur (x).

Altimetría: Determinación de las cotas de los diferentes puntos del terreno, con respecto al plano horizontal de comparación, el cual, aunque puede ser tomado a una altura arbitraria, en general se relaciona con el plano horizontal teórico formado por el nivel medio del mar (NMM).

Cota: Una cifra que representa la altitud de un punto en relación con la superficie del nivel de referencia.

Coordenadas: Cada una de las magnitudes que determinan la posición de un punto en un sistema de referencia.

GPS: Sistema de Posicionamiento Global. Es un sistema pasivo diseñado por el Departamento de la Defensa de los Estados Unidos con el propósito de obtener la posición tridimensional y la velocidad en tiempo real a través de señales emitidas por satélites.

Fiduciales: Son puntos de control horizontal y vertical a través de los cuales es posible referir las imágenes al territorio. El apoyo terrestre para control fotogramétrico se compone de puntos de control y puntos de apoyo.

Fotograma: Imagen captada por una cámara métrica, se les llama comúnmente fotografías o fotos, pero pueden ser también imágenes en formato digital.

Pixel: Pixel es acrónimo del inglés picture element, es la menor unidad homogénea en color que forma parte de una imagen digital.

Mapa: Es una representación plana con posiciones relativas, de parte de la superficie terrestre de fenómenos específicos encontrados en el espacio y elaborados a cierta escala y proyección, conservando los valores de la curvatura de la tierra.

Resolución de imagen: Este es el nivel de detalle o calidad de una imagen digital, ya sea escaneada, fotografiada o impresa. Este valor se expresa en ppp (píxeles por pulgada). Cuantos más píxeles contenga una imagen por pulgada lineal, mayor será la calidad.

Traslapo: Superposición parcial de las fotos tomadas por el dron durante la realización de un levantamiento fotogramétrico. El mismo, que debe ser frontal y lateral, significa entre foto y foto, dependiendo del vuelo del dron.

Ortofoto: Es la presentación fotográfica de un área de la superficie terrestre, en la que todos los elementos tienen la misma escala, libre de errores y deformaciones, con la misma validez que un plano cartográfico.

Georrefenciacion: La georreferenciación es la técnica de asignación de coordenadas geográficas a un objeto. La georreferenciación se utiliza para ubicar con precisión la posición de un cierto punto en la superficie de la tierra.

CAPITULO III

MATERIALES Y METODOS

3.1 Metodología y tipo de investigación

3.1.1. Metodología

La presente investigación desarrollada pertenece al enfoque: CUANTITATIVO.

El enfoque cuantitativo se caracteriza por la recolección de datos y análisis de datos. Este tipo de investigación confía en la medición numérica, el conteo frecuente en el uso de la estadística frecuentemente en el uso de la estadística para establecer con exactitud patrones de comportamiento en una población (Borja, 2012, p. 11).

3.2 Tipo de investigación

La presente investigación desarrollada es de tipo APLICADA.

Según Vargas (2009) afirma que la investigación aplicada, son experiencias de investigación con propósitos de resolver o mejorar una situación específica o particular, para comprobar un método o modelo mediante la aplicación innovadora y creativa de una propuesta de intervención.

3.3 Nivel de investigación

La presente investigación tiene nivel COMPARATIVO.

La presente investigación tiene un nivel comparativo, ya que se realiza la comparación de los datos obtenidos del levantamiento topográfico con estación total y fotogramétrico con dron a diferentes distancias de separación entre puntos de control y a diferentes alturas de vuelo del dron.

3.4 Diseño de investigación

El diseño de la investigación es EXPERIMENTAL.

Hernández, Fernández y Baptista (2010), menciona que la investigación experimental es una acepción particular de experimento, se refiere a un estudio en el que se manipulan intencionalmente una o más variables independientes (supuestas causas-antecedentes), para analizar las consecuencias que la manipulación tiene sobre una o más variables dependientes (supuestos efectos-consecuentes). (p.121)

Asimismo, Borja (2012), comenta que la investigación experimental es aquella investigación en que la hipótesis se verifica mediante la manipulación “deliberada” por parte del investigador de las variables, en donde determinará la relación causa - efecto de un fenómeno físico o social.

Existen tres requisitos principales para que una investigación sea de tipo experimental:

- Manipulación intencional de las variables independientes.
- Medición del efecto de la variable independiente.
- Control interno de la situación experimental.

Según los anteriores sustentos bibliográficos del autor Borja (2012) y Hernández et al., (2010), se define que la presente investigación será experimental, ya que nuestras variables independientes serán manipuladas intencionalmente los cuales son: separación de puntos de control terrestre a 250m, 375 m y 625 m y altura de vuelo del dron a 150 m y 250 m, a través de ello obtendremos el resultado de nuestras variables dependientes (resultados en planimetría y altimetría).

3.5 Formulación de hipótesis

3.5.1. Hipótesis general

No existen diferencias significativas de los datos obtenidos a través de fotogrametría a diferentes alturas de vuelo con puntos de control terrestre, respecto al levantamiento topográfico convencional para el diseño de la red de distribución de agua potable.

3.5.2. Hipótesis específica

- No existen diferencias significativas de los datos obtenidos en planimetría a través de fotogrametría a una altura de vuelo de 150m con puntos de control terrestre, respecto al levantamiento topográfico convencional.
- No existen diferencias significativas de los datos obtenidos en altimetría a través de fotogrametría a una altura de vuelo de 150m con puntos de control terrestre, respecto al levantamiento topográfico convencional.
- No existen diferencias significativas de los datos obtenidos en planimetría mediante el uso de dron a una altura de vuelo de 250m con puntos de control terrestre, respecto al levantamiento topográfico convencional.
- No existen diferencias significativas de los datos obtenidos en altimetría a través de fotogrametría a una altura de vuelo de 250m con puntos de control terrestre, respecto al levantamiento topográfico convencional.

3.6 Población y muestra

3.6.1. Población

La población analizada para la presente investigación está conformada por el Sector Sullata de la comunidad de Collana, distrito de Taraco, la cual comprende con una extensión superficial de 101 hectáreas.

3.6.2. Muestra

La muestra es finita, ya que se conoce la extensión del área del sector Sullata:

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q}$$

Donde:

n = Tamaño de muestra buscado

N = Tamaño de población o universo

Z = Parámetro estadístico que depende el nivel de confianza (NC)

e = Error de estimación máximo aceptado

p = Probabilidad de que ocurra el evento estudiado (éxito)

q = (1-p) = Probabilidad de que no ocurra el evento estudiado

El tamaño de muestra se calculó de la siguiente manera:

N = 101 hectáreas.

Tamaño de muestra **n = 73.75** ha

Z = 1.645 (Para nivel de confianza al 90%)

e = 5%

p = 50%

q = (1-p) = 50%

Para la presente investigación se recopilara la información sobre un área de 73.75 ha, determinada como muestra.

3.7 Variables de estudio

3.7.1.Variable de dependiente (y)

- A. Precisión de los datos topograficos obtenidos con DRONE.
 - En planimetría este (x) y norte (y).
 - En altimetría elevación (z).

3.7.2.Variable de independiente (x)

- A. Separación entre puntos de control terrestre.
 - Puntos de control terrestre a 250 m.
 - Puntos de control terrestre a 375 m.
 - Puntos de control terrestre a 625 m.
- B. Altura de vuelo de drone.
 - Altura de vuelo a 150 m.
 - Altura de vuelo a 250 m.

Los datos topográficos obtenidos en planimetría y altimetría con Estación Total debidamente georreferenciados a puntos geodésicos enlazados a la red de datos del IGN, se utilizarán para el cálculo de los errores del levantamiento fotogramétrico.

Para los parámetros de evaluación se considerará los criterios de diseño de agua y saneamiento en el ámbito rural, en planimetría 0.20m del ancho de servidumbre de paso de 2.00 metros y en altimetría los criterios de diseño para el modelamiento hidráulico de 0.50m de las presiones mínimas establecidas en la resolución ministerial de vivienda de 5mca.

3.8 Metodología e instrumentos de recolección

3.8.1.Metodologías de recolección

La metodología de trabajo en campo y gabinete se realizará teniendo como referencia el diagrama de la figura mostrada a continuación:

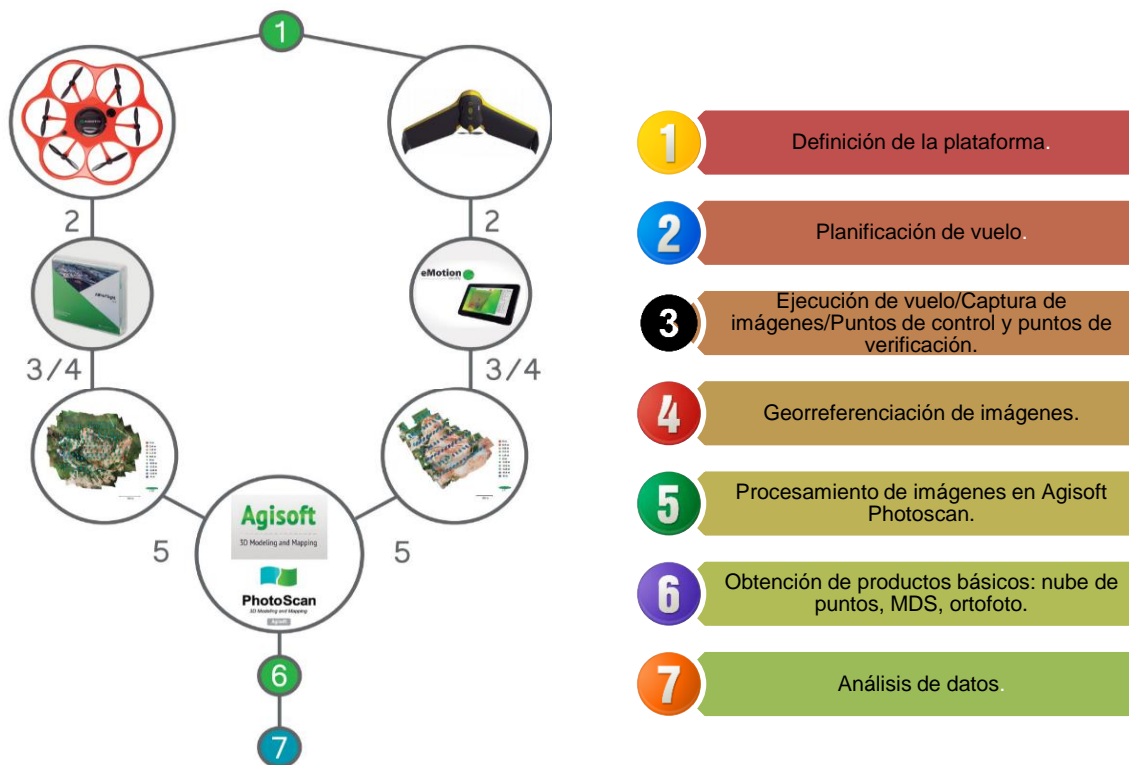


Figura 31. Diagrama de flujo resumido del trabajo.
Fuente: (Holler, Serrato, Graca, Cruz, & Cristo, 2018)

El levantamiento fotogramétrico con UAVS, así como el levantamiento topográfico convencional necesita datos confiables de la superficie terrestre como sea posible. Estos datos pueden ser datos de pruebas experimentales, datos empíricos confiables o resultados teóricos. La investigación actual utilizó referencias bibliográficas de pruebas experimentales obtenidas de estudios previos; el análisis de la precisión, se realizará de acuerdo a las Normas de Cartografía de exactitud de los productos, Normas Técnicas de levantamientos geodésicos y la evaluación de la precisión cartográfica digital definidos por la Sociedad Americana de Fotogrametría y Teledetección.

3.9 Instrumentos de recolección y equipos

3.9.1. Instrumentos

- A. Civil 3D versión estudiantil
- B. Microsoft Excel
- C. Agisoft PhotoScan
- D. Artículos de investigación

E. Revistas indexadas

F. Libros

3.9.2.Equipos

A. Drone Phantom 4 profesional

Con el apoyo del drone Phantom 4 profesional, se realizo toma fotografías aéreas, previamente se ha hecho la ubicación y el estudio de la zona a trabajar para que el drone haga el recorrido adecuado según el requerimiento de la zona.

B. Estación total convencional Leica TS 02

Se ha realizado medidas directas y con el apoyo de un prisma a una altura de 1.50 m, en las partes más resaltantes del terreno en estudio.

C. Laptop Hp core i7

Se requiere laptop core i7 mínimo con 6Gb de RAM para que el software especializado Agisoft PhotoScan pueda procesar los datos de manera satisfactoria y sin deficiencias.

D. Dispositivo móvil con Android

Dispositivo móvil con Android 4.0 o superior con al menos 500 MB de espacio libre para almacenar las imágenes, el dispositivo móvil trabaja con la aplicación Pix4d Capture junto al formato KML quien se encarga de delimitar la zona de estudio, para la planificación de la misión del vuelo, en donde se ingresan los parámetros calculados como el porcentaje de traslape, resolución de la cámara, altura de vuelo, área de vuelo y tiempo de vuelo.

3.10 Procedimiento de la investigación

El proyecto se realizará de acuerdo a la figura que se presenta a continuación:



Figura 32. Procedimiento y recolección de datos de la investigación.
Fuente: (Elaboración propia).

3.11 Procesamiento de los datos obtenidos en zona de estudio

Después de los datos obtenidos por el levantamiento topográfico convencional con estación total y levantamiento fotogramétrico con dron, el proceso de la información se realiza según la secuencia de la siguiente figura:

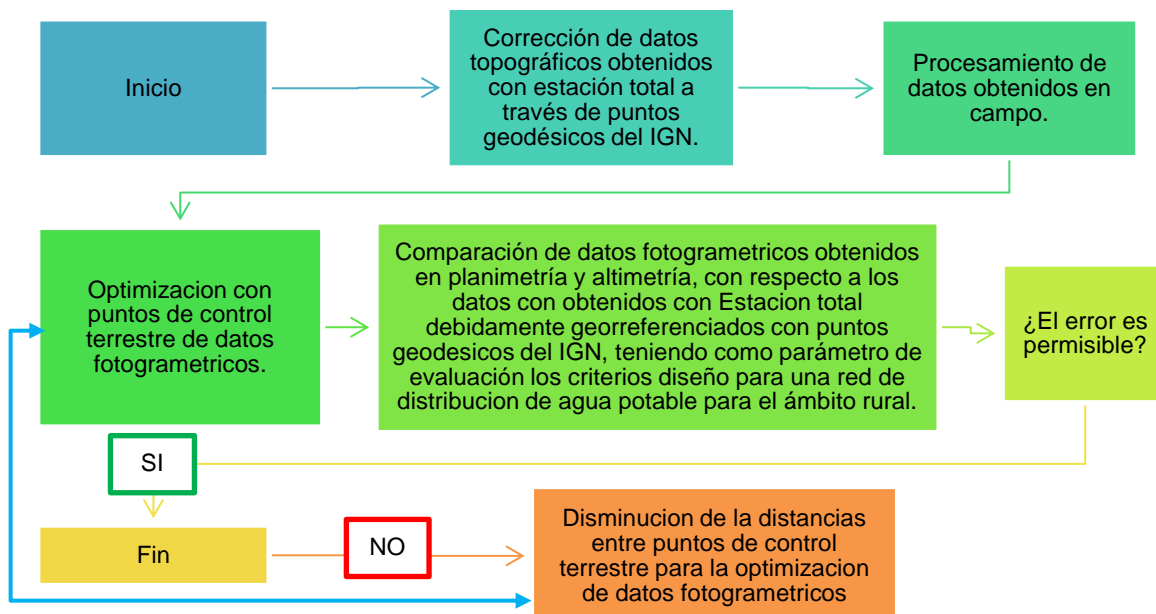


Figura 33. Secuencia del procedimiento de análisis de la investigación.
Fuente: (Elaboración propia).

3.12 Datos generales de la zona de estudio

El presente trabajo de investigación se realizó en la comunidad de Collana sector Sullata del distrito de Taraco – Huancané. En la cual se proyecta una red de distribución de agua potable, cabe mencionar que la elección de la zona de estudio se realizó de manera arbitraria.

3.12.1. Ubicación geográfica

Collana es una comunidad ubicada en el distrito de Taraco, provincia de Huancané en el departamento de Puno.

Tabla 10.

Ubicación del proyecto

UBICACION	
Departamentos	Puno
Provincia	Huancané
Distrito	Taraco
Localidad	Com. Collana sector. Sullata
Ámbito	Rural
Región Natural	Región Suni
Coordenadas UTM	397960.40 E, 8311296.91 S
Altitud	3815
Latitud	15.274139°
Longitud	69.942061°

Nota: Fuente, elaboración propia.

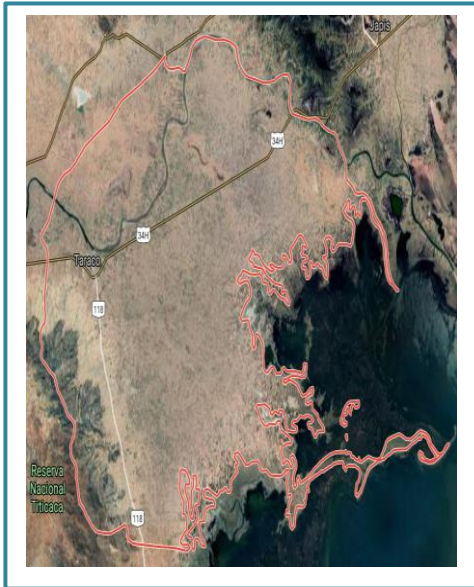
País: Peru



Departamento: Puno



Distrito: Taraco



Provincia: Huancané



Figura 34. Ubicación de la zona de estudio.
Fuente: (Elaboración propia).

3.12.2. Ubicación de la zona de estudio

La zona de estudio se ubica en la comunidad de Collana en el sector de Sullata, en donde se proyecta una red de distribución de agua potable para los pobladores de la comunidad en mención. Para realizar la presente investigación se optó por seleccionar solo un sector de la comunidad de Collana la cual comprende de 74.10 hectáreas.



Figura 35. Ubicación de la zona de estudio.
Fuente: (Elaboración propia)

3.12.3. Descripción de la zona de estudio

3.12.3.1. *Extensión superficial*

La zona de estudio comprende de una extensión superficial de 74.10 hectáreas.

3.12.3.2. *Topografía*

El relieve topográfico de la zona de estudio en su mayoría es plano sin embargo cuenta con ciertas zonas ligeramente empinadas.

3.12.3.3. *Clima*

Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $18\text{ }^{\circ}\text{C}$ y rara vez baja a menos de $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$ o sube a más de $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Los veranos son cortos, frescos y nublados; los inviernos son cortos, muy frío y mayormente despejados y está seco durante todo el año.

3.13 Distribución de puntos de control en zona de estudio

Se ha planteado trabajar a 250 m, 375 m y 625 m de distancia entre puntos de control.

Una vez realizada la distribución de los puntos de control mediante el software AutoCAD, en la zona de estudio con el apoyo de GPS se procedió con la ubicación y trazo de los puntos de control tal como se observa en la figura 36 y 37, cabe indicar que estas deben ser visibles desde las diferentes alturas de vuelo del dron.



Figura 36. Marcado de puntos de control terrestre con yeso.
Fuente: (Elaboración propia)



Figura 37. Monumentación de BM's y puntos de control.
Fuente: (Elaboración propia)

3.14 Levantamiento topográfico convencional

Para realizar el levantamiento topográfico convencional se empleará el equipo topográfico estación total.

Como se conoce el levantamiento topográfico con estación total en la actualidad es el más aplicado en el campo de la topografía, además cuenta con diversas funciones que facilitan el trabajo en campo.

Cabe indicar que una de las funciones más resaltantes de la estación total es que cuenta con un sistema electromagnético para medir distancias, además suelen incorporar programas internos para almacenamiento.

3.14.1. Datos obtenidos de levantamiento topográfico convencional

En cuanto a los datos obtenidos mediante el levantamiento topográfico con estación total, se realizó un solo levantamiento de acuerdo a cada uno de los puntos de control distribuidos en toda la zona de estudio. En gabinete en el procesamiento de la información, se trabajará a 250 m, 375 m y 625 m de distancia entre puntos de control.

3.14.1.1. Datos obtenidos a 250 m

En la siguiente tabla se muestra los datos topográficos obtenidos:

Tabla 11.
Puntos obtenidos con estación total a 250 m

Nº de puntos	Este (X)	Norte (Y)	Altura (Z)	Descripción
1	398249.596	8312701.770	3816.448	PC10
2	398593.250	8312497.499	3814.682	PC15
3	398805.018	8312839.160	3813.858	PC21
4	398759.031	8312620.977	3814.614	PC23
5	398624.490	8312616.334	3815.182	PC24
6	398652.689	8312740.951	3815.040	PC25
7	398668.085	8312864.064	3814.847	PC26
8	398395.308	8312646.075	3816.096	PC31
9	398446.872	8313021.964	3834.406	PC33

10	398701.677	8312971.093	3814.046	PC5
11	398305.684	8312945.223	3815.717	PC6
12	398431.624	8312902.414	3816.097	PC9

Nota: Fuente, Estación total.

3.14.1.2. Datos obtenidos a 375 m

En la siguiente tabla se muestra los datos topográficos obtenidos:

Tabla 12.
Puntos obtenidos con estación total a 375

Nº de puntos	Este (X)	Norte (Y)	Altura (Z)	Descripción
1	398277.989	8312821.642	3815.771	PC12
2	398652.689	8312740.951	3815.040	PC25
3	398668.085	8312864.064	3814.847	PC26
4	398555.431	8312888.817	3816.131	PC27
5	398521.837	8312760.730	3815.844	PC28
6	398493.671	8312646.480	3815.827	PC29
7	398424.226	8312781.719	3816.200	PC30
8	398395.308	8312646.075	3816.096	PC31
9	398446.872	8313021.964	3834.406	PC33
10	398305.684	8312945.223	3815.717	PC6
11	398555.688	8312985.409	3816.735	PC7
12	398265.371	8312799.139	3815.615	PC8
13	398431.624	8312902.414	3816.097	PC9

Nota: Fuente, Estación total

3.14.1.3. Datos obtenidos a 625 m

En la siguiente tabla se muestra los datos topográficos obtenidos:

Tabla 13.
Puntos obtenidos con estación total a 625 m

Nº de puntos	Este (X)	Norte (Y)	Altura (Z)	Descripción
1	398707.560	8312351.304	3813.858	PC01
2	398599.152	8312361.976	3814.433	PC02
3	398466.724	8312381.552	3819.272	PC03
4	398249.596	8312701.770	3816.448	PC10
5	398277.989	8312821.642	3815.771	PC12

6	398339.199	8312541.572	3820.794	PC13
7	398481.838	8312505.608	3815.095	PC14
8	398593.250	8312497.499	3814.682	PC15
9	398715.221	8312461.547	3814.071	PC16
10	398840.177	8312453.109	3813.911	PC17
11	398847.427	8312572.933	3814.136	PC18
12	398872.701	8312693.568	3813.934	PC19
13	398916.033	8312811.922	3813.990	PC20
14	398805.018	8312839.160	3813.858	PC21
15	398772.011	8312719.421	3814.261	PC22
16	398759.031	8312620.977	3814.614	PC23
17	398624.490	8312616.334	3815.182	PC24
18	398652.689	8312740.951	3815.040	PC25
19	398668.085	8312864.064	3814.847	PC26
20	398555.431	8312888.817	3816.131	PC27
21	398521.837	8312760.730	3815.844	PC28
22	398493.671	8312646.480	3815.827	PC29
23	398424.226	8312781.719	3816.200	PC30
24	398395.308	8312646.075	3816.096	PC31
25	398237.994	8312554.516	3825.841	PC32
26	398446.872	8313021.964	3834.406	PC33
27	398818.289	8312953.961	3813.832	PC4
28	398701.677	8312971.093	3814.046	PC5
29	398305.684	8312945.223	3815.717	PC6
30	398555.688	8312985.409	3816.735	PC7
31	398265.371	8312799.139	3815.615	PC8
32	398431.624	8312902.414	3816.097	PC9
33	398440.188	8313033.958	3838.061	PCG2

Nota: Fuente, Estación total

3.15 Levantamiento fotogramétrico con drone

3.15.1. Datos de levantamiento

Previo a realizar el vuelo del drone se toma en cuenta las siguientes condiciones:

A. Condiciones del equipo

- Que el equipo se encuentre en óptimas condiciones, además de que la batería del equipo se encuentre suficientemente cargada para el tiempo requerido del vuelo.
- El vuelo del equipo se debe realizar en adecuadas condiciones meteorológicas; es decir el clima no debe presentar lluvia y fuertes corrientes de viento, porque dificultaría en la obtención de datos además dañaría el equipo.
- Para realizar el vuelo se debe cumplir las siguientes condiciones:

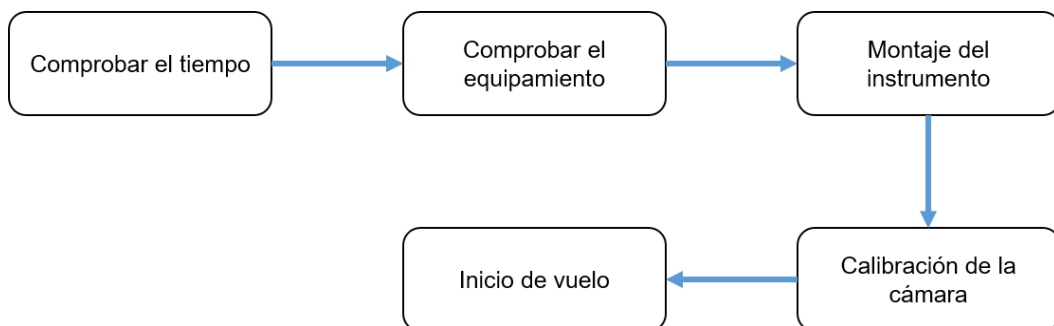


Figura 38. Pasos para volar un UAV.
Fuente: (Quirós, 2018)

B. Introducción de datos de vuelo al Drone.

Para la programación del vuelo del drone es necesario contar con su equipo (celular), se realizó toma fotográfica aérea con drone a 150 m y 250 m de altura de vuelo, tal como se muestra en la figura 39 y figura 40.

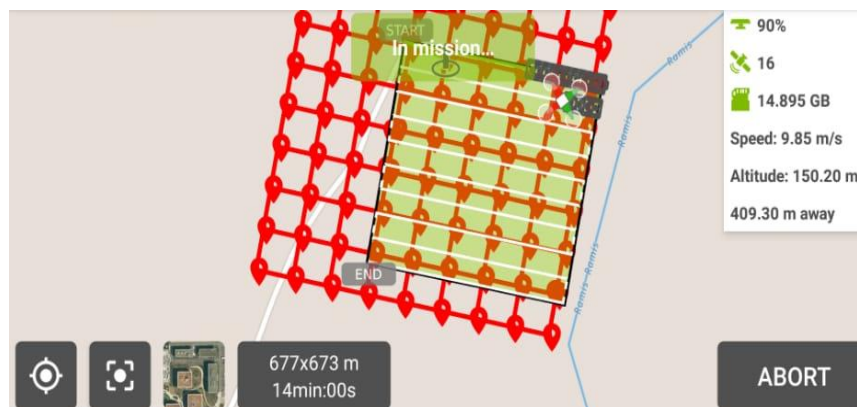


Figura 39. Proceso de captura de fotografías desde una altura de 150 m.
Fuente: (Elaboración propia)

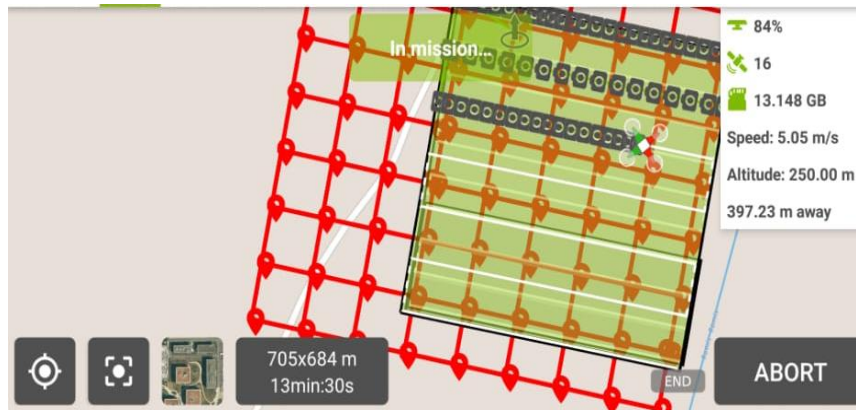


Figura 40. Proceso de captura de fotografías desde una altura de 250 m.
Fuente: (Elaboración propia)

Definición de datos previo a realizar el vuelo:

Tabla 14.

Datos de vuelo

Parámetros de vuelo	
Altura de vuelo 1	150 m
Altura de vuelo 2	250 m
Traslado longitudinal (plano)	70%
Traslado lateral (plano)	20%
Resolución de terreno	4.33 cm/pix
Área cubierta	0.741 km ²
Panorámica multi cámaras	200

Nota: Fuente, Elaboración propia.

Datos de la calibración de la cámara insertada en el dron se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 15.

Calibración de cámara

Modelo de cámara	Resolución	Distancia Focal	Tamaño de pixel	Precalibrada
FC6310 (8.8mm)	5472 x 3648	8.8 mm	2.41 x 2.41 micras	No

Nota: Fuente, elaboración propia.

3.15.2. Posiciones de cámaras

Cuando el dron realiza la captura de las imágenes es necesario que la cámara esté bien posicionada para que cumpla con la resolución definida. Además, el software Agisoft

Photoscan a través de los resultados de las posiciones de cámara muestra el resultado de los errores que presenta cada imagen tomada, según cada a cada distancia planteada. A continuación, mediante las siguientes figuras se muestra los resultados:

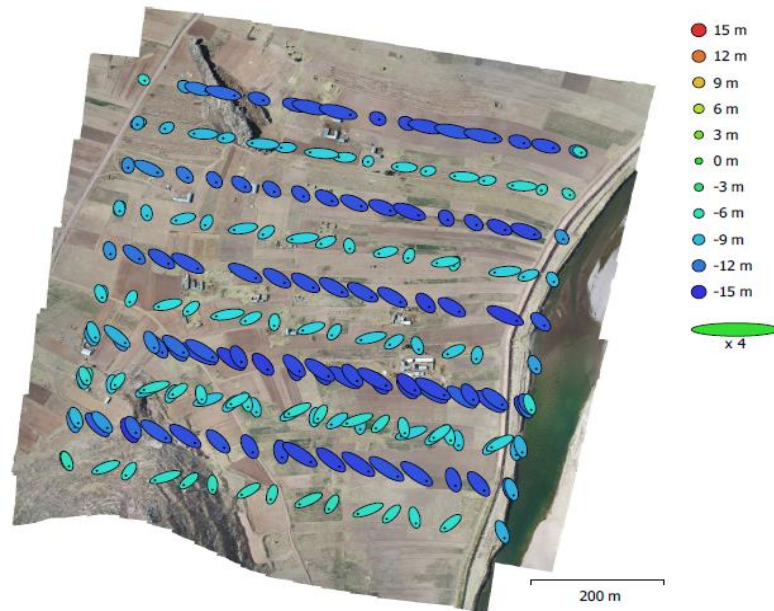


Figura 41. Posiciones de cámaras a 250 m de distancia.
Fuente: (Software Agisoft Photoscan)

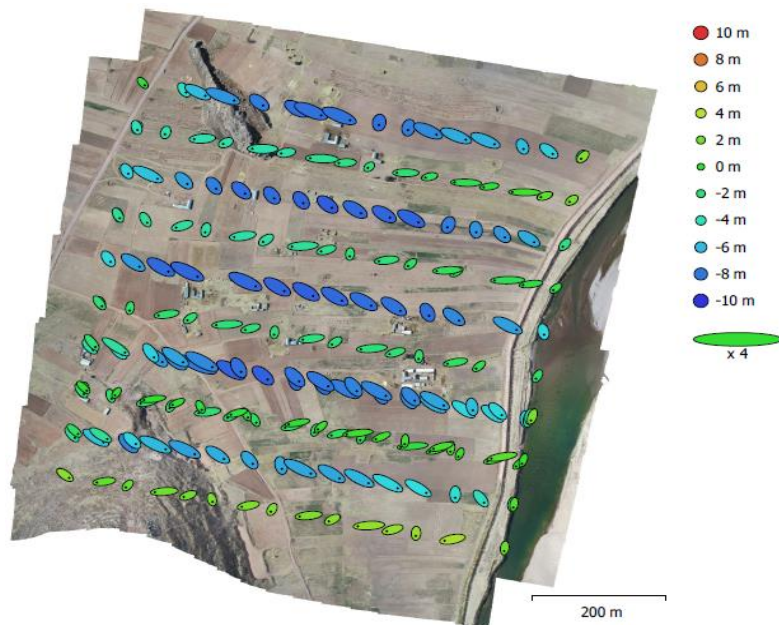


Figura 42. Posiciones de cámaras a 375 m de distancia.
Fuente:(Software Agisoft Photoscan)

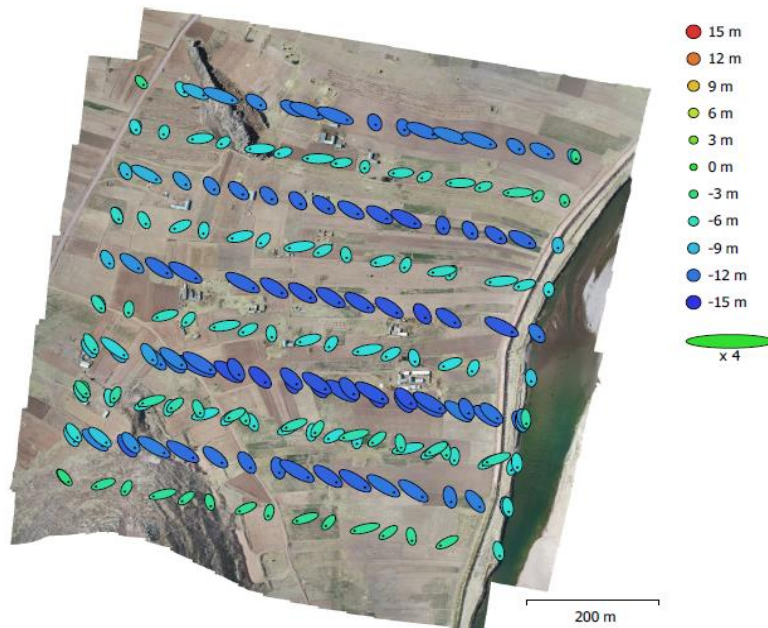


Figura 43. Posiciones de cámaras a 625 m de distancia.
Fuente: (Software Agisoft Photoscan).

3.15.3. Modelo de elevación digital

Como se indicó anteriormente la comparación del levantamiento fotogramétrico y levantamiento topográfico se realizará a diferentes distancias entre puntos de control tales como 250 m, 375 m, y 625 m. Por lo cual el resultado de la elevación digital será la misma a cualquier distancia, a continuación, en la siguiente figura 44 muestra la elevación digital obtenida mediante el procesamiento.

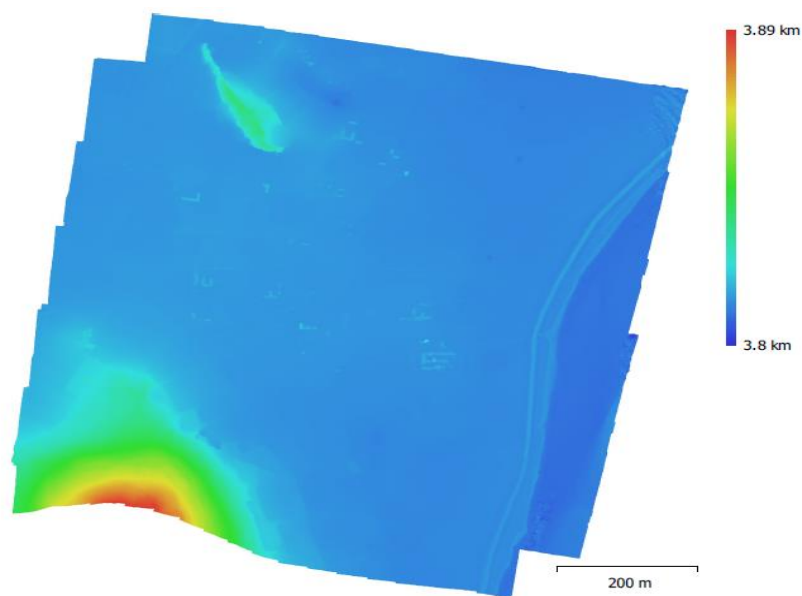


Figura 44. Modelo digital de elevaciones.
Fuente: (Software Agisoft Photoscan).

3.15.4. Puntos de control procesada a diferentes distancias

La función principal de los puntos de control es corregir los errores encontrados según a cada distancia planteada.

3.15.4.1. Puntos de control a 250 m de distancia

La recolección de datos fotogramétricos a 250 m de distancia, los puntos de apoyo a considerar para la corrección del levantamiento fotogramétrico serán: BM2, PC4, PC7, PC12, PC28, PC22, PC16, PC14 Y PC32. En la figura 45 se muestra la posición de cada uno de los puntos de apoyo.

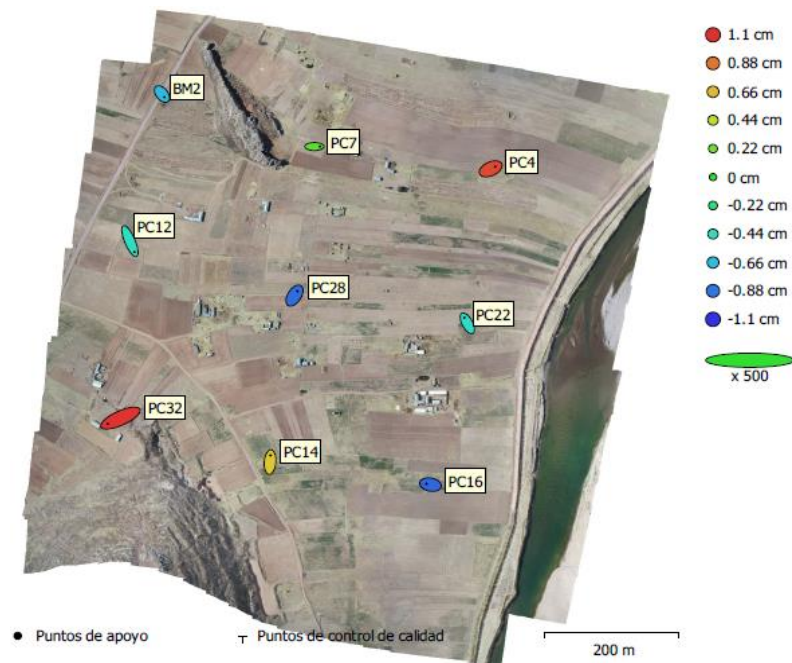


Figura 45. Posición de puntos de apoyo a 250 m.
Fuente: (Software Agisoft Photoscan).

3.15.4.2. Puntos de control a 375 m de distancia

La recolección de datos fotogramétricos a 375 m de distancia, los puntos de apoyo a considerar para la corrección del levantamiento fotogramétrico serán: BM2, PC5, PC10 y PC24. En la figura 46 se muestra la posición de cada uno de los puntos de apoyo.

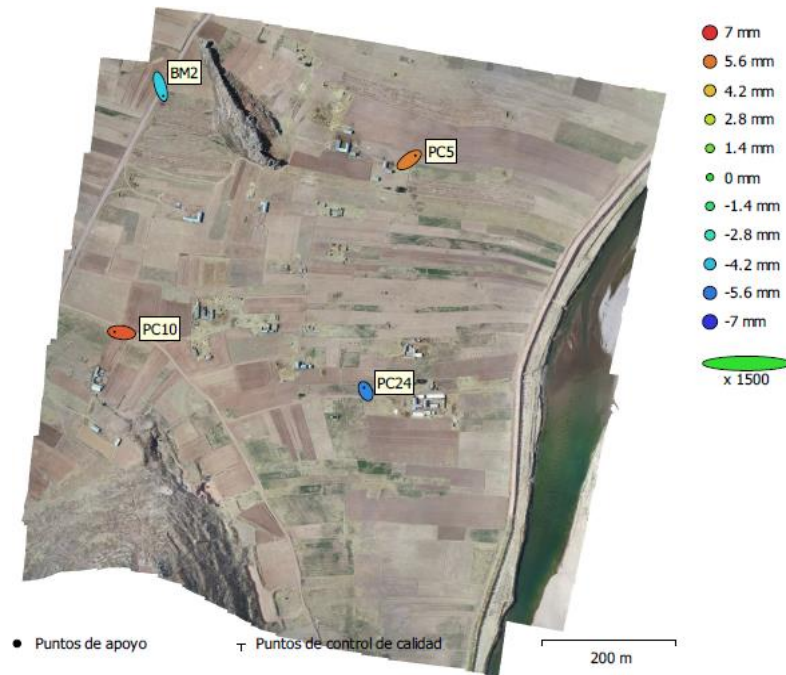


Figura 46. Posición de puntos de apoyo a 375 m.
Fuente: (Software Agisoft Photoscan).

3.15.4.3. Puntos de control a 625 m de distancia

La recolección de datos fotogramétricos a 625 m de distancia, los puntos de apoyo a considerar para la corrección del levantamiento fotogramétrico serán: BM1, BM2, BM3 Y BM4. En la figura 47 se muestra la posición de cada uno de los puntos de apoyo.

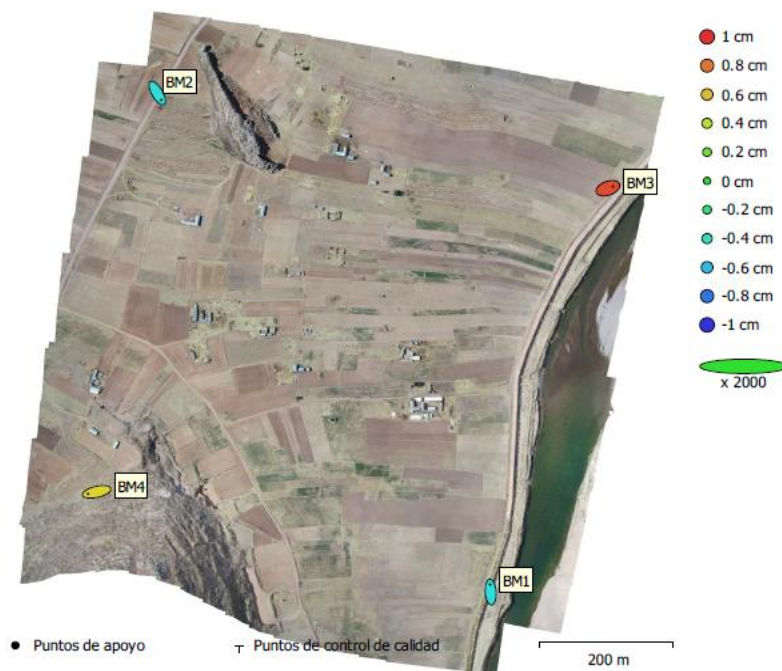


Figura 47. Posición de puntos de apoyo a 625 m.
Fuente: (Software Agisoft Photoscan)

3.15.5. Datos obtenidos a 150 m de altura de vuelo

Con el fin de conocer la distancia óptima para obtener una mayor precisión en la obtención de datos y que cumpla con el margen de error permitido del levantamiento fotogramétrico con dron, se ha planteado obtener datos de campo a diferentes alturas de vuelo y diferentes distancias entre puntos de control.

Como primera prueba se tienen los datos obtenidos a 150 m de altura de vuelo del dron, respectivamente corregidos con los puntos de control establecidos para cada distancia y procesados mediante el software pix4d.

3.15.5.1. Datos obtenidos a una distancia de 250 m

En la siguiente tabla 19 se muestra los datos obtenidos respectivamente corregidos con los puntos de control mencionados en el ítem 3.12.4.1.

Tabla 16.

Datos obtenidos a 250 m con altura de vuelo a 150 m

Nº de puntos	Este (X)	Norte (Y)	Elevación (Z)	Descripción
1	398593.203	8312497.524	3814.690	PC15
2	398339.266	8312541.634	3820.920	PC13
3	398249.575	8312701.812	3816.600	PC10
4	398395.364	8312646.081	3816.110	PC31
5	398493.647	8312646.605	3815.920	PC29
6	398624.465	8312616.325	3815.180	PC24
7	398758.998	8312621.059	3814.620	PC23
8	398652.597	8312740.876	3815.070	PC25
9	398424.225	8312781.851	3816.190	PC30
10	398265.327	8312799.072	3815.710	PC8
11	398305.648	8312945.196	3815.710	PC6
12	398431.630	8312902.414	3816.100	PC9
13	398555.399	8312888.857	3816.150	PC27
14	398668.195	8312864.052	3814.860	PC26
15	398804.947	8312839.207	3813.850	PC21
16	398701.674	8312971.085	3814.110	PC5

Nota: Fuente, Software Agisoft Photoscan.

3.15.5.2. **Datos obtenidos a una distancia de 375 m**

En la siguiente tabla 20 se muestra los datos obtenidos a 375 m respectivamente corregidos con los puntos de control mencionado en el ítem 3.12.4.2.

Tabla 17.

Datos obtenidos a 375 m con altura de vuelo a 150 m

N° de puntos	Este (X)	Norte (Y)	Altura (Z)	Descripción
1	398395.347	8312646.047	3815.710	PC31
2	398493.643	8312646.620	3815.430	PC29
3	398652.599	8312740.915	3814.580	PC25
4	398521.835	8312760.785	3814.950	PC28
5	398424.198	8312781.798	3815.200	PC30
6	398265.322	8312798.984	3815.270	PC8
7	398278.004	8312821.464	3815.250	PC12
8	398305.619	8312945.154	3815.200	PC6
9	398431.626	8312902.372	3815.090	PC9
10	398555.395	8312888.868	3815.200	PC27
11	398668.182	8312864.053	3814.310	PC26
12	398555.727	8312985.431	3816.140	PC7
13	398446.911	8313021.824	3834.280	PC33

Nota: Fuente, Software Agisoft Photoscan.

3.15.5.3. **Datos obtenidos a una distancia de 625 m**

En la siguiente tabla 21 se muestra los datos obtenidos a 625 m respectivamente corregidos con los puntos de control mencionados en el ítem 3.12.4.3.

Tabla 18.

Datos obtenidos a 625 m con altura de vuelo a 150 m

N° de puntos	Este (X)	Norte (Y)	Altura (Z)	Descripción
1	398466.729	8312381.635	3818.590	PC03
2	398599.096	8312362.054	3813.660	PC02
3	398707.490	8312351.319	3813.280	PC01
4	398840.232	8312453.163	3813.080	PC17
5	398715.236	8312461.569	3812.750	PC16
6	398593.283	8312497.526	3813.030	PC15
7	398481.909	8312505.651	3813.550	PC14

8	398339.356	8312541.548	3819.640	PC13
9	398237.989	8312554.391	3825.200	PC32
10	398249.603	8312701.724	3815.520	PC10
11	398395.420	8312646.047	3814.370	PC31
12	398493.705	8312646.588	3813.890	PC29
13	398624.550	8312616.317	3813.110	PC24
14	398759.107	8312621.036	3812.830	PC23
15	398847.487	8312572.991	3812.830	PC18
16	398872.873	8312693.613	3812.530	PC19
17	398772.065	8312719.491	3812.430	PC22
18	398652.694	8312740.858	3812.960	PC25
19	398521.928	8312760.770	3813.800	PC28
20	398424.267	8312781.798	3814.380	PC30
21	398265.362	8312798.945	3814.680	PC8
22	398278.043	8312821.461	3814.760	PC12
23	398305.652	8312945.138	3815.030	PC6
24	398431.687	8312902.393	3814.600	PC9
25	398555.497	8312888.877	3814.370	PC27
26	398668.311	8312864.066	3813.010	PC26
27	398805.097	8312839.184	3812.310	PC21
28	398916.070	8312811.965	3812.960	PC20
29	398818.503	8312954.000	3812.850	PC4
30	398701.830	8312971.134	3812.830	PC5
31	398555.828	8312985.499	3815.480	PC7
32	398446.980	8313021.859	3833.580	PC33

Nota: Fuente, Software Agisoft Photoscan.

3.15.6. Datos obtenidos a 250 m de altura de vuelo

Como segunda prueba se tienen los datos obtenidos a 250 m de altura de vuelo del drone, respectivamente corregidos con los puntos de control establecidos para cada distancia y procesados mediante el software Agisoft Photoscan.

3.15.6.1. **Datos obtenidos a una distancia de 250 m**

En la siguiente tabla 22 se muestra los datos obtenidos a 250 m respectivamente corregidos con los puntos de control mencionado en el ítem 3.12.4.1.

Tabla 19.

Datos obtenidos a 250 m con altura de vuelo a 250 m

N° de puntos	Este (X)	Norte (Y)	Elevación (Z)	Descripción
1	398249.547	8312701.828	3816.600	PC10
2	398593.206	8312497.548	3814.660	PC15
3	398804.898	8312839.196	3813.820	PC21
4	398758.951	8312621.050	3814.610	PC23
5	398624.451	8312616.328	3815.210	PC24
6	398652.593	8312740.912	3815.080	PC25
7	398668.185	8312864.081	3814.970	PC26
8	398395.308	8312646.075	3816.160	PC31
9	398446.912	8313022.065	3834.020	PC33
10	398701.646	8312971.107	3814.140	PC5
11	398305.655	8312945.244	3815.700	PC6
12	398431.616	8312902.439	3816.150	PC9

Nota: Fuente, Software Agisoft Photoscan.

3.15.6.2. **Datos obtenidos a una distancia de 375 m**

En la siguiente tabla 23 se muestra los datos obtenidos a 375 m respectivamente corregidos con los puntos de control mencionado en el ítem 3.12.4.2.

Tabla 20.

Datos obtenidos a 375 m con altura de vuelo a 250 m

N° de puntos	Este (X)	Norte (Y)	Altura (Z)	Descripción
1	398277.997	8312821.556	3815.400	PC12
2	398652.584	8312740.941	3814.730	PC25
3	398668.191	8312864.094	3814.570	PC26
4	398555.368	8312888.927	3815.600	PC27
5	398521.829	8312760.728	3815.220	PC28
6	398493.589	8312646.582	3815.680	PC29
7	398424.128	8312781.822	3815.560	PC30
8	398395.330	8312646.071	3815.890	PC31

9	398446.872	8313021.964	3834.780	PC33
10	398305.671	8312945.225	3815.340	PC6
11	398555.677	8312985.462	3816.400	PC7
12	398265.322	8312799.030	3815.380	PC8
13	398431.619	8312902.408	3815.470	PC9

Nota: Fuente, Software Agisoft Photoscan.

3.15.6.3. *Datos obtenidos a una distancia de 625 m*

En la siguiente tabla 24 se muestra los datos obtenidos a 625 m respectivamente corregidos con los puntos de control mencionado en el ítem 3.12.4.

Tabla 21.

Datos obtenidos a 625 m con altura de vuelo a 250 m

N° de puntos	Este (X)	Norte (Y)	Altura (Z)	Descripción
1	398707.421	8312351.390	3813.790	PC01
2	398599.043	8312362.079	3814.140	PC02
3	398466.724	8312381.663	3819.210	PC03
4	398249.596	8312701.770	3816.030	PC10
5	398278.017	8312821.513	3815.300	PC12
6	398339.365	8312541.600	3820.350	PC13
7	398481.893	8312505.679	3814.490	PC14
8	398593.256	8312497.595	3814.000	PC15
9	398715.191	8312461.588	3813.550	PC16
10	398840.148	8312453.271	3813.510	PC17
11	398847.390	8312572.980	3813.650	PC18
12	398872.753	8312693.605	3813.370	PC19
13	398916.033	8312811.922	3813.600	PC20
14	398805.034	8312839.278	3813.200	PC21
15	398772.016	8312719.484	3813.470	PC22
16	398759.009	8312621.064	3813.860	PC23
17	398624.468	8312616.365	3814.270	PC24
18	398652.681	8312740.965	3814.130	PC25
19	398668.265	8312864.154	3814.160	PC26
20	398555.455	8312888.946	3815.400	PC27
21	398521.884	8312760.784	3814.960	PC28
22	398493.642	8312646.606	3815.120	PC29
23	398424.209	8312781.812	3815.450	PC30

24	398395.349	8312646.095	3815.370	PC31
25	398237.964	8312554.427	3825.500	PC32
26	398446.904	8313022.011	3834.210	PC33
27	398818.434	8312954.095	3813.380	PC4
28	398701.778	8312971.169	3813.540	PC5
29	398305.684	8312945.223	3815.370	PC6
30	398555.761	8312985.514	3816.200	PC7
31	398265.393	8312799.072	3815.160	PC8
32	398431.665	8312902.408	3815.490	PC9
33	398440.188	8313033.958	3837.820	PCG2

Nota: Fuente, Software Agisoft Photoscan.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Generalidades

En este capítulo se detalla los resultados y discusión de los datos obtenidos mediante pruebas estadísticas de la presente investigación, el cual nos permite validar o rechazar las hipótesis planteadas.

En la presente investigación se analizaron los datos obtenidos de un levantamiento fotogramétrico en referencia a los puntos de control establecidos con estación total los cuales se encuentran enlazados a la red de datos del IGN, teniendo como parámetro de evaluación los criterios de diseño para una red de distribución de agua potable en el ámbito rural.

. Haciendo una representación gráfica de la superficie del terreno obtenidas con un levantamiento topográfico convencional con estación total se puede apreciar que la superficie triangulada no representa por completo el relieve del terreno, por lo que los datos de diseños hidráulicos en proyectos de agua y saneamiento en el ámbito rural no tienen una precisión a un 100%.

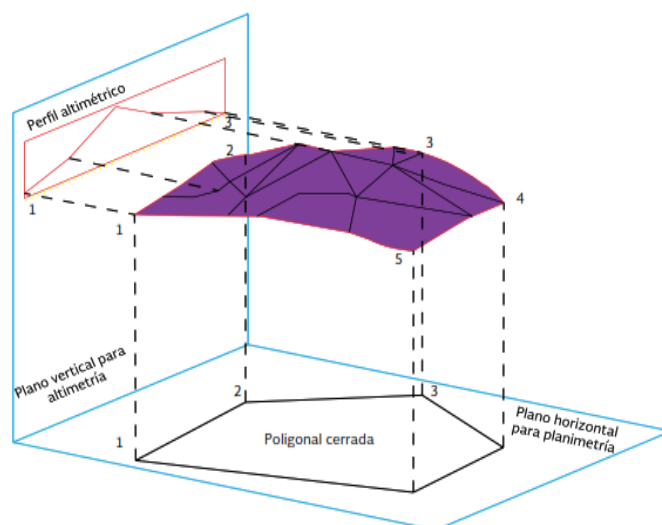


Figura 48. Cadena planimétrica (en plano horizontal) y cadena altimétrica.
Fuente: (plano vertical). Alcántara (2005)

Por lo que siendo la presión mínima de 5mca según la Norma Técnica de Diseño: Opciones tecnológicas para sistemas de saneamiento en el ámbito rural del Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, teniendo como antecedente la triangulación del terreno se tomara como para parámetro de evaluación la precisión a un 90% existiendo una diferencia del 10% que corresponde a 0.50m de 5 mca, siendo dicha diferencia el margen de error en altimetría que será el parámetro para el análisis estadístico, siendo este el error máximo permitido con respecto a los datos obtenidos del levantamiento fotogramétrico.

El ancho de servidumbre de paso para la red de distribución de agua potable en el ámbito rural es recomendable de 1m a 2m según criterios de diferentes proyectistas ya que no se tiene ninguna resolución, reglamento o normativa, para esta investigación se trabajó con un ancho de servidumbre de paso de 2m.

Asimismo, la zanja debe tener un ancho mínimo de 40cm, más el diámetro exterior de la tubería, para facilitar las labores de instalación de las tuberías según la bibliografía revisada, por lo que un error de 0.20m no incide en el diseño de la red de distribución, el cual se utilizara como parametro en evaluacion en planimetria.

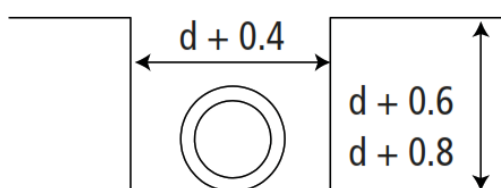


Figura 49. Características de la zanja.
Fuente. (Tigre S.A., 2018)

Teniendo como antecedente la triangulación del terreno, los criterios de ancho de servidumbre de paso y el ancho de excavación de la zanja para la red de distribución de agua potable en el ámbito rural, se tomará como para parámetro de evaluación la precisión a un 90%, existiendo una diferencia del 10% que corresponde a 0.20m de 2m, siendo dicha diferencia el margen de error en planimetría que será el parámetro para el análisis

estadístico, siendo este el error máximo permitido en planimetría con respecto a los datos obtenidos del levantamiento fotogramétrico.

Tabla 22.

Alternativas de evaluación

Alternativas de evaluación	Altura de vuelo del drone	Espaciamiento entre puntos de control terrestre	Parámetros para la evaluación
Alternativa 01	150m	250m, 375m, 625m	Planimetría: 0.20m (10%) del ancho de servidumbre de paso, considerando el ancho mínimo de la zanja para la tubería. Altimetría: 0.50m (10%) de la presión mínima para el diseño de tuberías a presión.
Alternativa 02	250m	250m, 375, 625m	Planimetría: 0.20m (10%) del ancho de servidumbre de paso, considerando el ancho mínimo de la zanja para la tubería. Altimetría: 0.50m (10%) de la presión mínima para el diseño de tuberías a presión.

Nota: Fuente, elaboración propia.

4.2 Alternativas de evaluación

4.2.1. Alternativa 01

El parámetro de evaluación será de 0.50m en altimetría y 0.20m en planimetría según criterios de diseño de red de distribución de agua y saneamiento en el ámbito rural, el cual nos servirá para el análisis de los datos, cuidando que los errores no sean mayores a un 90% de precisión.

Tabla 23.

Errores máximos permitidos

Altura de vuelo (m)	Error máximo en planimetría (m)	Error máximo en altimetría (m)
150	0.20	0.50

Nota: Fuente, elaboración propia.

4.2.1.1. Con puntos de control a 625m en planimetría

4.2.1.1.1. Datos obtenidos

A continuación, se muestra los datos obtenidos a través del levantamiento topográfico convencional y el levantamiento fotogramétrico en Este.

Tabla 24.*Datos obtenidos en Este*

N° de puntos	Descripción	Estación Total X (Este)	Drone X (Este)
1	PC03	398466.724	398466.729
2	PC02	398599.152	398599.096
3	PC01	398707.560	398707.490
4	PC17	398840.177	398840.232
5	PC16	398715.221	398715.236
6	PC15	398593.250	398593.283
7	PC14	398481.838	398481.909
8	PC13	398339.199	398339.356
9	PC32	398237.994	398237.989
10	PC10	398249.596	398249.603
11	PC31	398395.308	398395.420
12	PC29	398493.671	398493.705
13	PC24	398624.490	398624.550
14	PC23	398759.031	398759.107
15	PC18	398847.427	398847.487
16	PC19	398872.701	398872.873
17	PC22	398772.011	398772.065
18	PC25	398652.689	398652.694
19	PC28	398521.837	398521.928
20	PC30	398424.226	398424.267
21	PC8	398265.371	398265.362
22	PC12	398277.989	398278.043
23	PC6	398305.684	398305.652
24	PC9	398431.624	398431.687
25	PC27	398555.431	398555.497
26	PC26	398668.085	398668.311
27	PC21	398805.018	398805.097
28	PC20	398916.033	398916.070
29	PC4	398818.289	398818.503
30	PC5	398701.677	398701.830
31	PC7	398555.688	398555.828
32	PC33	398446.872	398446.980

Nota: Fuente, elaboración propia.

A continuación, se muestra los datos obtenidos a través del levantamiento topográfico convencional y el levantamiento fotogramétrico en Norte.

Tabla 25.*Datos obtenidos en Norte*

N° de puntos	Descripción	Estación Total Y (Norte)	Drone Y (Norte)
1	PC03	8312381.552	8312381.635
2	PC02	8312361.976	8312362.054
3	PC01	8312351.304	8312351.319
4	PC17	8312453.109	8312453.163
5	PC16	8312461.547	8312461.569
6	PC15	8312497.499	8312497.526
7	PC14	8312505.608	8312505.651
8	PC13	8312541.572	8312541.548
9	PC32	8312554.516	8312554.391
10	PC10	8312701.770	8312701.724
11	PC31	8312646.075	8312646.047
12	PC29	8312646.480	8312646.588
13	PC24	8312616.334	8312616.317
14	PC23	8312620.977	8312621.036
15	PC18	8312572.933	8312572.991
16	PC19	8312693.568	8312693.613
17	PC22	8312719.421	8312719.491
18	PC25	8312740.951	8312740.858
19	PC28	8312760.730	8312760.770
20	PC30	8312781.719	8312781.798
21	PC8	8312799.139	8312798.945
22	PC12	8312821.642	8312821.461
23	PC6	8312945.223	8312945.138
24	PC9	8312902.414	8312902.393
25	PC27	8312888.817	8312888.877
26	PC26	8312864.064	8312864.066
27	PC21	8312839.160	8312839.184
28	PC20	8312811.922	8312811.965
29	PC4	8312953.961	8312954.000
30	pc5	8312971.093	8312971.134
31	PC7	8312985.409	8312985.499
32	PC33	8313021.964	8313021.859

Nota: Fuente, elaboración propia.**4.2.1.1.2. Cálculo del error**

Se realizó el cálculo de error en planimetría del levantamiento fotogramétrico con respecto al levantamiento topográfico convencional con la siguiente fórmula:

$$\text{Error planimetrico} = \sqrt{(X_1 - X_2)^2 + (Y_1 - Y_2)^2}$$

Tabla 26.

Error planimétrico

N° de puntos	Descripción	Error planimétrico
1	PC03	0.084
2	PC02	0.096
3	PC01	0.072
4	PC17	0.077
5	PC16	0.026
6	PC15	0.043
7	PC14	0.082
8	PC13	0.158
9	PC32	0.125
10	PC10	0.046
11	PC31	0.115
12	PC29	0.113
13	PC24	0.063
14	PC23	0.097
15	PC18	0.084
16	PC19	0.178
17	PC22	0.088
18	PC25	0.093
19	PC28	0.099
20	PC30	0.089
21	PC8	0.194
22	PC12	0.188
23	PC6	0.091
24	PC9	0.066
25	PC27	0.090
26	PC26	0.226
27	PC21	0.082
28	PC20	0.056
29	PC4	0.217
30	PC5	0.159
31	PC7	0.167
32	PC33	0.151

Nota: Fuente, elaboración propia.

Dichos datos serán ingresados al SPSS para la realización del análisis estadístico.

4.2.1.1.3. Obtención de datos estadísticos

Tabla 27.

Datos estadísticos de planimetría.

Descriptivos		Estadístico	Desv. Error
ERROR planimétrico	Media	.10984	.009157
	90% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	.09432
		Límite superior	.12537
	Media recortada al 5%	.10788	
	Mediana	.09200	
	Varianza	.003	
	Desv. Desviación	.051799	
	Mínimo	.026	
	Máximo	.226	
	Rango	.200	
	Rango intercuartil	.078	
	Asimetría	.736	.414
	Curtosis	-.285	.809

Nota: Fuente, elaboración propia.

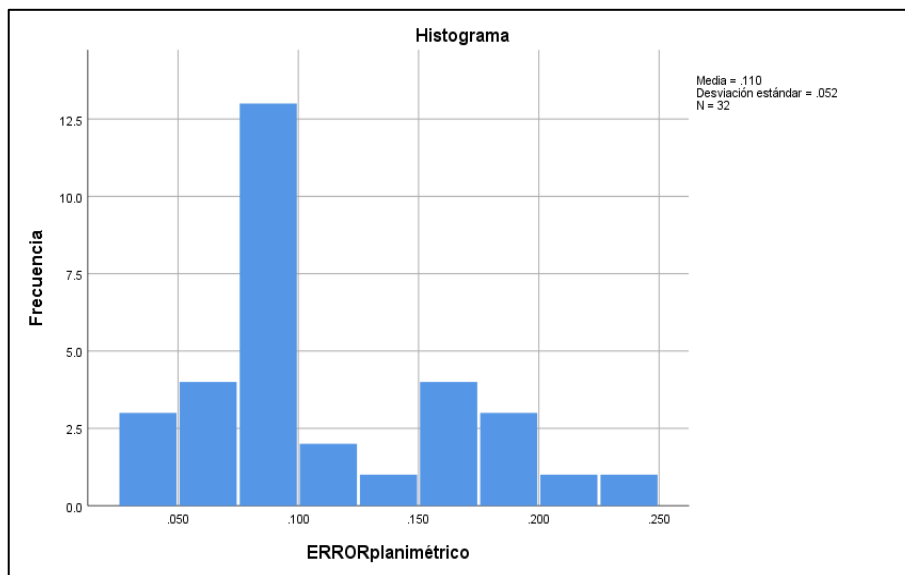


Figura 50. Histograma de error, frecuencia – error planímetro.
Fuente: (SPSS)

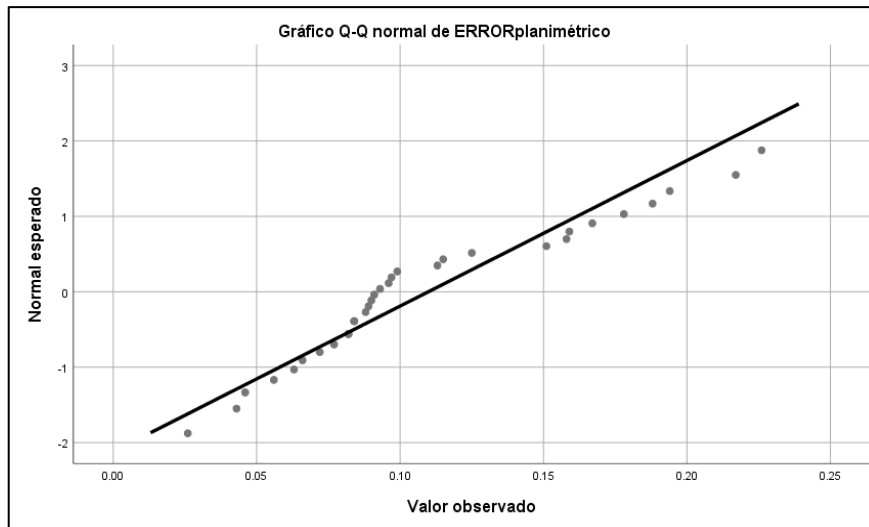


Figura 51. Tendencia de error planimétrico, normal esperado – valor observado.
Fuente: (SPSS)

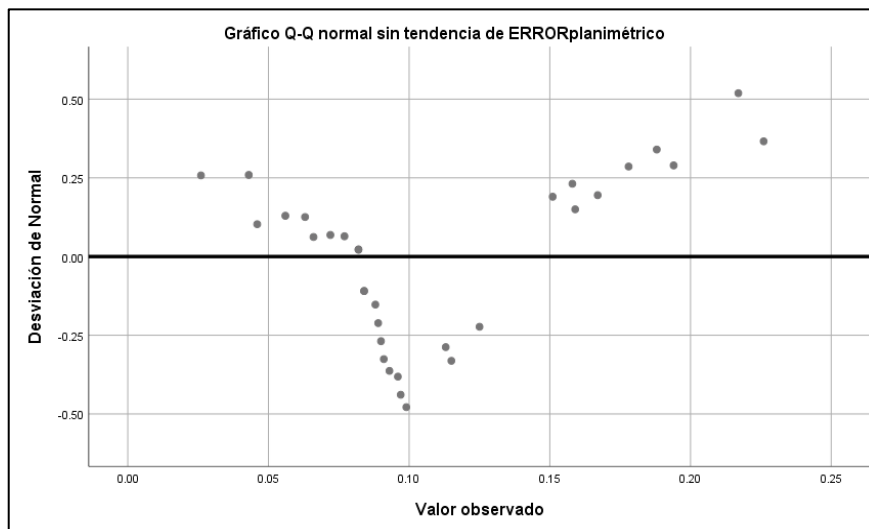


Figura 52. Error planimétrico sin tendencia, desviación normal – valor observado.
Fuente: (SPSS)

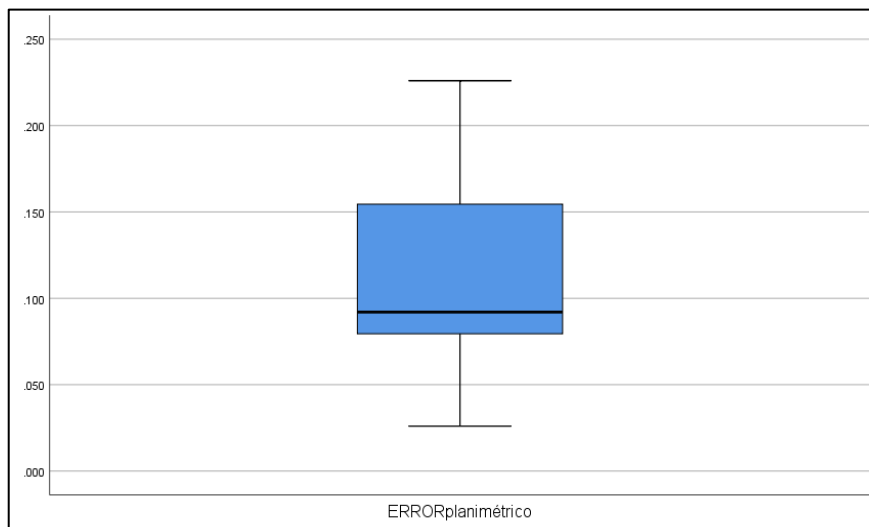


Figura 53. Diagrama de caja, variable error planimétrico – mediana.
Fuente: (SPSS)

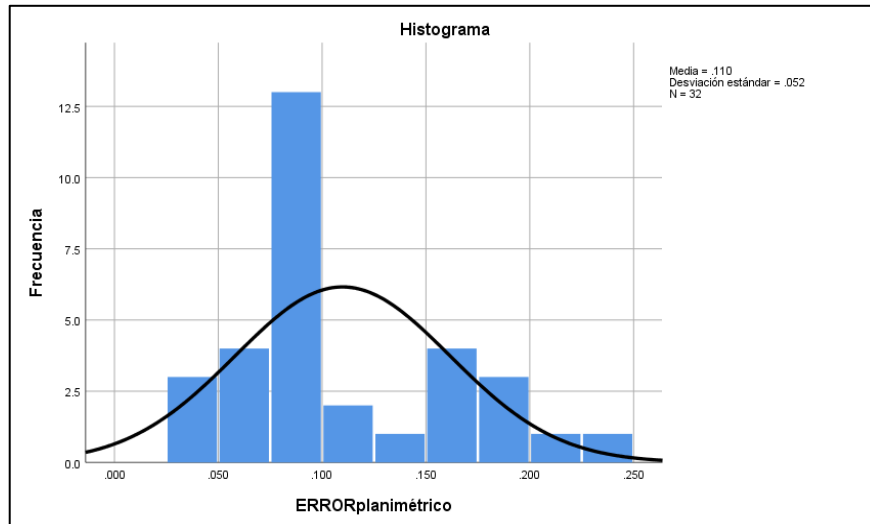


Figura 54. Histograma de error, frecuencia – error planimétrico.
Fuente: (SPSS)

4.2.1.1.4. Definición de la prueba estadística a realizar

Prueba estadística

- Prueba de T de Student para una muestra.

4.2.1.1.5. Planteamiento de la hipótesis

La media de los errores obtenidos a través de la fotogrametría después de la colocación de puntos de control terrestre, respecto al levantamiento topográfico convencional es igual a 0.20m a un nivel de confianza del 90%.

H₀: $\mu = 0.20\text{m}$

La media de los errores obtenidos a través de la fotogrametría después de la colocación de puntos de control terrestre, respecto al levantamiento topográfico convencional es menor a 0.20m a un nivel de significancia del 10%.

H₁: $\mu < 0.20\text{m}$

4.2.1.1.6. Nivel de significancia

Nivel de confianza

- NC = 0.90 ó 90%

Definición de Alfa

- $\alpha = 0.10$ ó 10%

4.2.1.1.7. Desarrollo

Tabla 28.
Estadísticas para una muestra.

Estadísticas para una muestra				
	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
ERROR planimétrico	32	.10984	.051799	.009157

Nota: Fuente, elaboración propia.

Tabla 29.
Prueba T para una muestra.

Valor de prueba = 0.20						
	t	gl	Sig. (Unilateral)	Diferencia de medias	90% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
ERROR planimétrico	-9.846	31	.000	-.090156	-.10568	-.07463

Nota: Fuente, elaboración propia.

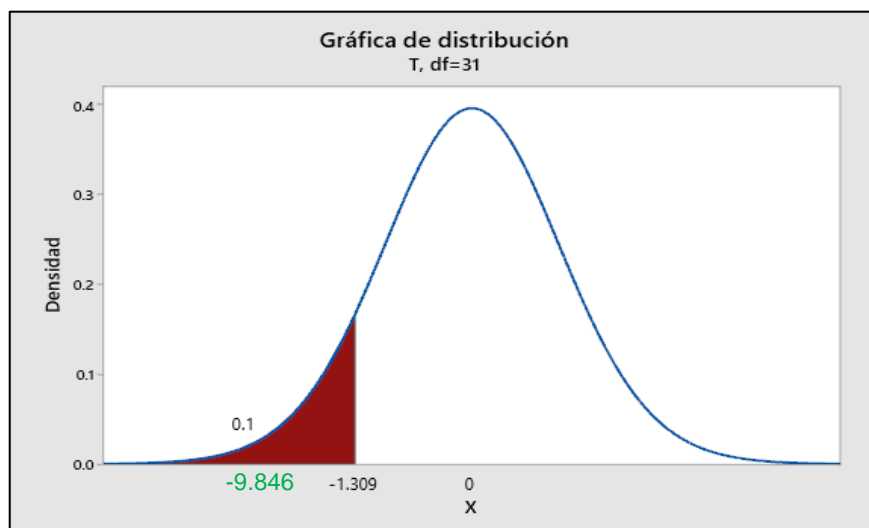


Figura 55. Curva T student, con puntos de control a 625 m.
Fuente: (SPSS)

4.2.1.1.8. Decisión

El valor de significancia es igual a $0.00 < 0.10$ por lo que la media de los errores obtenidos a través de la fotogrametría después de la colocación de puntos de control terrestre con respecto a los datos obtenidos con estación total debidamente georreferenciados con puntos geodésicos enlazados a la red de datos del IGN no es igual a 0.20m, de tal manera se acepta la hipótesis alterna $H_1: U < 0.20m$.

Asimismo, el valor t calculado de -9.846 es menor a -1.309, por lo que se reafirma que la media de los errores obtenidos a través de la fotogrametría después de la colocación de puntos de control terrestre respecto al levantamiento topográfico convencional es menor a 0.20m.

4.2.1.1.9. Conclusión

Según el parámetro de evaluación del ancho de servidumbre de paso de 2m, un error de 0.20m no incide en el diseño de la red de distribución de agua con sistema a presión, siendo la media $0.10984 < 0.20m$, es aceptable realizar el levantamiento fotogramétrico con puntos de control terrestre a 625m.

4.2.1.2. Con puntos de control a 625m en altimetría

4.2.1.2.1. Datos obtenidos

A continuación, se muestra los datos obtenidos a través del levantamiento topográfico convencional y el levantamiento fotogramétrico en Altitud.

Tabla 30.

Datos obtenidos en altitud.

N° de puntos	Descripción	Estación Total Z (Altitud)	Drone Z (Altitud)
1	PC03	3819.272	3818.590
2	PC02	3814.433	3813.660
3	PC01	3813.858	3813.280
4	PC17	3813.911	3813.080

5	PC16	3814.071	3812.750
6	PC15	3814.682	3813.030
7	PC14	3815.095	3813.550
8	PC13	3820.794	3819.640
9	PC32	3825.841	3825.200
10	PC10	3816.448	3815.520
11	PC31	3816.096	3814.370
12	PC29	3815.827	3813.890
13	PC24	3815.182	3813.110
14	PC23	3814.614	3812.830
15	PC18	3814.136	3812.830
16	PC19	3813.934	3812.530
17	PC22	3814.261	3812.430
18	PC25	3815.040	3812.960
19	PC28	3815.844	3813.800
20	PC30	3816.200	3814.380
21	PC8	3815.615	3814.680
22	PC12	3815.771	3814.760
23	PC6	3815.717	3815.030
24	PC9	3816.097	3814.600
25	PC27	3816.131	3814.370
26	PC26	3814.847	3813.010
27	PC21	3813.858	3812.310
28	PC20	3813.990	3812.960
29	PC4	3813.832	3812.850
30	PC5	3814.046	3812.830
31	PC7	3816.735	3815.480
32	PC33	3834.406	3833.580

Nota: Fuente, elaboración propia.

4.2.1.2.2. Cálculos del error

Se realizó el cálculo de error en altimetría del levantamiento fotogramétrico con respecto al levantamiento topográfico convencional.

Tabla 31.

Error altimétrico.

Nº de puntos	Descripción	Error altimétrico
1	PC03	0.682
2	PC02	0.773

3	PC01	0.578
4	PC17	0.831
5	PC16	1.321
6	PC15	1.652
7	PC14	1.545
8	PC13	1.154
9	PC32	0.641
10	PC10	0.928
11	PC31	1.726
12	PC29	1.937
13	PC24	2.072
14	PC23	1.784
15	PC18	1.306
16	PC19	1.404
17	PC22	1.831
18	PC25	2.080
19	PC28	2.044
20	PC30	1.820
21	PC8	0.935
22	PC12	1.011
23	PC6	0.687
24	PC9	1.497
25	PC27	1.761
26	PC26	1.837
27	PC21	1.548
28	PC20	1.030
29	PC4	0.982
30	PC5	1.216
31	PC7	1.255
32	PC33	0.826

Nota: Fuente, elaboración propia.

Dichos datos serán ingresados al SPSS para la realización del análisis estadístico.

4.2.1.2.3. Obtención de datos estadísticos

Tabla 32.

Datos estadísticos de altimetría.

Descriptivos		Estadístico	Desv. Error
ERROR	Media	1.33419	.083316
altimétrico	Límite inferior	1.19292	

90% de intervalo de confianza para la media	Límite superior	1.47545	
Media recortada al 5%		1.33362	
Mediana		1.31350	
Varianza		.222	
Desv. Desviación		.471305	
Mínimo		.578	
Máximo		2.080	
Rango		1.502	
Rango intercuartil		.848	
Asimetría		.016	.414
Curtosis		-1.316	.809

Nota: Fuente, elaboración propia.

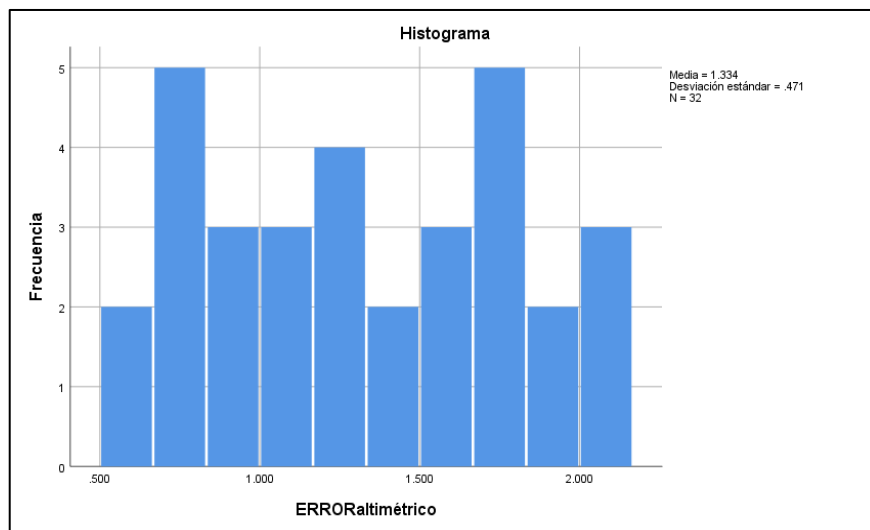


Figura 56. Histograma de error, frecuencia – error altimétrico.
Fuente: (SPSS)

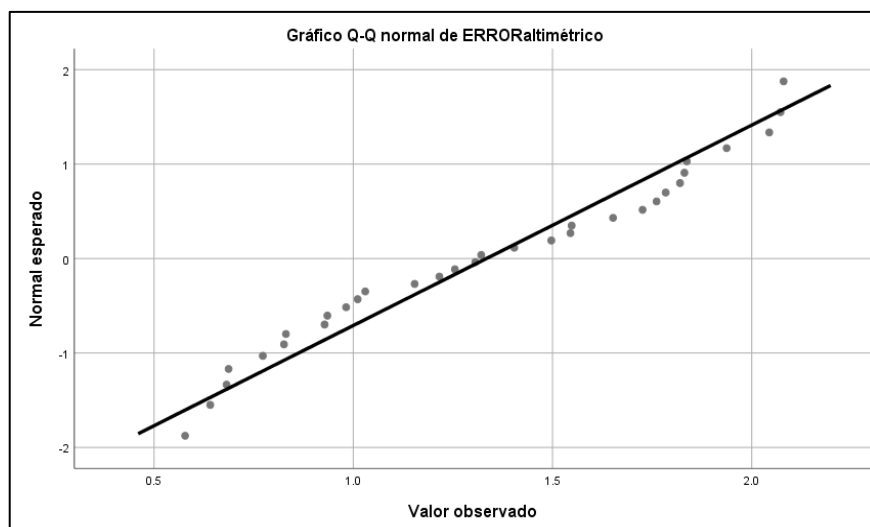


Figura 57. Tendencia de error altimétrico, normal esperado – valor observado.
Fuente: (SPSS)

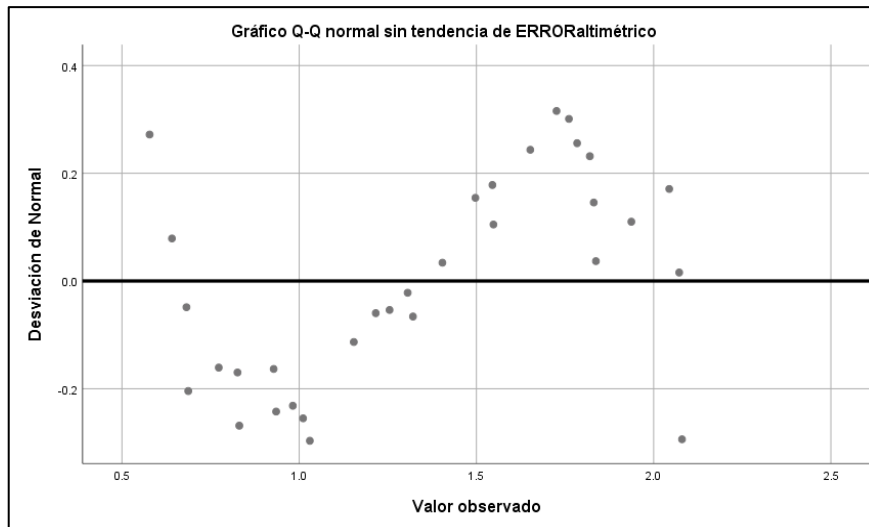


Figura 58. Error altimétrico sin tendencia, desviación normal – valor observado.
Fuente: (SPSS)

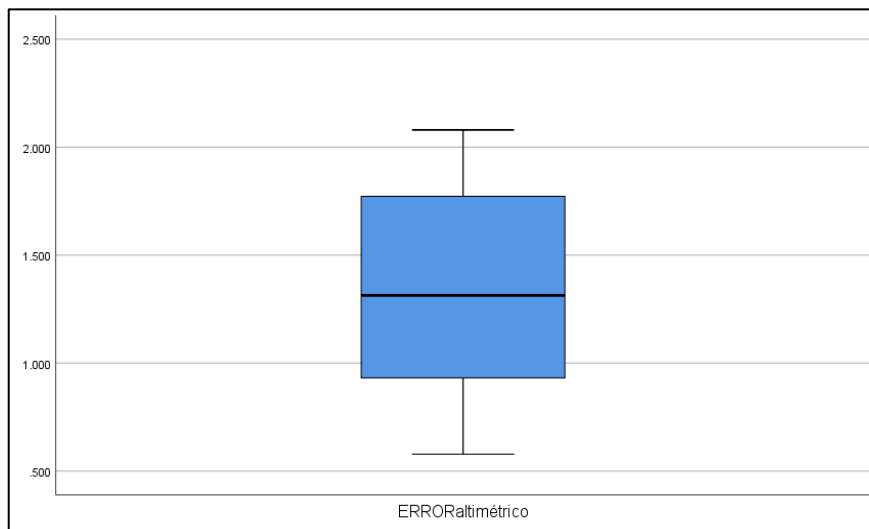


Figura 59. Diagrama de caja, variable error altimétrico – mediana.
Fuente: (SPSS)

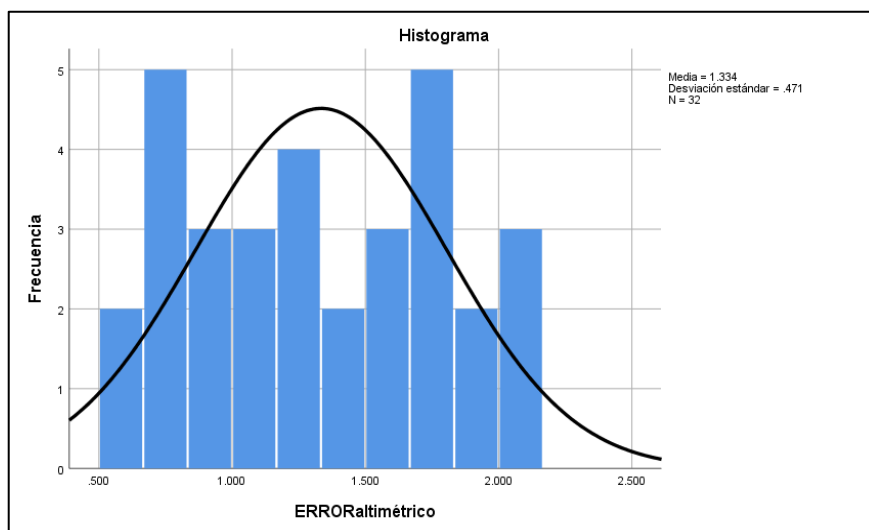


Figura 60. Histograma de error, frecuencia – error altimétrico.
Fuente: (SPSS)

4.2.1.2.4. Definición de la prueba estadística a realizar

Prueba estadística

- Prueba de T de Student para una muestra

4.2.1.2.5. Planteamiento de la hipótesis

Ho: $U=0.50m$ La media de los errores obtenidos a través de la fotogrametría después de la colocación de puntos de control terrestre, respecto al levantamiento topográfico convencional es igual a 0.50m a un nivel de confianza del 90%.

H1: $U<0.50m$ La media de los errores obtenidos a través de la fotogrametría después de la colocación de puntos de control terrestre, respecto al levantamiento topográfico convencional es menor a 0.50m a un nivel de significancia del 10%.

4.2.1.2.6. Planteamiento de la hipótesis

Nivel de confianza

- NC = 0.90 ó 90%

Definición de Alfa

- $\alpha = 0.10$ ó 10%

4.2.1.2.7. Desarrollo

Prueba T de Student para una muestra (Calculo del P. Valor)

Tabla 33.

Estadísticas para una muestra.

Estadísticas para una muestra				
	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
ERROR altimétrico	32	1.33419	.471305	.083316

Nota: Fuente, elaboración propia.

Tabla 34.

Prueba T para una muestra.

Valor de prueba = 0.50						
	t	gl	Sig. (Unilateral)	Diferencia de medias	90% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
ERROR altimétrico	10.012	31	.000	.834188	.69292	.97545

Nota: Fuente, elaboración propia.

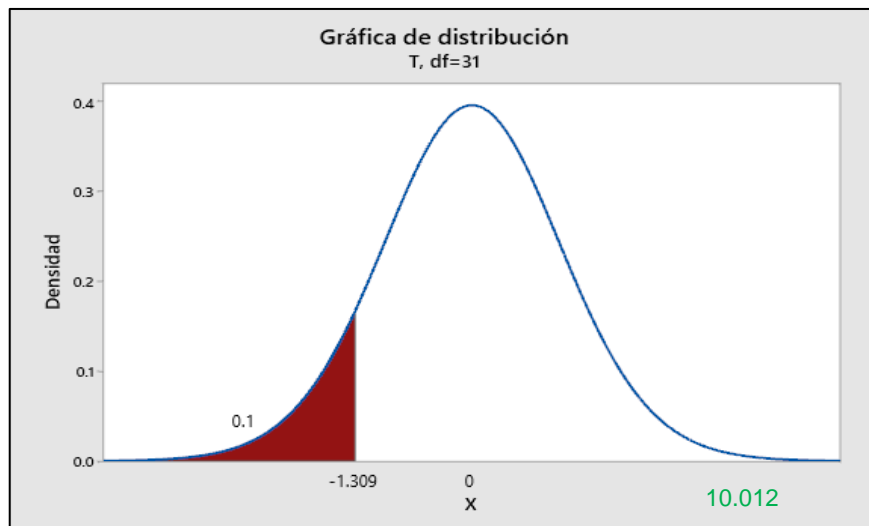


Figura 61. Curva T student, con puntos de control a 625 m.
Fuente: (SPSS)

4.2.1.2.8. Decisión

El valor de significancia unilateral es igual a $0.00 < 0.10$ por lo que la media de los errores obtenidos a través de la fotogrametría después de la colocación de puntos de control terrestre con respecto a los datos obtenidos con estación total debidamente georreferenciados con puntos geodésicos enlazados a la red de datos del IGN no es igual a 0.50m a un 90% de confiabilidad.

Asimismo, el valor t calculado 10.012 es mayor a -1.309, por lo que se reafirma que la media de los errores obtenidos a través de la fotogrametría después de la colocación de puntos de control terrestre, respecto al levantamiento topográfico convencional es mayor a 0.50m.

4.2.1.2.9. Conclusión

Según los criterios de diseño de la red de distribución de agua potable en el ámbito rural establecen presiones mínimas de 5mca, por lo que un error de 0.50m no incide en el diseño de la red de distribución de agua con sistema a presión; sin embargo, siendo la media de $1.33419 > 0.50m$, por lo que no es aceptable realizar el levantamiento fotogramétrico con puntos de control terrestre a 625m.

4.2.1.3. Con puntos de control a 375 m en planimetría

4.2.1.3.1. Datos obtenidos

A continuación, se muestra los datos obtenidos a través del levantamiento topográfico convencional y el levantamiento fotogramétrico en Este.

Tabla 35.

Datos obtenidos en Este.

N° de puntos	Descripción	Estación Total X (Este)	Drone X (Este)
1	PC31	398395.308	398395.347
2	PC29	398493.671	398493.643
3	PC25	398652.689	398652.599
4	PC28	398521.837	398521.835
5	PC30	398424.226	398424.198
6	PC8	398265.371	398265.322
7	PC12	398277.989	398278.004
8	PC6	398305.684	398305.619
9	PC9	398431.624	398431.626
10	PC27	398555.431	398555.395
11	PC26	398668.085	398668.182
12	PC7	398555.688	398555.727
13	PC33	398446.872	398446.911

Nota: Fuente, elaboración propia.

A continuación, se muestra los datos obtenidos a través del levantamiento topográfico convencional y el levantamiento fotogramétrico en Norte.

Tabla 36.
Datos obtenidos en Norte.

Nº de puntos	Descripción	Estación Total Y (Norte)	Drone Y (Norte)
1	PC31	8312646.075	8312646.047
2	PC29	8312646.480	8312646.620
3	PC25	8312740.951	8312740.915
4	PC28	8312760.730	8312760.785
5	PC30	8312781.719	8312781.798
6	PC8	8312799.139	8312798.984
7	PC12	8312821.642	8312821.464
8	PC6	8312945.223	8312945.154
9	PC9	8312902.414	8312902.372
10	PC27	8312888.817	8312888.868
11	PC26	8312864.064	8312864.053
12	PC7	8312985.409	8312985.431
13	PC33	8313021.964	8313021.824

Nota: Fuente, elaboración propia.

4.2.1.3.2. Cálculo de error

Se realizó el cálculo de error en planimetría del levantamiento fotogramétrico con respecto al levantamiento topográfico convencional con la siguiente fórmula:

$$\text{Error planimétrico} = \sqrt{(X_1 - X_2)^2 + (Y_1 - Y_2)^2}$$

Tabla 37.
Error planimétrico.

Nº de puntos	Descripción	Error planimétrico
1	PC31	0.048
2	PC29	0.143
3	PC25	0.097
4	PC28	0.055
5	PC30	0.083
6	PC8	0.163

7	PC12	0.178
8	PC6	0.095
9	PC9	0.042
10	PC27	0.062
11	PC26	0.098
12	PC7	0.045
13	PC33	0.145

Nota: Fuente, elaboración propia.

Dichos datos serán ingresados al SPSS para la realización del análisis estadístico.

4.2.1.3.3. Obtención de datos estadísticos

Tabla 38.

Datos estadísticos de planimetría.

Descriptivos		Estadístico	Desv. Error
ERROR planimétrico	Media	.09646	.013071
	90% de intervalo de		
	confianza para la media	Límite inferior	.07317
		Límite superior	.11976
	Media recortada al 5%		.09496
	Mediana		.09500
	Varianza		.002
	Desv. Desviación		.047129
	Mínimo		.042
	Máximo		.178
	Rango		.136
	Rango intercuartil		.092
	Asimetría		.494
	Curtosis		-1.139
			1.191

Nota: Fuente, elaboración propia.

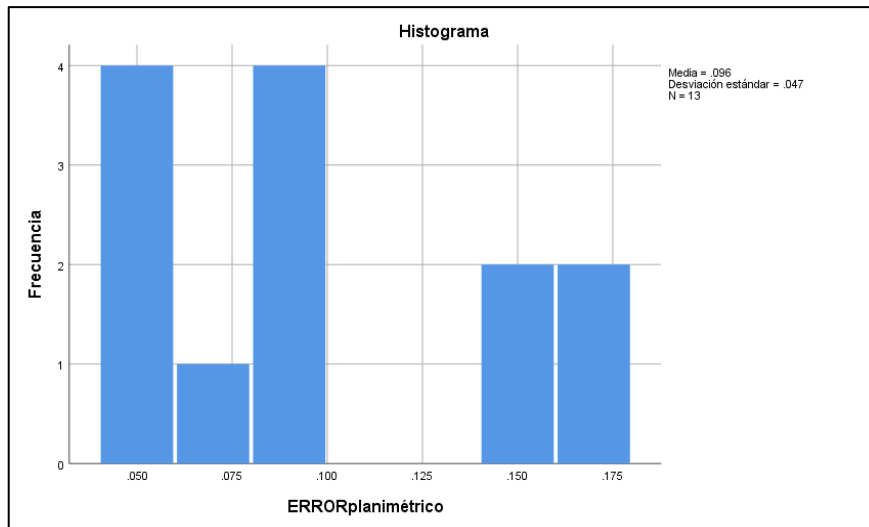


Figura 62. Histograma de error, frecuencia – error planimetro.
Fuente: (SPSS)

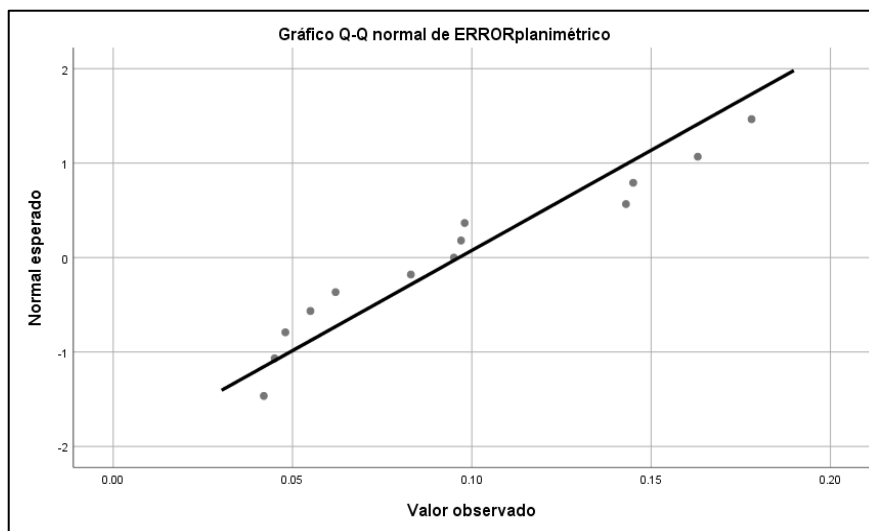


Figura 63. Tendencia de error planimetrico, normal esperado – valor observado.
Fuente: (SPSS)

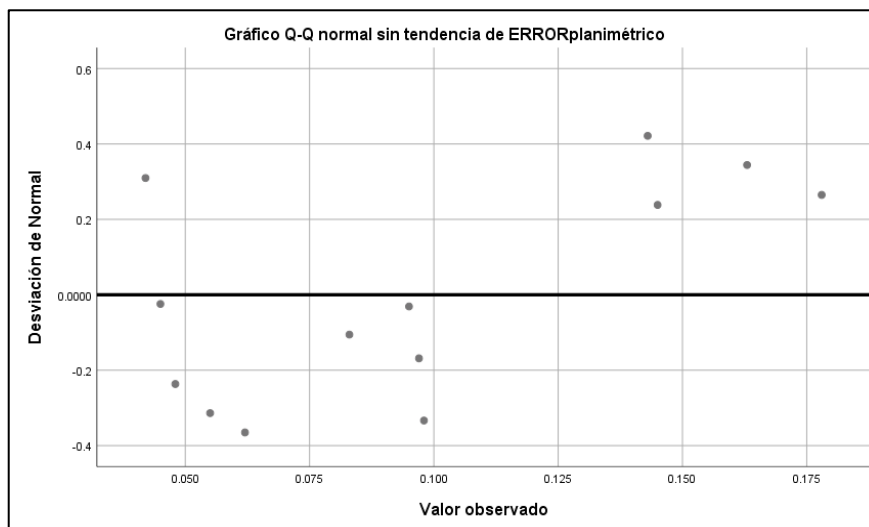


Figura 64. Error planimétrico sin tendencia, desviación normal – valor observado.
Fuente: (SPSS)

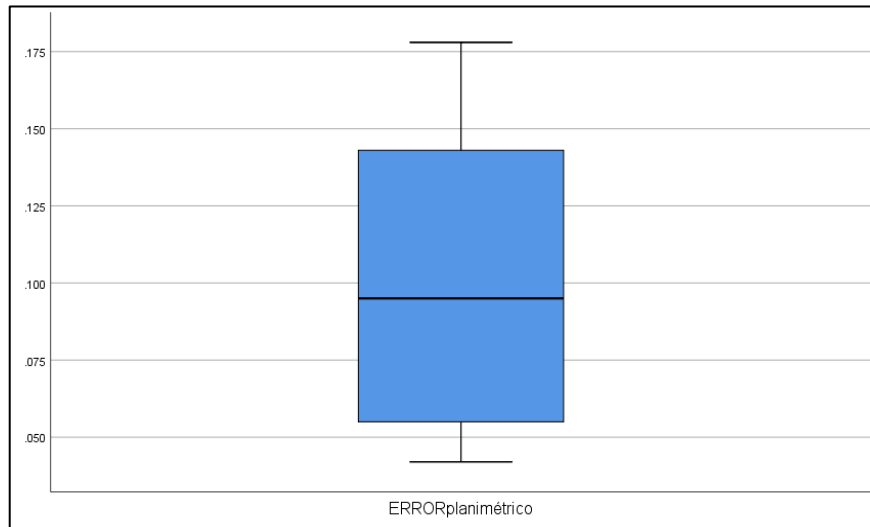


Figura 65. Diagrama de caja, variable error planimetrico – mediana.
Fuente: (SPSS)

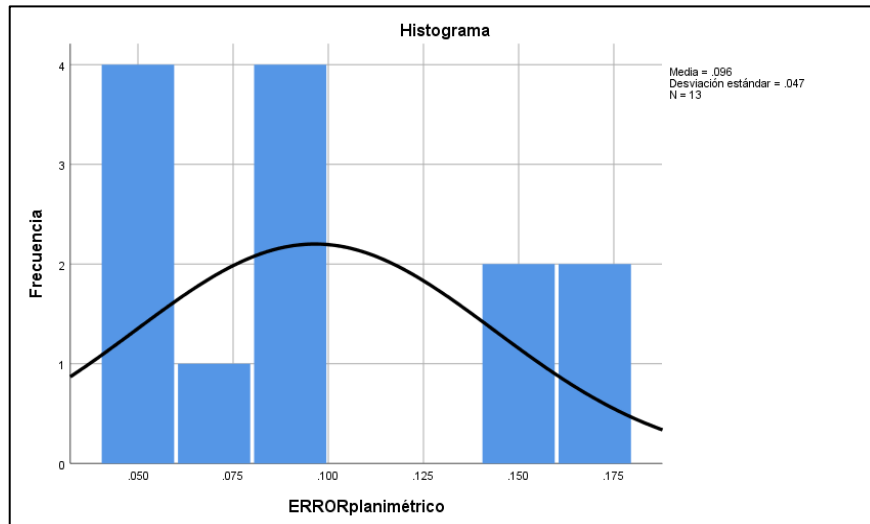


Figura 66. Histograma de error, frecuencia – error planimetrico.
Fuente: (SPSS)

4.2.1.3.4. Definición de la prueba estadística a realizar

Prueba estadística

- Prueba de T de Student para una muestra

4.2.1.3.5. Planteamiento de la hipótesis

La media de los errores obtenidos a través de la fotogrametría después de la colocación de puntos de control terrestre, respecto al levantamiento

H₀: U=0.20m

topográfico convencional es igual a 0.20m a un nivel de confianza del 90%.

H1: $U < 0.20m$
 La media de los errores obtenidos a través de la fotogrametría después de la colocación de puntos de control terrestre, respecto al levantamiento topográfico convencional es menor a 0.20m a un nivel de significancia del 10%.

4.2.1.3.6. Nivel de significancia

Nivel de confianza

- NC = 0.90 ó 90%

Definición de Alfa

- $\alpha = 0.10$ ó 10%

4.2.1.3.7. Desarrollo

Prueba T de student para una muestra (Calculo del P. Valor)

Tabla 39.
Estadísticas para una muestra.

Estadísticas para una muestra				
	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
ERROR planimétrico	13	.09646	.047129	.013071

Nota: Fuente, elaboración propia.

Tabla 40.
Prueba T para una muestra.

Valor de prueba = 0.20						
t	gl	Sig. (Unilateral)	Diferencia de medias	90% de intervalo de confianza de la diferencia		
				Inferior	Superior	
ERROR planimétrico	- 7.921	.000	-.103538	-.12683	-.08024	

Nota: Fuente, elaboración propia.

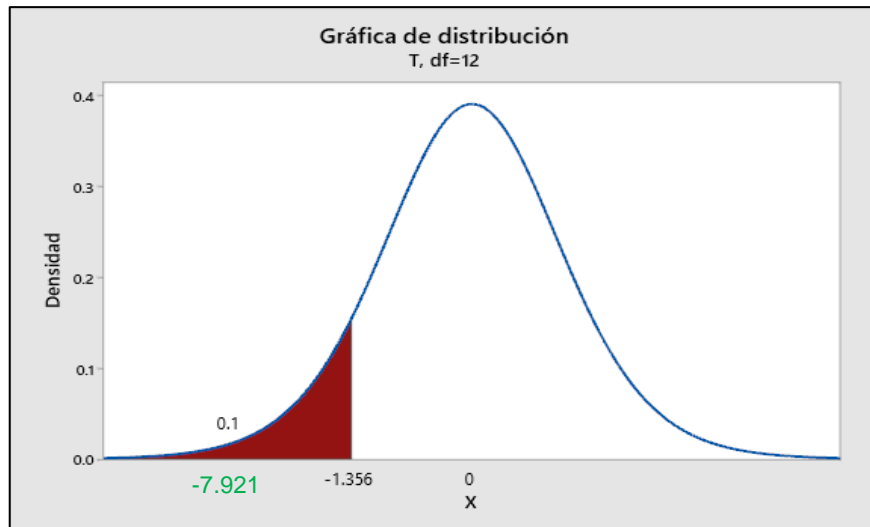


Figura 67. Curva T student, con puntos de control a 375 m.
Fuente: (SPSS)

4.2.1.3.8. Decisión

El valor de significancia unilateral es igual a $0.00 < 0.10$ por lo que la media de los errores obtenidos a través de la fotogrametría después de la colocación de puntos de control terrestre con respecto a los datos obtenidos con estación total debidamente georreferenciados con puntos geodésicos enlazados a la red de datos del IGN no es igual a 0.20m, de tal manera se acepta la hipótesis alterna $H_1: U < 0.20m$.

Asimismo, el valor t calculado de -7.921 es menor a -1.356, por lo que se reafirma que la media de los errores obtenidos a través de la fotogrametría después de la colocación de puntos de control terrestre, respecto al levantamiento topográfico convencional es menor a 0.20m.

4.2.1.3.9. Conclusión

Según el parámetro de evaluación del ancho de servidumbre de paso de 2m, un error de 0.20m no incide en el diseño de la red de distribución de agua con sistema a presión en el ámbito rural, siendo la media $0.09646 < 0.20m$, es aceptable realizar el levantamiento fotogramétrico con puntos de control terrestre a 375m.

4.2.1.4. Con puntos de control a 375 m en altimetría

4.2.1.4.1. Datos obtenidos

A continuación, se muestra los datos obtenidos a través del levantamiento topográfico convencional y el levantamiento fotogramétrico en Altitud.

Tabla 41.

Datos obtenidos en altitud.

N° de puntos	Descripción	Estación Total	Drone
		Z (Altitud)	Z (Altitud)
1	PC31	3816.096	3815.710
2	PC29	3815.827	3815.430
3	PC25	3815.040	3814.580
4	PC28	3815.844	3814.950
5	PC30	3816.200	3815.200
6	PC8	3815.615	3815.270
7	PC12	3815.771	3815.250
8	PC6	3815.717	3815.200
9	PC9	3816.097	3815.090
10	PC27	3816.131	3815.200
11	PC26	3814.847	3814.310
12	PC7	3816.735	3816.140
13	PC33	3834.406	3834.280

Nota: Fuente, elaboración propia.

4.2.1.4.2. Cálculo de error

Se realizó el cálculo de error en altimetría del levantamiento fotogramétrico con respecto al levantamiento topográfico convencional.

Tabla 42.

Error altimétrico.

N° de puntos	Descripción	Error altimétrico
1	PC31	0.386
2	PC29	0.397
3	PC25	0.460
4	PC28	0.894

5	PC30	1.000
6	PC8	0.345
7	PC12	0.521
8	PC6	0.517
9	PC9	1.007
10	PC27	0.931
11	PC26	0.537
12	PC7	0.595
13	PC33	0.126

Nota: Fuente, elaboración propia.

Dichos datos serán ingresados al SPSS para la realización del análisis estadístico.

4.2.1.4.3. Obtención de datos estadísticos

Tabla 43.

Datos estadísticos de altimetría.

Descriptivos		Estadístico	Desv. Error	
ERROR	Media	.59354	.077399	
altimétrico	90% de intervalo de	Límite inferior	.45559	
	confianza para la media	Límite superior	.73149	
	Media recortada al 5%		.59654	
	Mediana		.52100	
	Varianza		.078	
	Desv. Desviación		.279066	
	Mínimo		.126	
	Máximo		1.007	
	Rango		.881	
	Rango intercuartil		.521	
	Asimetría		.299	.616
	Curtosis		-.904	1.191

Nota: Fuente, elaboración propia.

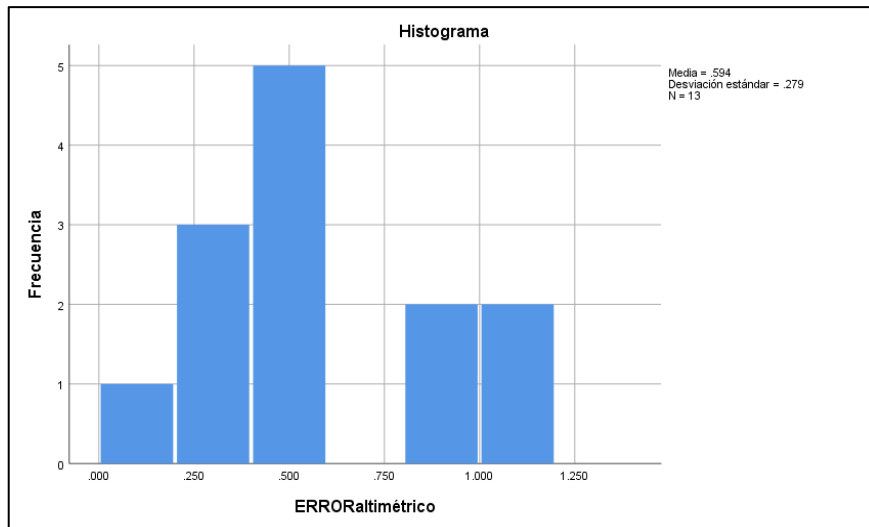


Figura 68. Histograma de error, frecuencia – error altimétrico.
Fuente: (SPSS)

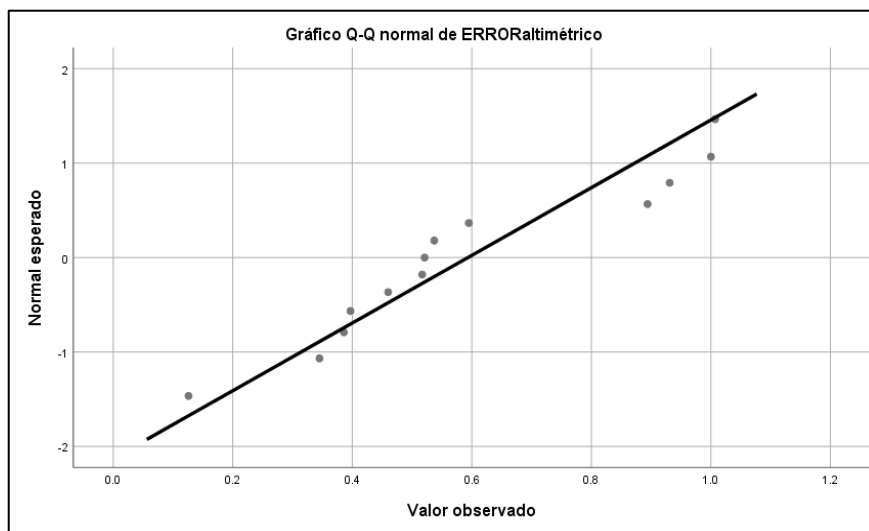


Figura 69. Tendencia de error altimétrico, normal esperado – valor observado.
Fuente: (SPSS)

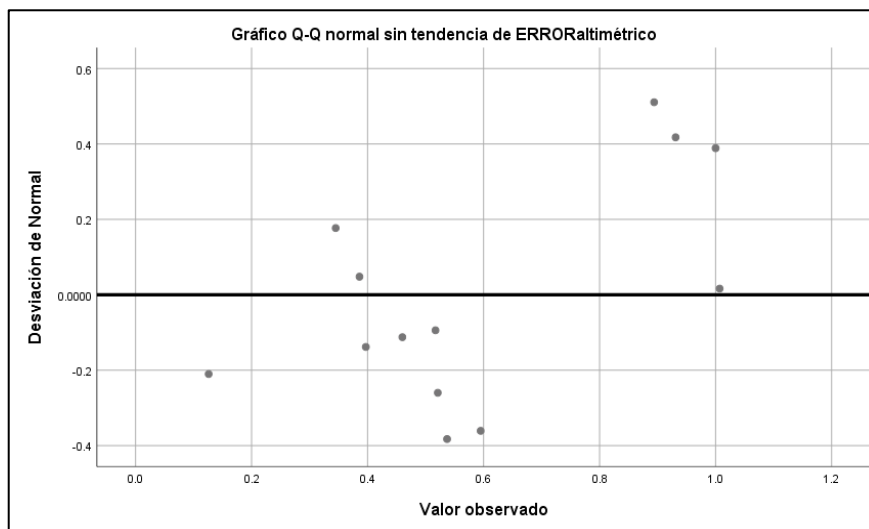


Figura 70. Error altimétrico sin tendencia, desviación normal – valor observado.
Fuente: (SPSS)

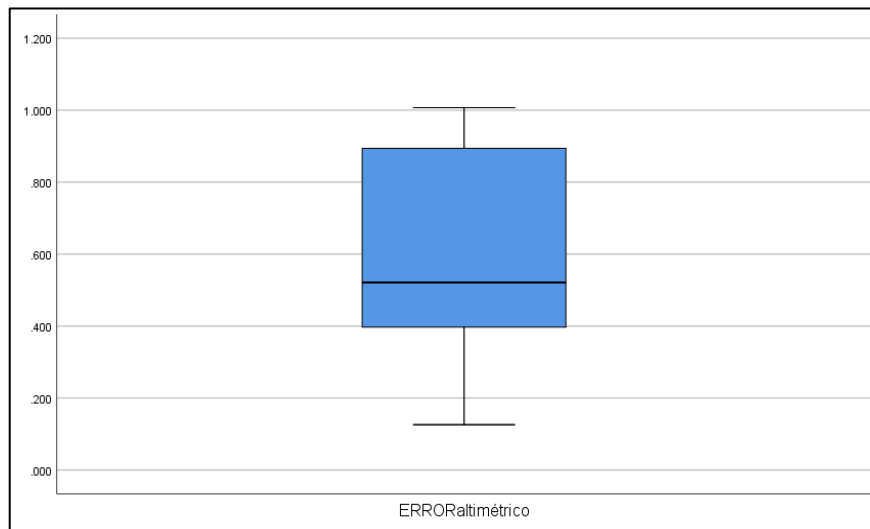


Figura 71. Diagrama de caja, variable error altimétrico – mediana.
Fuente: (SPSS)

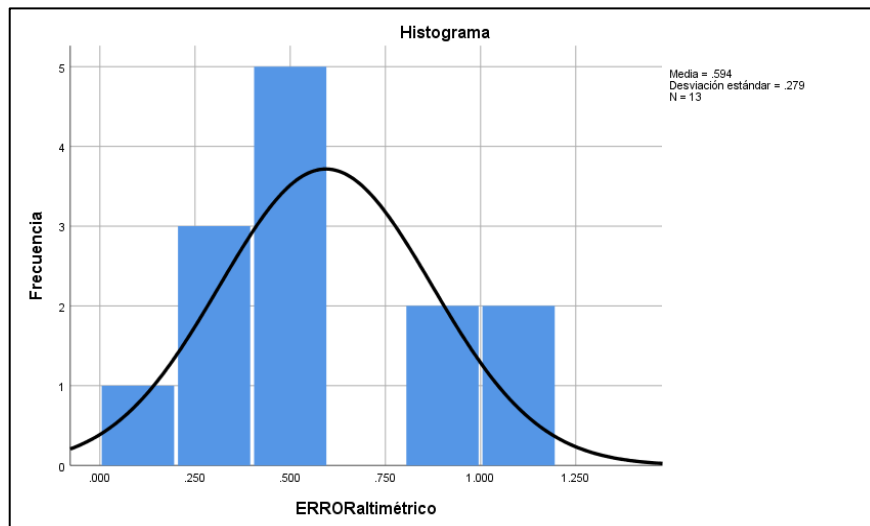


Figura 72. Histograma de error, frecuencia – error altimétrico.
Fuente: (SPSS)

4.2.1.4.4. Definición de la prueba estadística a realizar

Prueba estadística

- Prueba de T de Student para una muestra.

4.2.1.4.5. Planteamiento de la hipótesis

H₀: U=0.50m La media de los errores obtenidos a través de la fotogrametría después de la colocación de puntos de control terrestre, respecto al levantamiento topográfico convencional es igual a 0.50m a un nivel de confianza del 90%.

H₁: U<0.50m La media de los errores obtenidos a través de la fotogrametría después de la colocación de puntos de control terrestre, respecto al levantamiento topográfico convencional es menor a 0.50m a un nivel de significancia del 10%.

4.2.1.4.6. Nivel de significancia

Nivel de confianza

- NC = 0.90 ó 90%

Definición de Alfa

- $\alpha = 0.10$ ó 10%

4.2.1.4.7. Desarrollo

Prueba T de Student para una muestra (Calculo del P. Valor)

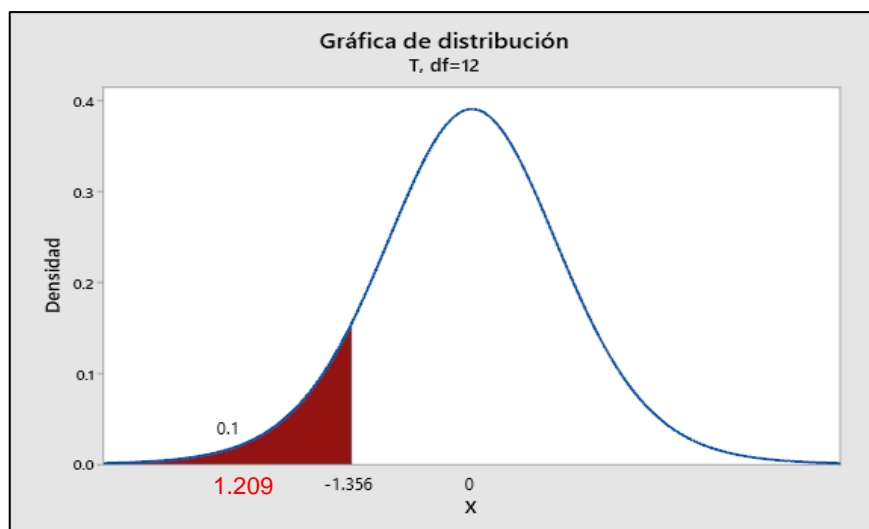
Tabla 44.
Estadísticas para una muestra.

Estadísticas para una muestra				
	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
ERROR altimétrico	13	.59354	.279066	.077399

Nota: Fuente, elaboración propia.

Tabla 45.*Prueba T para una muestra.*

Valor de prueba = 0.50						
	t	gl	Sig. (Unilateral)	Diferencia de medias	90% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
ERROR altimétrico	1.209	12	.250	.093538	-.04441	.23149

Nota: Fuente, elaboración propia.**Figura 73.** Curva T student, con puntos de control a 375 m.
Fuente: (SPSS)**4.2.1.4.8. Decisión**

El valor de significancia unilateral es igual a $0.250 > 0.10$ por lo que la media de los errores obtenidos a través de la fotogrametría después de la colocación de puntos de control terrestre con respecto a los datos obtenidos con estación total debidamente georreferenciados con puntos geodésicos enlazados a la red de datos del IGN es igual a 0.50m, de tal manera se acepta la hipótesis alterna nula $H_0: U=0.50m$ a un nivel de confianza del 90%.

Asimismo, el valor t calculado 1.209 es mayor a -1.337, por lo que se encuentra en la zona de aceptación y se reafirma que la media de los errores obtenidos a través de la fotogrametría después de la colocación de puntos de control terrestre, respecto al levantamiento topográfico convencional es igual a 0.50m a un 90% de confiabilidad.

4.2.1.4.9. Conclusión

Según los criterios de diseño de la red de distribución de agua potable en el ámbito rural establecen presiones mínimas de 5mca por lo que un error de 0.50m no incide en el diseño de la red de distribución de agua con sistema a presión; sin embargo, siendo la media de 0.59354 > a 0.50m, no es aceptable realizar el levantamiento fotogramétrico con puntos de control terrestre a 375m.

4.2.1.5. Con puntos de control a 250 m en planimetría

4.2.1.5.1. Datos obtenidos

A continuación, se muestra los datos obtenidos a través del levantamiento topográfico convencional y el levantamiento fotogramétrico en Este.

Tabla 46.

Datos obtenidos en Este.

N° de puntos	Descripción	Estación Total X (Este)	Drone X (Este)
1	PC15	398593.250	398593.203
2	PC13	398339.199	398339.266
3	PC10	398249.596	398249.575
4	PC31	398395.308	398395.364
5	PC29	398493.671	398493.647
6	PC24	398624.490	398624.465
7	PC23	398759.031	398758.998
8	PC25	398652.689	398652.597
9	PC30	398424.226	398424.225
10	PC8	398265.371	398265.327
11	PC6	398305.684	398305.648
12	PC9	398431.624	398431.630
13	PC27	398555.431	398555.399
14	PC26	398668.085	398668.195
15	PC21	398805.018	398804.947
16	PC5	398701.677	398701.674

Nota: Fuente, elaboración propia.

A continuación, se muestra los datos obtenidos a través del levantamiento topográfico convencional y el levantamiento fotogramétrico en Norte.

Tabla 47.

Datos obtenidos en Norte.

Nº de puntos	Descripción	Estación Total Y (Norte)	Drone Y (Norte)
1	PC15	8312497.499	8312497.524
2	PC13	8312541.572	8312541.634
3	PC10	8312701.770	8312701.812
4	PC31	8312646.075	8312646.081
5	PC29	8312646.480	8312646.605
6	PC24	8312616.334	8312616.325
7	PC23	8312620.977	8312621.059
8	PC25	8312740.951	8312740.876
9	PC30	8312781.719	8312781.851
10	PC8	8312799.139	8312799.072
11	PC6	8312945.223	8312945.196
12	PC9	8312902.414	8312902.414
13	PC27	8312888.817	8312888.857
14	PC26	8312864.064	8312864.052
15	PC21	8312839.160	8312839.207
16	PC5	8312971.093	8312971.085

Nota: Fuente, elaboración propia.

4.2.1.5.2. Cálculo de error

Se realizó el cálculo de error en planimetría del levantamiento fotogramétrico con respecto al levantamiento topográfico convencional con la siguiente fórmula:

$$\text{Error planimétrico} = \sqrt{(X_1 - X_2)^2 + (Y_1 - Y_2)^2}$$

Tabla 48.

Error planimétrico.

Nº de puntos	Descripción	Error planimétrico
1	PC15	0.053
2	PC13	0.091
3	PC10	0.047
4	PC31	0.056
5	PC29	0.128

6	PC24	0.027
7	PC23	0.088
8	PC25	0.119
9	PC30	0.133
10	PC8	0.080
11	PC6	0.045
12	PC9	0.007
13	PC27	0.051
14	PC26	0.111
15	PC21	0.085
16	PC5	0.008

Nota: Fuente, elaboración propia.

Dichos datos serán ingresados al SPSS para la realización del análisis estadístico.

4.2.1.5.3. Obtención de datos estadísticos

Tabla 49.

Datos estadísticos de planimetría.

Descriptivos			Estadístico	Desv. Error
ERROR	Media		.07056	.010034
planimétrico	90% de intervalo de	Límite inferior	.05297	
	confianza para la media	Límite superior	.08815	
	Media recortada al 5%		.07063	
	Mediana		.06800	
	Varianza		.002	
	Desv. Desviación		.040135	
	Mínimo		.007	
	Máximo		.133	
	Rango		.126	
	Rango intercuartil		.061	
	Asimetría		.000	.564
	Curtosis		-.988	1.091

Nota: Fuente, elaboración propia.

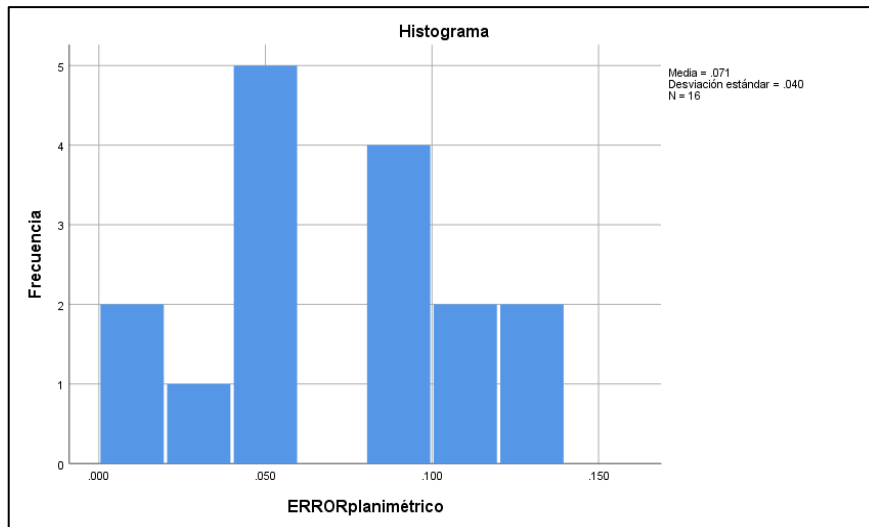


Figura 74. Histograma de error, frecuencia – error planímetro.
Fuente: (SPSS)

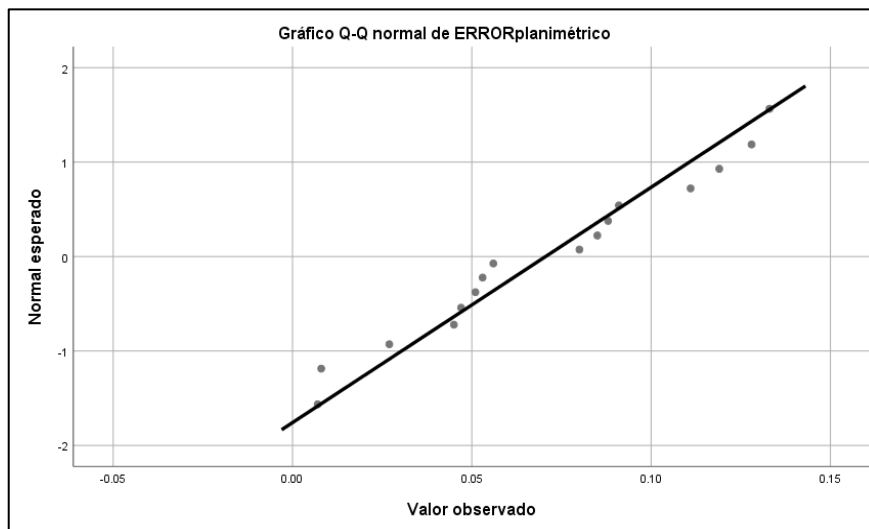


Figura 75. Tendencia de error planimetrico, normal esperado – valor observado.
Fuente: (SPSS)

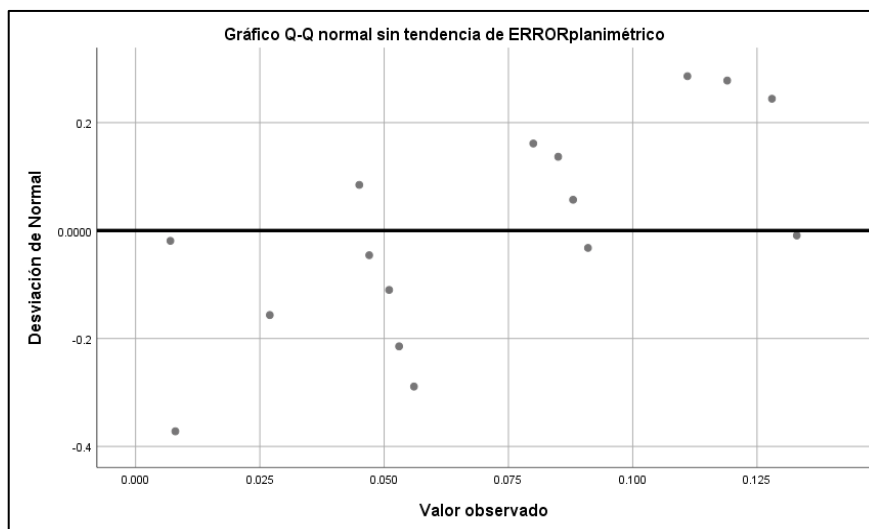


Figura 76. Error planimétrico sin tendencia, desviación normal – valor observado.
Fuente: (SPSS)

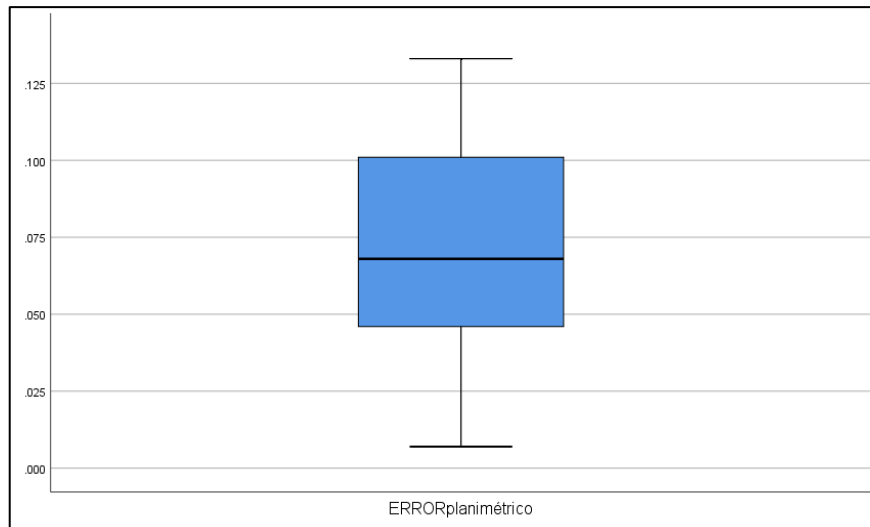


Figura 77. Diagrama de caja, variable error planimetrico – mediana.
Fuente: (SPSS)

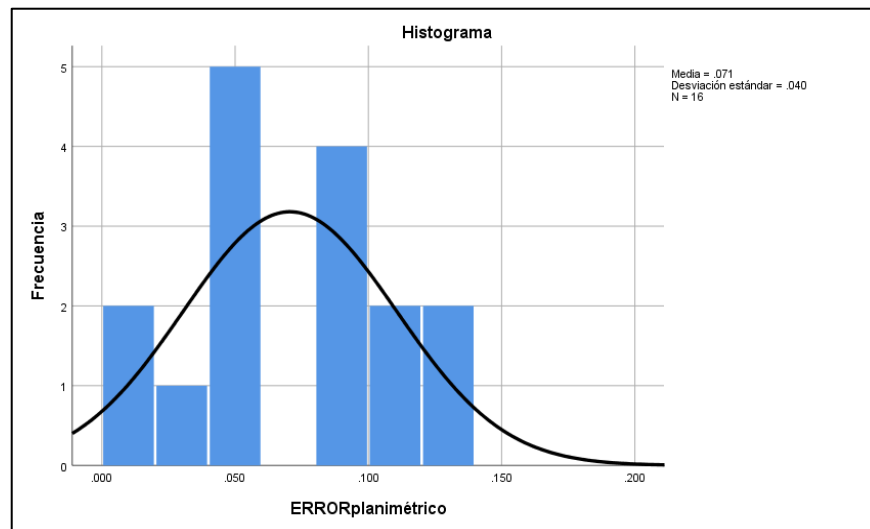


Figura 78. Histograma de error, frecuencia – error planimetrico.
Fuente: (SPSS)

4.2.1.5.4. Definición de la prueba estadística a realizar

Prueba estadística

- Prueba de T de Student para una muestra

4.2.1.5.5. Planteamiento de hipótesis

La media de los errores obtenidos a través de la fotogrametría después
 Ho: $U=0.20m$ de la colocación de puntos de control terrestre, respecto al levantamiento

topográfico convencional es igual a 0.20m a un nivel de confianza del 90%.

H1: $U < 0.20m$
 La media de los errores obtenidos a través de la fotogrametría después de la colocación de puntos de control terrestre, respecto al levantamiento topográfico convencional es menor a 0.20m a un nivel de significancia del 10%.

4.2.1.5.6. Nivel de significancia

Nivel de confianza

- NC = 0.90 ó 90%

Definición de Alfa

- $\alpha = 0.10$ ó 10%

4.2.1.5.7. Desarrollo

Prueba T de student para una muestra (Calculo del P. Valor)

Tabla 50.
Estadísticas para una muestra.

Estadísticas para una muestra				
	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
ERROR planimétrico	16	.07056	.040135	.010034

Nota: Fuente, elaboración propia.

Tabla 51.
Prueba T para una muestra.

Valor de prueba = 0.2						
	t	gl	Sig. (Unilateral)	Diferencia de medias	90% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
ERROR planimétrico	-12.900	15	.000	-.129438	-.14703	-.11185

Nota: Fuente, elaboración propia.

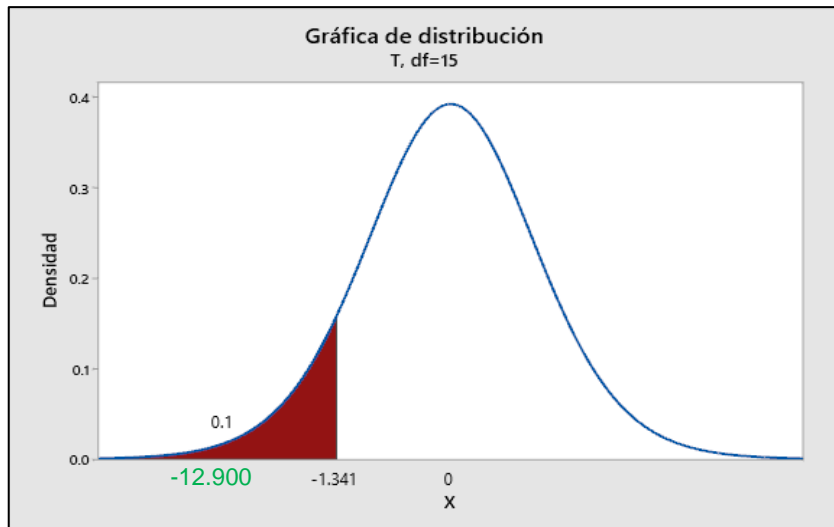


Figura 79. Curva T student, con puntos de control a 250 m.
Fuente: (SPSS)

4.2.1.5.8. Datos obtenidos

El valor de significancia unilateral es igual a $0.00 < 0.10$ por lo que la media de los errores obtenidos a través de la fotogrametría después de la colocación de puntos de control terrestre con respecto a los datos obtenidos con estación total debidamente georreferenciados con puntos geodésicos enlazados a la red de datos del IGN no es igual a 0.20m, de tal manera se acepta la hipótesis alterna $H_1: U < 0.20m$.

Asimismo, el valor t calculado -12.900 es menor a -1.341, por lo que se reafirma que la media de los errores obtenidos a través de la fotogrametría después de la colocación de puntos de control terrestre, respecto al levantamiento topográfico convencional es menor a 0.20m.

4.2.1.5.9. Conclusión

Según el parámetro de evaluación del ancho de servidumbre de paso de 2m, un error de 0.20m no incide en el diseño de la red de distribución de agua con sistema a presión en el ámbito rural, siendo la media $0.07056 < 0.20m$, es aceptable realizar el levantamiento fotogramétrico con puntos de control terrestre a 250m.

4.2.1.6. Con puntos de control a 250 m en altimetría

4.2.1.6.1. Datos obtenidos

A continuación, se muestra los datos obtenidos a través del levantamiento topográfico convencional y el levantamiento fotogramétrico en Altitud.

Tabla 52.

Datos obtenidos en altitud.

N° de puntos	Descripción	Estación Total	Drone
		Z (Altitud)	Z (Altitud)
1	PC15	3814.6817	3814.689941
2	PC13	3820.7937	3820.919922
3	PC10	3816.4477	3816.600098
4	PC31	3816.0957	3816.110107
5	PC29	3815.8267	3815.919922
6	PC24	3815.1817	3815.179932
7	PC23	3814.6137	3814.620117
8	PC25	3815.0397	3815.070068
9	PC30	3816.1997	3816.189941
10	PC8	3815.6147	3815.709961
11	PC6	3815.7167	3815.709961
12	PC9	3816.0967	3816.100098
13	PC27	3816.1307	3816.149902
14	PC26	3814.8467	3814.860107
15	PC21	3813.8577	3813.850098
16	PC5	3814.0457	3814.110107

Nota: Fuente, elaboración propia.

4.2.1.6.2. Cálculo de error

Se realizó el cálculo de error en altimetría del levantamiento fotogramétrico con respecto al levantamiento topográfico convencional.

Tabla 53.

Error en altimetría.

N° de puntos	Descripción	Error altimétrico
1	PC15	-0.008
2	PC13	-0.126

3	PC10	-0.152
4	PC31	-0.014
5	PC29	-0.093
6	PC24	0.002
7	PC23	-0.006
8	PC25	-0.030
9	PC30	0.010
10	PC8	-0.095
11	PC6	0.007
12	PC9	-0.003
13	PC27	-0.019
14	PC26	-0.013
15	PC21	0.008
16	PC5	-0.064

Nota: Fuente, elaboración propia.

Dichos datos serán ingresados al SPSS para la realización del análisis estadístico.

4.2.1.6.3. Obtención de datos estadísticos.

Tabla 54.

Datos estadísticos de altimetría.

Descriptivos		Estadístico	Desv. Error	
ERROR	Media	-0.03725	.012991	
altimétrico	90% de intervalo de	Límite inferior	-0.06002	
	confianza para la media	Límite superior	-0.01448	
	Media recortada al 5%		-0.03350	
	Mediana		-0.01350	
	Varianza		.003	
	Desv. Desviación		.051962	
	Mínimo		-.152	
	Máximo		.010	
	Rango		.162	
	Rango intercuartil		.087	
	Asimetría		-1.152	.564
	Curtosis		.062	1.091

Nota: Fuente, elaboración propia.

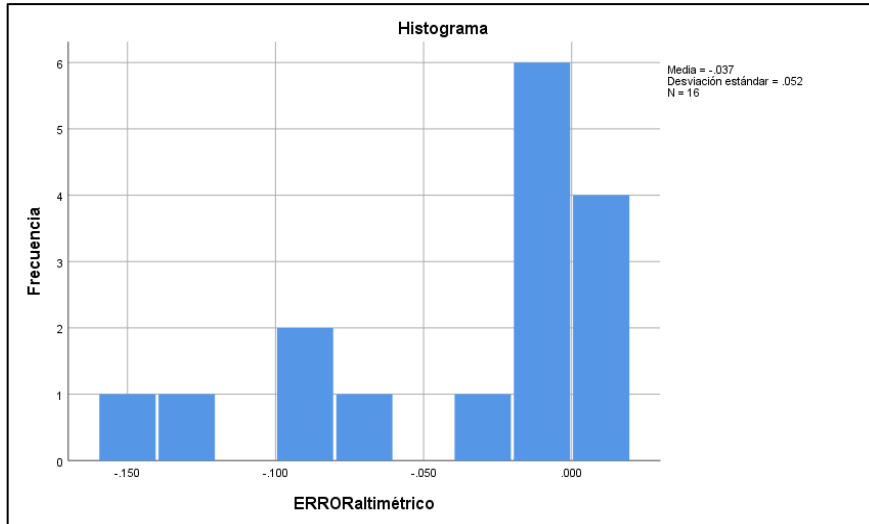


Figura 80. Histograma de error, frecuencia – error altimétrico.
Fuente: (SPSS)

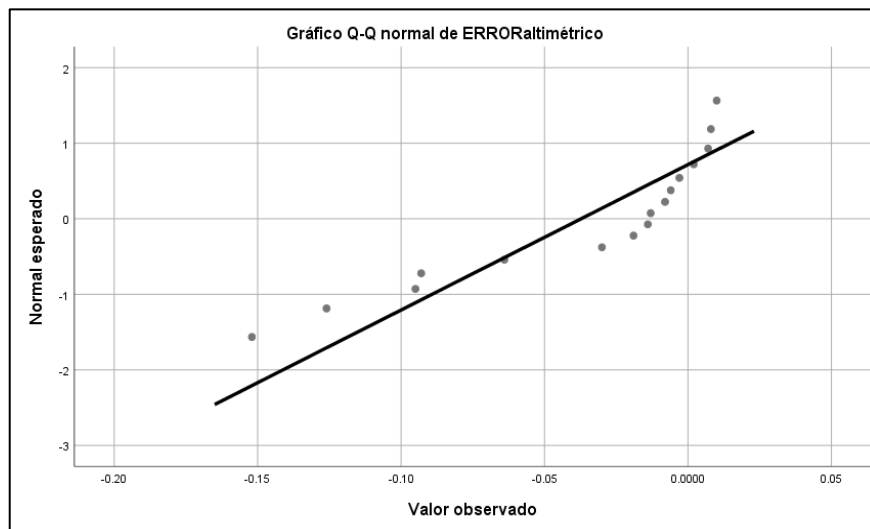


Figura 81. Tendencia de error altimétrico, normal esperado – valor observado.
Fuente: (SPSS)

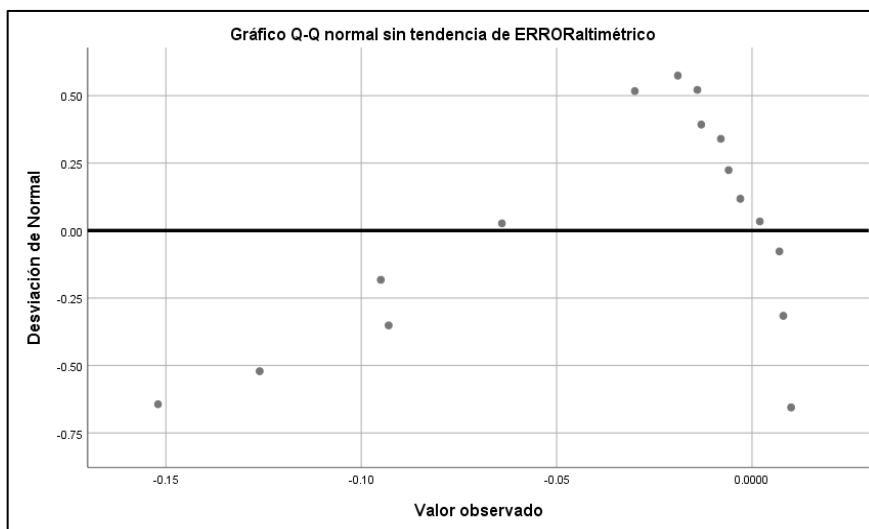


Figura 82. Error altimétrico sin tendencia, desviación normal – valor observado.
Fuente: (SPSS)

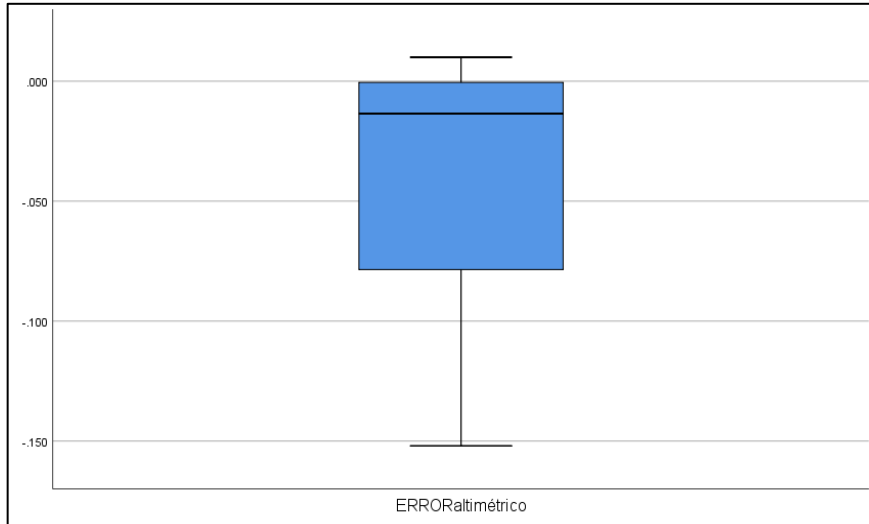


Figura 83. Diagrama de caja, variable error altimétrico – mediana.
Fuente: (SPSS)

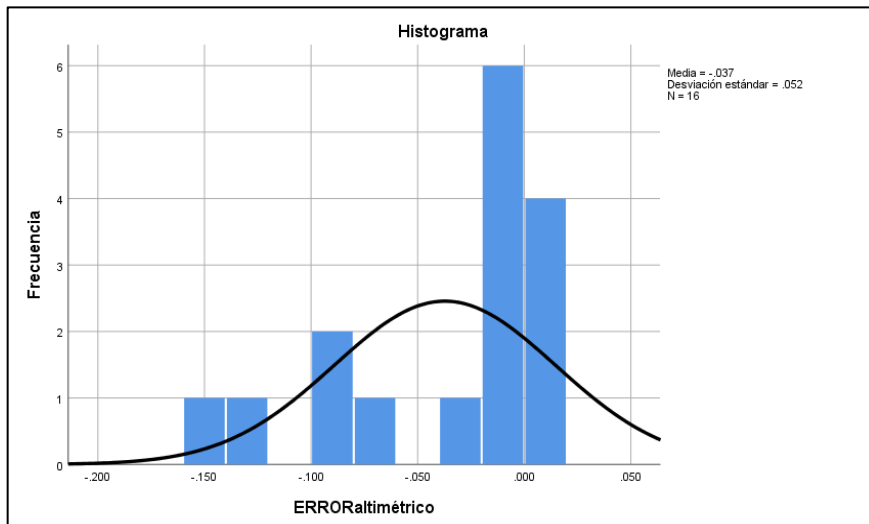


Figura 84. Histograma de error, frecuencia – error altimétrico.
Fuente: (SPSS)

4.2.1.6.4. Definición de la prueba estadística a realizar

Prueba estadística

- Prueba de T de Student para una muestra.

4.2.1.6.5. Planteamiento de la hipótesis

H₀: U=0.50m La media de los errores obtenidos a través de la fotogrametría después de la colocación de puntos de control terrestre, respecto al levantamiento topográfico convencional es igual a 0.50m a un nivel de confianza del 90%.

H₁: U<0.50m La media de los errores obtenidos a través de la fotogrametría después de la colocación de puntos de control terrestre, respecto al levantamiento topográfico convencional es menor a 0.50m a un nivel de significancia del 10%.

4.2.1.6.6. Nivel de significancia

Nivel de confianza

- NC = 0.90 ó 90%

Definición de Alfa

- $\alpha = 0.10$ ó 10%

4.2.1.6.7. Desarrollo

Prueba T de Student para una muestra (Calculo del P. Valor)

Tabla 55.
Estadísticas para una muestra.

Estadísticas para una muestra				
	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
ERROR altimétrico	16	-.03725	.051962	.012991

Nota: Fuente, elaboración propia.

Tabla 56.

Prueba T para una muestra.

Valor de prueba = 0.5						
	t	gl	Sig. (Unilateral)	Diferencia de medias	90% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
ERROR altimétrico	-41.357	15	.000	-.537250	-.56002	-.51448

Nota: Fuente, elaboración propia.

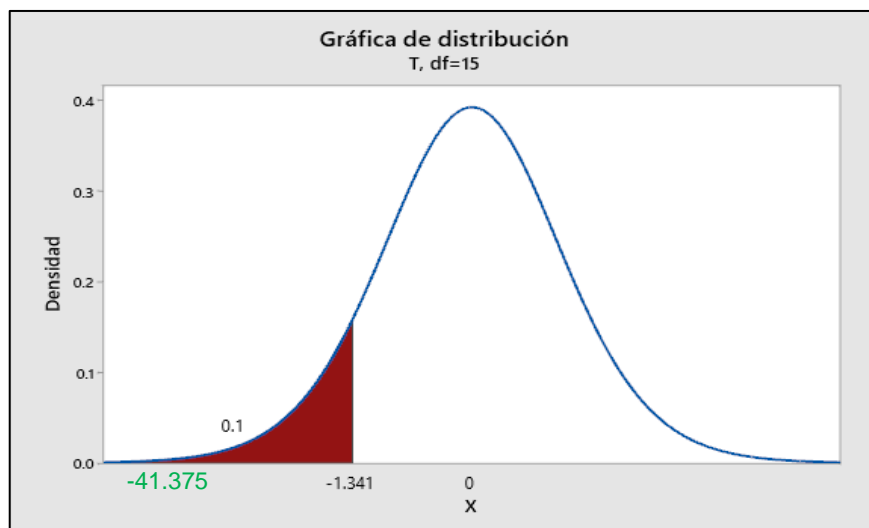


Figura 85. Curva T student, con puntos de control a 250 m.

Fuente:(SPSS)

4.2.1.6.8. Decisión

El valor de significancia unilateral es igual a $0.00 < 0.10$ por lo que la media de los errores obtenidos a través de la fotogrametría después de la colocación de puntos de control terrestre con respecto a los datos obtenidos con estación total debidamente georreferenciados con puntos geodésicos enlazados a la red de datos del IGN no es igual a 0.50m, de tal manera se acepta la hipótesis alterna $H1: U < 0.50m$.

Asimismo, el valor t calculado -41.375 es menor a -1.341, por lo que se reafirma que la media de los errores obtenidos a través de la fotogrametría después de la colocación de puntos de control terrestre, respecto al levantamiento topográfico convencional es menor a 0.50m.

4.2.1.6.9. Conclusión

Según los criterios de diseño de la red de distribución de agua potable en el ámbito rural establecen presiones mínimas de 5mca por lo que un error de 0.50m no incide en el diseño de la red de distribución de agua con sistema a presión, siendo la media $-0.03725 < a 0.50m$, es aceptable realizar el levantamiento fotogramétrico con puntos de control terrestre a 250m.

4.2.2. Alternativa 02

El parámetro de evaluación será de 0.50m en altimetría y 0.20m en planimetría según criterios de diseño de red de distribución de agua y saneamiento en el ámbito rural, el cual nos servirá para el análisis de los datos, cuidando que los errores no sean mayores a un 90% de precisión.

Tabla 57.

Errores máximos permitidos

Altura de vuelo (m)	Error máximo en planimetría (m)	Error máximo en altimetría (m)
250	0.20	0.50

Nota: Fuente, elaboración propia.

4.2.1.1. Con puntos de control a 625 m en planimetría

4.2.1.1.1. Datos obtenidos

A continuación, se muestra los datos obtenidos a través del levantamiento topográfico convencional y el levantamiento fotogramétrico en Este.

Tabla 58.

Datos obtenidos en Este.

N° de puntos	Descripción	Estación Total X (Este)	Drone X (Este)
1	PC01	398707.56	398707.421
2	PC02	398599.152	398599.043
3	PC03	398466.724	398466.724
4	PC10	398249.596	398249.596
5	PC12	398277.989	398278.017

6	PC13	398339.199	398339.365
7	PC14	398481.838	398481.893
8	PC15	398593.25	398593.256
9	PC16	398715.221	398715.191
10	PC17	398840.177	398840.148
11	PC18	398847.427	398847.39
12	PC19	398872.701	398872.753
13	PC20	398916.033	398916.033
14	PC21	398805.018	398805.034
15	PC22	398772.011	398772.016
16	PC23	398759.031	398759.009
17	PC24	398624.49	398624.468
18	PC25	398652.689	398652.681
19	PC26	398668.085	398668.265
20	PC27	398555.431	398555.455
21	PC28	398521.837	398521.884
22	PC29	398493.671	398493.642
23	PC30	398424.226	398424.209
24	PC31	398395.308	398395.349
25	PC32	398237.994	398237.964
26	PC33	398446.872	398446.904
27	PC4	398818.289	398818.434
28	PC5	398701.677	398701.778
29	PC6	398305.684	398305.684
30	PC7	398555.688	398555.761
31	PC8	398265.371	398265.393
32	PC9	398431.624	398431.665
33	PCG2	398440.188	398440.188

Nota: Fuente, elaboración propia.

A continuación, se muestra los datos obtenidos a través del levantamiento topográfico convencional y el levantamiento fotogramétrico en Norte.

Tabla 59.

Datos obtenidos en Norte.

N° de puntos	Descripción	Estación Total Y (Norte)	Drone Y (Norte)
1	PC01	8312351.3	8312351.39
2	PC02	8312361.98	8312362.08
3	PC03	8312381.55	8312381.66
4	PC10	8312701.77	8312701.77

5	PC12	8312821.64	8312821.51
6	PC13	8312541.57	8312541.6
7	PC14	8312505.61	8312505.68
8	PC15	8312497.5	8312497.59
9	PC16	8312461.55	8312461.59
10	PC17	8312453.11	8312453.27
11	PC18	8312572.93	8312572.98
12	PC19	8312693.57	8312693.61
13	PC20	8312811.92	8312811.92
14	PC21	8312839.16	8312839.28
15	PC22	8312719.42	8312719.48
16	PC23	8312620.98	8312621.06
17	PC24	8312616.33	8312616.36
18	PC25	8312740.95	8312740.96
19	PC26	8312864.06	8312864.15
20	PC27	8312888.82	8312888.95
21	PC28	8312760.73	8312760.78
22	PC29	8312646.48	8312646.61
23	PC30	8312781.72	8312781.81
24	PC31	8312646.08	8312646.1
25	PC32	8312554.52	8312554.43
26	PC33	8313021.96	8313022.01
27	PC4	8312953.96	8312954.1
28	PC5	8312971.09	8312971.17
29	PC6	8312945.22	8312945.22
30	PC7	8312985.41	8312985.51
31	PC8	8312799.14	8312799.07
32	PC9	8312902.41	8312902.41
33	PCG2	8313033.96	8313033.96

Nota: Fuente, elaboración propia.

4.2.1.1.2. Cálculo de error

Se realizó el cálculo de error en planimetría del levantamiento fotogramétrico con respecto al levantamiento topográfico convencional con la siguiente fórmula:

$$\text{Error planimétrico} = \sqrt{(X_1 - X_2)^2 + (Y_1 - Y_2)^2}$$

Tabla 60.*Error planimétrico.*

N° de puntos	Descripción	Error planimétrico
1	PC01	0.164
2	PC02	0.150
3	PC03	0.111
4	PC10	0.000
5	PC12	0.132
6	PC13	0.168
7	PC14	0.090
8	PC15	0.096
9	PC16	0.051
10	PC17	0.164
11	PC18	0.060
12	PC19	0.064
13	PC20	0.000
14	PC21	0.119
15	PC22	0.063
16	PC23	0.089
17	PC24	0.037
18	PC25	0.016
19	PC26	0.201
20	PC27	0.132
21	PC28	0.072
22	PC29	0.130
23	PC30	0.095
24	PC31	0.045
25	PC32	0.094
26	PC33	0.056
27	PC4	0.197
28	PC5	0.127
29	PC6	0.000
30	PC7	0.128
31	PC8	0.071
32	PC9	0.042
33	PCG2	0.000

Nota: Fuente, elaboración propia.

Dichos datos serán ingresados al SPSS para la realización del análisis estadístico.

4.2.1.1.3. Obtención de datos estadísticos

Tabla 61.

Datos estadísticos de planimetría.

Descriptivos		Estadístico	Desv. Error
ERROR planimétrico	Media	.08982	.009942
	90% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	.07298
		Límite superior	.10666
	Media recortada al 5%	.08872	
	Mediana	.09000	
	Varianza	.003	
	Desv. Desviación	.057115	
	Mínimo	.000	
	Máximo	.201	
	Rango	.201	
	Rango intercuartil	.083	
	Asimetría	.117	.409
	Curtosis	-.744	.798

Nota: Fuente, elaboración propia.

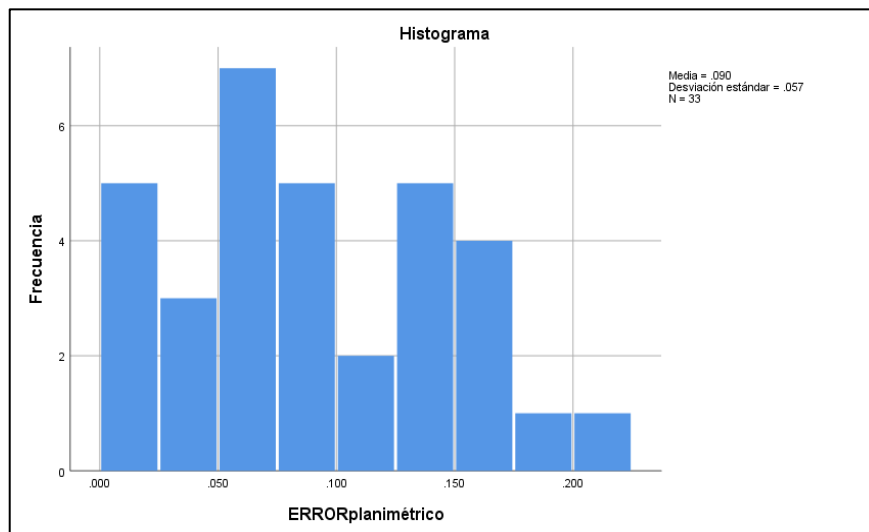


Figura 86. Histograma de error, frecuencia – error planímetro.
Fuente: (SPSS)

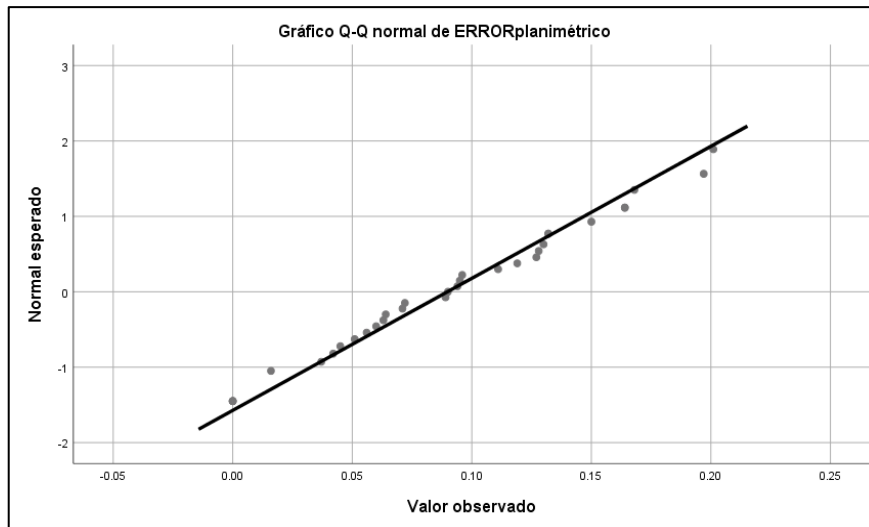


Figura 87. Tendencia de error planimétrico, normal esperado – valor observado.
Fuente: (SPSS)

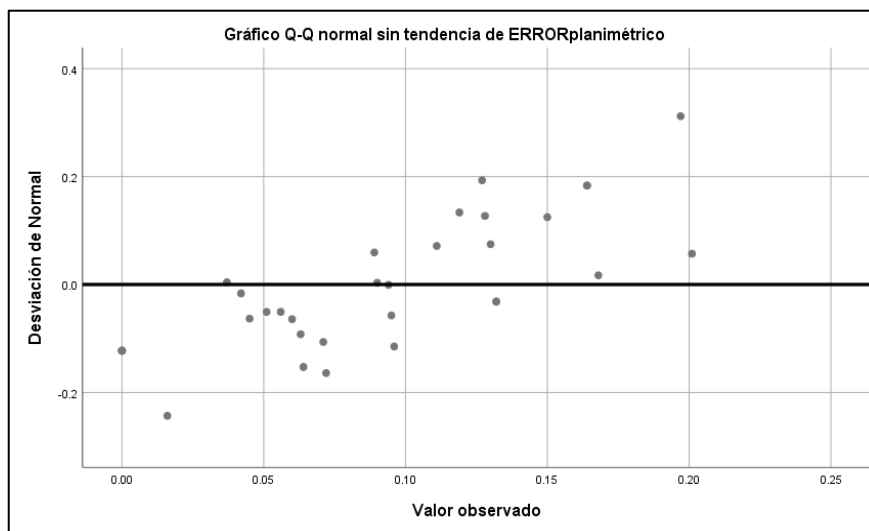


Figura 88. Error planimétrico sin tendencia, desviación normal – valor observado.
Fuente: (SPSS)

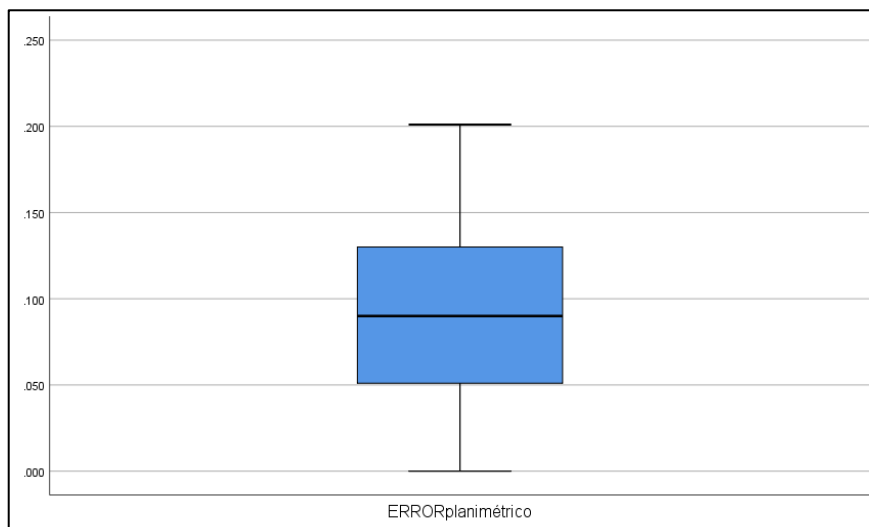


Figura 89. Diagrama de caja, variable error planímetro – mediana.
Fuente: (SPSS)

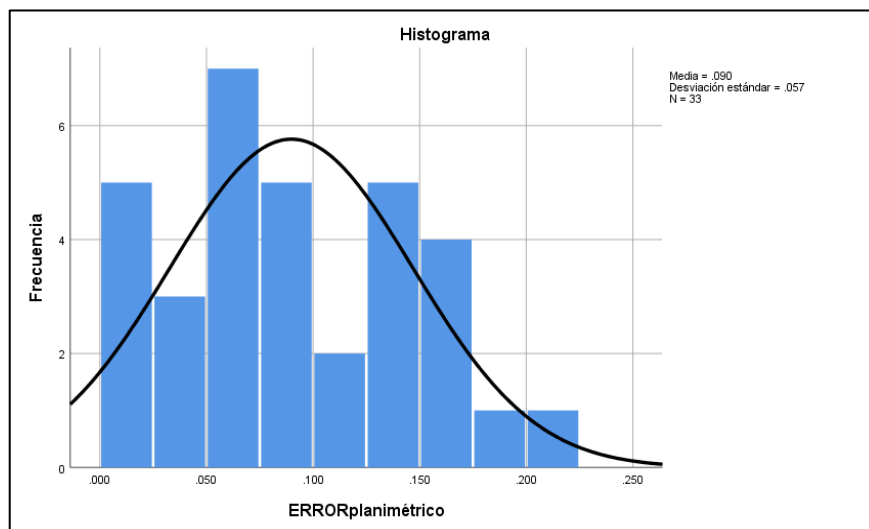


Figura 90. Histograma de error, frecuencia – error planímetro.
Fuente: (SPSS)

4.2.1.1.4. Definición de la prueba estadística a realizar

Prueba estadística

- Prueba de T de Student para una muestra

4.2.1.1.5. Planteamiento de la hipótesis

La media de los errores obtenidos a través de la fotogrametría después de la colocación de puntos de control terrestre, respecto al levantamiento topográfico convencional es igual a 0.20m a un nivel de confianza del 90%.

H₀: U=0.20m

La media de los errores obtenidos a través de la fotogrametría después de la colocación de puntos de control terrestre, respecto al levantamiento topográfico convencional es menor a 0.20m a un nivel de significancia del 10%.

H₁: U<0.20m

4.2.1.1.6. Nivel de significancia

Nivel de confianza

- NC = 0.90 ó 90%

Definición de Alfa

- $\alpha = 0.10$ ó 10%

4.2.1.1.7. Desarrollo

Prueba T de student para una muestra (Calculo del P. Valor)

Tabla 62.

Estadísticas para una muestra.

Estadísticas para una muestra				
	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
ERROR planimétrico	33	.08982	.057115	.009942

Nota: Fuente, elaboración propia.

Tabla 63.

Prueba T para una muestra.

Valor de prueba = 0.20						
	t	gl	Sig. (Unilateral)	Diferencia de medias	90% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
ERROR planimétrico	-11.082	32	.000	-.110182	-.12702	-.09334

Nota: Fuente, elaboración propia.

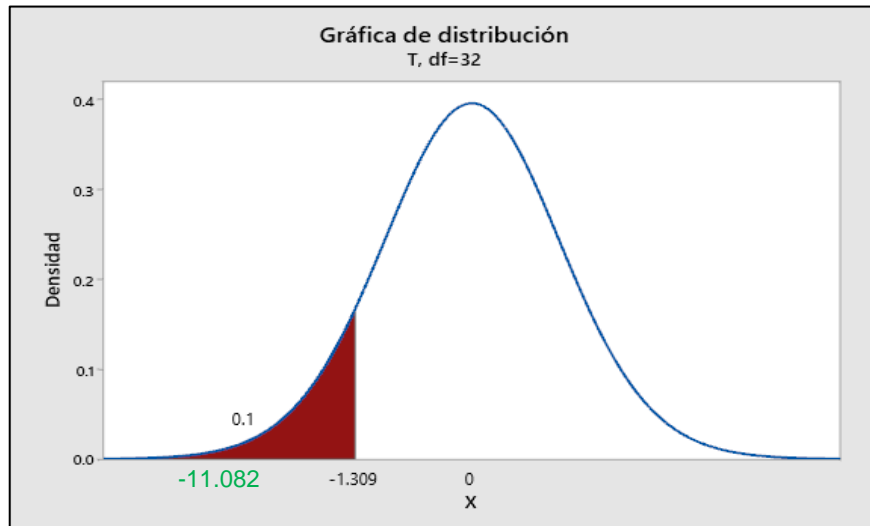


Figura 91. Curva T student, con puntos de control a 625 m.
Fuente: (SPSS)

4.2.1.1.8. Decisión

El valor de significancia es igual a $0.00 < 0.10$ por lo que la media de los errores obtenidos a través de la fotogrametría después de la colocación de puntos de control terrestre con respecto a los datos obtenidos con estación total debidamente georreferenciados con puntos geodésicos enlazados a la red de datos del IGN no es igual a 0.20m, de tal manera se acepta la hipótesis alterna $H1: U < 0.20m$.

Asimismo, el valor t calculado -11.082 es menor a -1.337, por lo que se reafirma que la media de los errores obtenidos a través de la fotogrametría después de la colocación de puntos de control terrestre, respecto al levantamiento topográfico convencional es menor a 0.20m.

4.2.1.1.9. Conclusión

Según el parámetro de evaluación del ancho de servidumbre de paso de 2m, un error de 0.20m no incide en el diseño de la red de distribución de agua con sistema a presión en el ámbito rural, siendo la media $0.08982 < 0.20m$, es aceptable realizar el levantamiento fotogramétrico con puntos de control terrestre a 625m.

4.2.1.2. Con puntos de control a 625 m en altimetría

4.2.1.2.1. Datos obtenidos

A continuación, se muestra los datos obtenidos a través del levantamiento topográfico convencional y el levantamiento fotogramétrico en Altitud.

Tabla 64.

Datos obtenidos en altitud.

N° de puntos	Descripción	Estación Total	Drone
		Z (Altitud)	Z (Altitud)
1	PC01	3813.858	3813.790
2	PC02	3814.433	3814.140
3	PC03	3819.272	3819.210

4	PC10	3816.448	3816.030
5	PC12	3815.771	3815.300
6	PC13	3820.794	3820.350
7	PC14	3815.095	3814.490
8	PC15	3814.682	3814.000
9	PC16	3814.071	3813.550
10	PC17	3813.911	3813.510
11	PC18	3814.136	3813.650
12	PC19	3813.934	3813.370
13	PC20	3813.990	3813.600
14	PC21	3813.858	3813.200
15	PC22	3814.261	3813.470
16	PC23	3814.614	3813.860
17	PC24	3815.182	3814.270
18	PC25	3815.040	3814.130
19	PC26	3814.847	3814.160
20	PC27	3816.131	3815.400
21	PC28	3815.844	3814.960
22	PC29	3815.827	3815.120
23	PC30	3816.200	3815.450
24	PC31	3816.096	3815.370
25	PC32	3825.841	3825.500
26	PC33	3834.406	3834.210
27	PC4	3813.832	3813.380
28	PC5	3814.046	3813.540
29	PC6	3815.717	3815.370
30	PC7	3816.735	3816.200
31	PC8	3815.615	3815.160
32	PC9	3816.097	3815.490
33	PCG2	3838.061	3837.820

Nota: Fuente, elaboración propia.

4.2.1.2.2. Cálculo de error

Se realizó el cálculo de error en altimetría del levantamiento fotogramétrico con respecto al levantamiento topográfico convencional.

Tabla 65.*Error en altimetría.*

Nº de puntos	Descripción	Error altimétrico
1	PC01	0.068
2	PC02	0.293
3	PC03	0.062
4	PC10	0.418
5	PC12	0.471
6	PC13	0.444
7	PC14	0.605
8	PC15	0.682
9	PC16	0.521
10	PC17	0.401
11	PC18	0.486
12	PC19	0.564
13	PC20	0.390
14	PC21	0.658
15	PC22	0.791
16	PC23	0.754
17	PC24	0.912
18	PC25	0.910
19	PC26	0.687
20	PC27	0.731
21	PC28	0.884
22	PC29	0.707
23	PC30	0.750
24	PC31	0.726
25	PC32	0.341
26	PC33	0.196
27	PC4	0.452
28	PC5	0.506
29	PC6	0.347
30	PC7	0.535
31	PC8	0.455
32	PC9	0.607
33	PCG2	0.241

Nota: Fuente, elaboración propia.

Dichos datos serán ingresados al SPSS para la realización del análisis estadístico.

4.2.1.2.3. Obtención de datos estadísticos

Tabla 66.

Datos estadísticos de planimetría.

Descriptivos		Estadístico	Desv. Error	
ERROR	Media	.53318	.038875	
altimétrico	90% de intervalo de	Límite inferior	.46733	
	confianza para la media	Límite superior	.59903	
	Media recortada al 5%		.53823	
	Mediana		.52100	
	Varianza		.050	
	Desv. Desviación		.223321	
	Mínimo		.062	
	Máximo		.912	
	Rango		.850	
	Rango intercuartil		.321	
	Asimetría		-.256	.409
	Curtosis		-.372	.798

Nota: Fuente, elaboración propia.

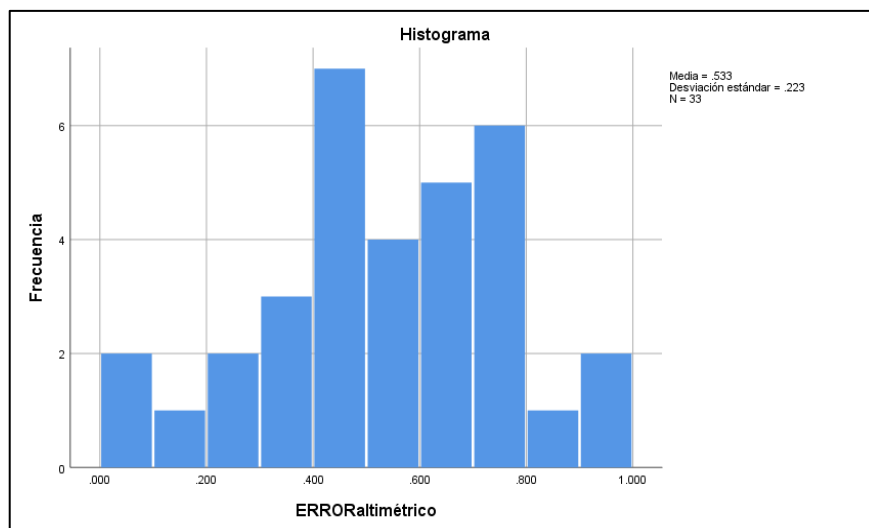


Figura 92. Histograma de error, frecuencia – error altimétrico.
Fuente: (SPSS)

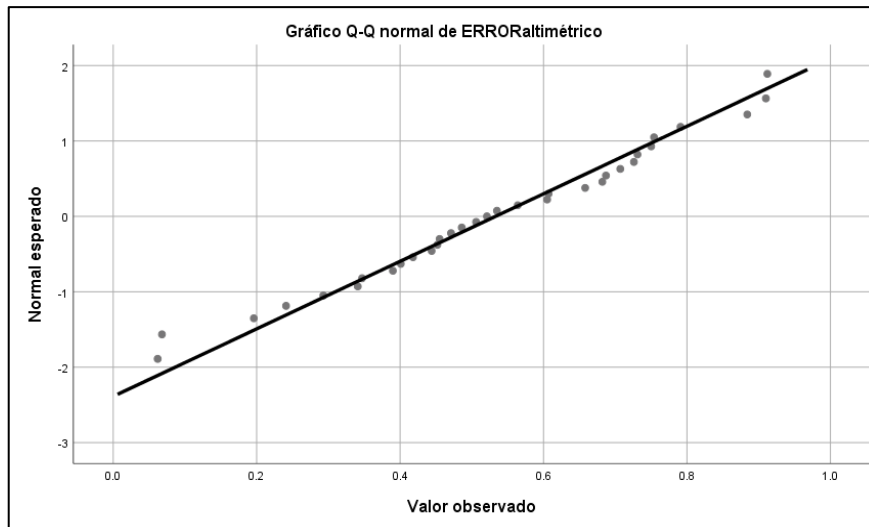


Figura 93. Tendencia de error altimétrico, normal esperado – valor observado.
Fuente: (SPSS)

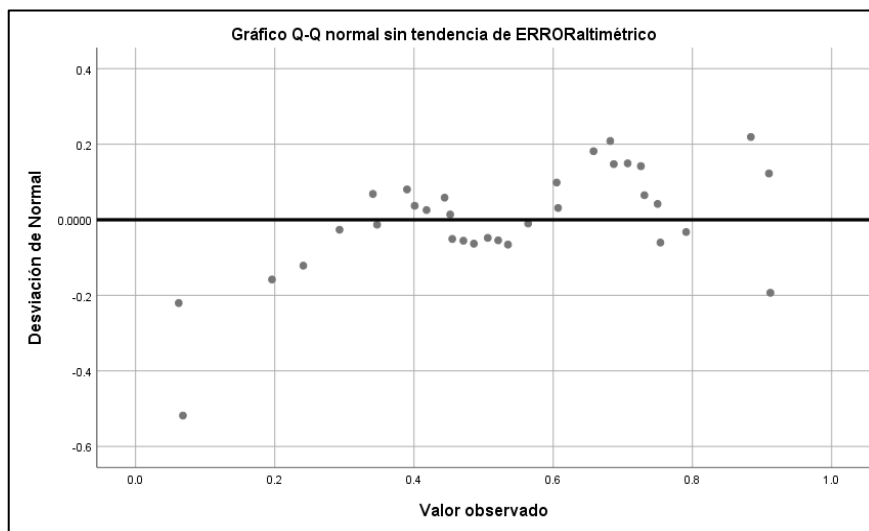


Figura 94. Error altimétrico sin tendencia, desviación normal – valor observado.
Fuente: (SPSS)

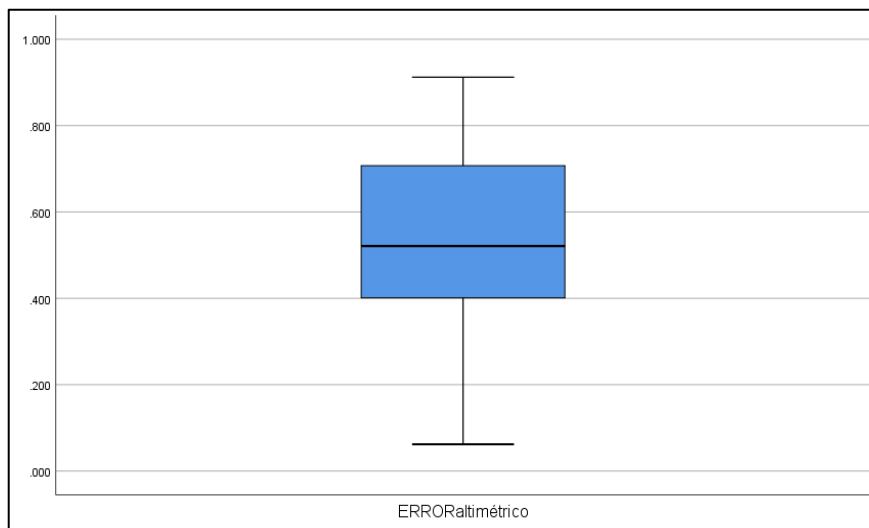


Figura 95. Diagrama de caja, variable error altimétrico – mediana.
Fuente: (SPSS)

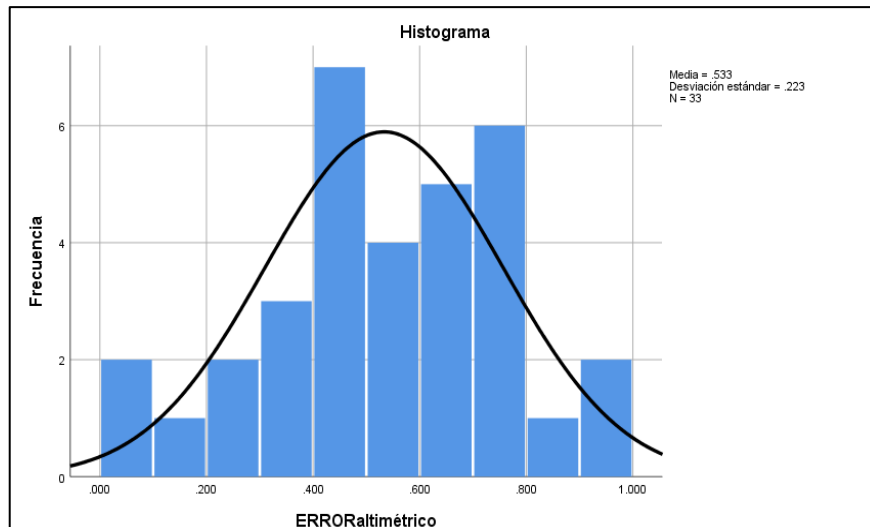


Figura 96. Histograma de error, frecuencia – error altimétrico.
Fuente: (SPSS)

4.2.1.2.4. Definición de la prueba estadística a realizar

Prueba estadística

- Prueba de T de Student para una muestra

4.2.1.2.5. Planteamiento de la hipótesis

La media de los errores obtenidos a través de la fotogrametría después de la colocación de puntos de control terrestre, respecto al levantamiento topográfico convencional es igual a 0.50m a un nivel de confianza del 90%.

H₀: U=0.50m

La media de los errores obtenidos a través de la fotogrametría después de la colocación de puntos de control terrestre, respecto al levantamiento topográfico convencional es menor a 0.50m a un nivel de significancia del 10%.

H₁: U<0.50m

4.2.1.2.6. Nivel de significancia

Nivel de confianza

- NC = 0.90 ó 90%

Definición de Alfa

- $\alpha = 0.10$ ó 10%

4.2.1.2.7. Desarrollo

Prueba T de Student para una muestra (Calculo del P. Valor)

Tabla 67.

Estadísticas para una muestra.

Estadísticas para una muestra				
	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
ERROR altimétrico	33	.53318	.223321	.038875

Nota: Fuente, elaboración propia.

Tabla 68.

Prueba T para una muestra.

Valor de prueba = 0.50						
	t	gl	Sig. (Unilateral)	Diferencia de medias	90% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
ERROR altimétrico	.854	32	.400	.033182	-.03267	.09903

Nota: Fuente, elaboración propia.

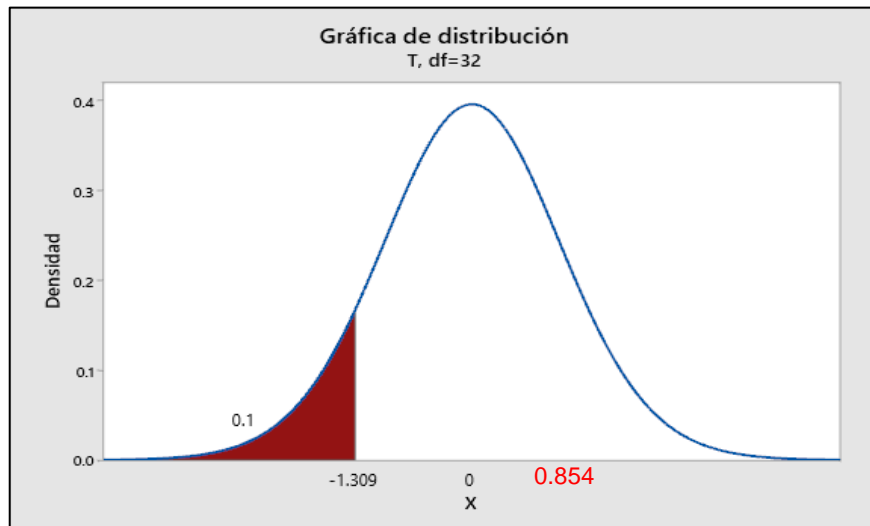


Figura 97. Curva T student, con puntos de control a 625 m.
Fuente: (SPSS)

4.2.1.2.8. Decisión

El valor de significancia es igual a $0.40 > 0.10$ por lo que la media de los errores obtenidos a través de la fotogrametría después de la colocación de puntos de control terrestre con respecto a los datos obtenidos con estación total debidamente georreferenciados con puntos geodésicos enlazados a la red de datos del IGN es igual a 0.50m, de tal manera se acepta la hipótesis nula $H_0: U=0.50m$.

Asimismo, el valor t calculado 0.854 es mayor a -1.309, por lo que se reafirma que la media de los errores obtenidos a través de la fotogrametría después de la colocación de puntos de control terrestre, respecto al levantamiento topográfico convencional es igual a 0.50m a un 90% de confiabilidad.

4.2.1.2.9. Conclusión

Según los criterios de diseño de la red de distribución de agua potable en el ámbito rural establece la presión mínima de 5mca por lo que un error de 0.50m no incide en el diseño de la red de distribución de agua con sistema a presión, siendo la media $0.53318 > 0.50m$, sin embargo, no es aceptable realizar el levantamiento fotogramétrico con puntos de control terrestre a 625m.

4.2.1.3. Con puntos de control a 325 m en planimetría

4.2.1.3.1. Datos obtenidos

A continuación, se muestra los datos obtenidos a través del levantamiento topográfico convencional y el levantamiento fotogramétrico en Este.

Tabla 69.

Datos obtenidos en Este.

Nº de puntos	Descripción	Estación Total X (Este)	Drone X (Este)
1	PC12	398277.989	398277.997
2	PC25	398652.689	398652.584

3	PC26	398668.085	398668.191
4	PC27	398555.431	398555.368
5	PC28	398521.837	398521.829
6	PC29	398493.671	398493.589
7	PC30	398424.226	398424.128
8	PC31	398395.308	398395.33
9	PC33	398446.872	398446.872
10	PC6	398305.684	398305.671
11	PC7	398555.688	398555.677
12	PC8	398265.371	398265.322
13	PC9	398431.624	398431.619

Nota: Fuente, elaboración propia.

A continuación, se muestra los datos obtenidos a través del levantamiento topográfico convencional y el levantamiento fotogramétrico en Norte.

Tabla 70.

Datos obtenidos en Norte.

N° de puntos	Descripción	Estación Total	Drone
		Y (Norte)	Y (Norte)
1	PC12	8312821.64	8312821.56
2	PC25	8312740.95	8312740.94
3	PC26	8312864.06	8312864.09
4	PC27	8312888.82	8312888.93
5	PC28	8312760.73	8312760.73
6	PC29	8312646.48	8312646.58
7	PC30	8312781.72	8312781.82
8	PC31	8312646.08	8312646.07
9	PC33	8313021.96	8313021.96
10	PC6	8312945.22	8312945.23
11	PC7	8312985.41	8312985.46
12	PC8	8312799.14	8312799.03
13	PC9	8312902.41	8312902.41

Nota: Fuente, elaboración propia.

4.2.1.3.2. Cálculo de error

Se realizó el cálculo de error en planimetría del levantamiento fotogramétrico con respecto al levantamiento topográfico convencional con la siguiente fórmula:

$$\text{Error planimetrico} = \sqrt{(X_1 - X_2)^2 + (Y_1 - Y_2)^2}$$

Tabla 71.

Error planimétrico.

N° de puntos	Descripción	Error planimetría
1	PC12	0.086
2	PC25	0.106
3	PC26	0.111
4	PC27	0.126
5	PC28	0.008
6	PC29	0.130
7	PC30	0.142
8	PC31	0.022
9	PC33	0.000
10	PC6	0.014
11	PC7	0.054
12	PC8	0.120
13	PC9	0.007

Nota: Fuente, elaboración propia.

Dichos datos serán ingresados al SPSS para la realización del análisis estadístico.

4.2.1.3.3. Obtención de datos estadísticos

Tabla 72.

Datos estadísticos de planimetría.

Descriptivos		Estadístico	Desv. Error
ERROR planimétrico	Media	.07123	.015200
	90% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior	.04414 .09832
	Media recortada al 5%	.07126	
	Mediana	.08600	
	Varianza	.003	
	Desv. Desviación	.054804	
	Mínimo	.000	
	Máximo	.142	
	Rango	.142	
	Rango intercuartil	.112	
	Asimetría	-.147	.616
	Curtosis	-1.923	1.191

Nota: Fuente, elaboración propia.

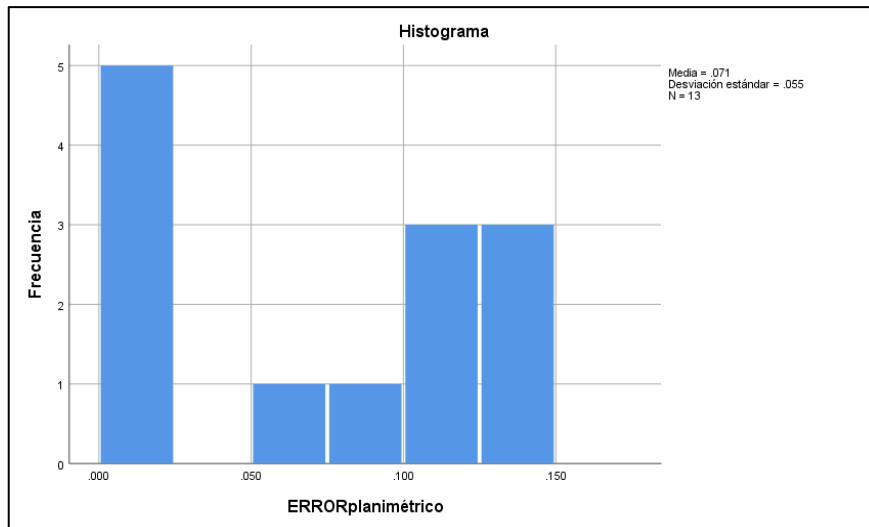


Figura 98. Histograma de error, frecuencia – error planimétrico.
Fuente: (SPSS)

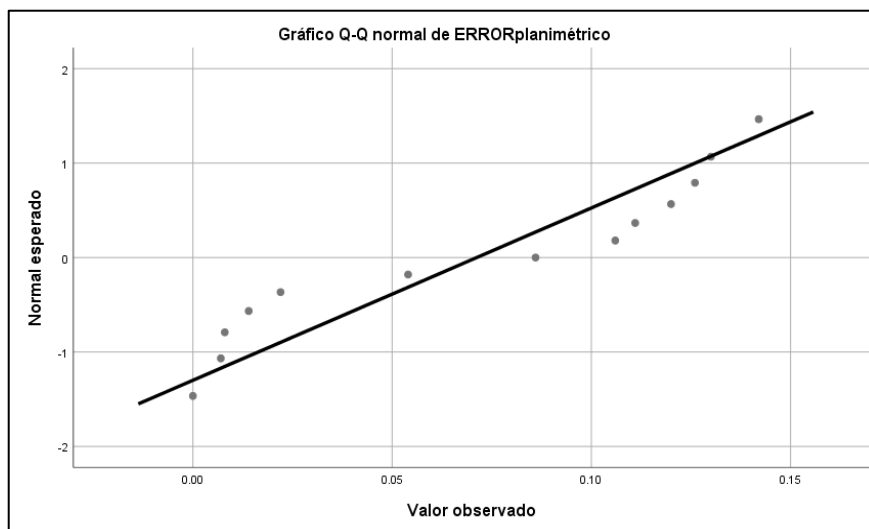


Figura 99. Tendencia de error planimétrico, normal esperado – valor observado.
Fuente: (SPSS)

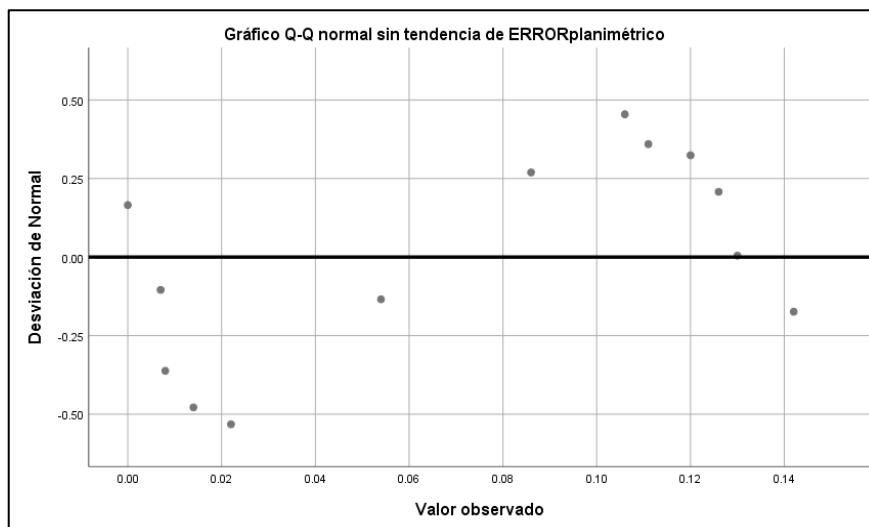


Figura 100. Error planimétrico sin tendencia, desviación normal – valor observado.
Fuente: (SPSS)

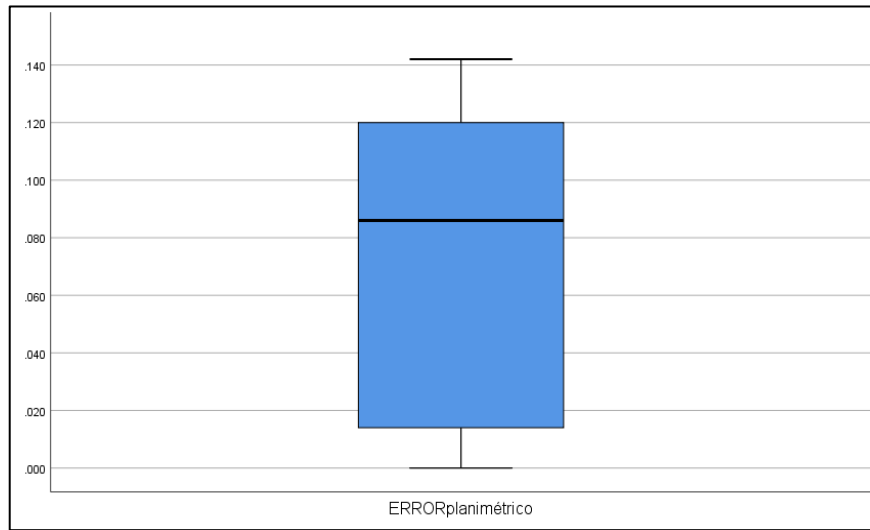


Figura 101. Diagrama de caja, variable error planimétrico – mediana.
Fuente: (SPSS)

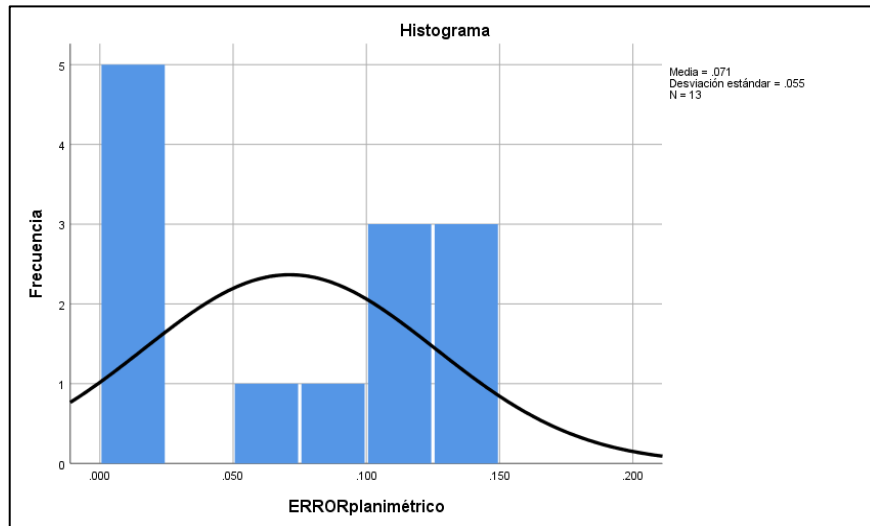


Figura 102. Histograma de error, frecuencia – error planimétrico.
Fuente: (SPSS)

4.2.1.3.4. Definición de la prueba estadística a realizar

Prueba estadística

- Prueba de T de Student para una muestra

4.2.1.3.5. Planteamiento de la hipótesis

La media de los errores obtenidos a través de la fotogrametría después de la colocación de puntos de control terrestre, respecto al levantamiento
 $H_0: U=0.20m$

topográfico convencional es igual a 0.20m a un nivel de confianza del 90%.

H1: $U < 0.20m$
 La media de los errores obtenidos a través de la fotogrametría después de la colocación de puntos de control terrestre, respecto al levantamiento topográfico convencional es menor a 0.20m a un nivel de significancia del 10%.

4.2.1.3.6. Nivel de significancia

Nivel de confianza

- NC = 0.90 ó 90%

Definición de Alfa

- $\alpha = 0.10$ ó 10%

4.2.1.3.7. Desarrollo

Prueba T de student para una muestra (Calculo del P. Valor)

Tabla 73.
Estadísticas para una muestra.

Estadísticas para una muestra				
	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
ERROR planimétrico	13	.07123	.054804	.015200

Nota: Fuente, elaboración propia.

Tabla 74.
Prueba T para una muestra.

Valor de prueba = 0.20						
	t	gl	Sig. (Unilateral)	Diferencia de medias	90% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
ERROR planimétrico	-8.472	12	.000	-.128769	-.15586	-.10168

Nota: Fuente, elaboración propia.

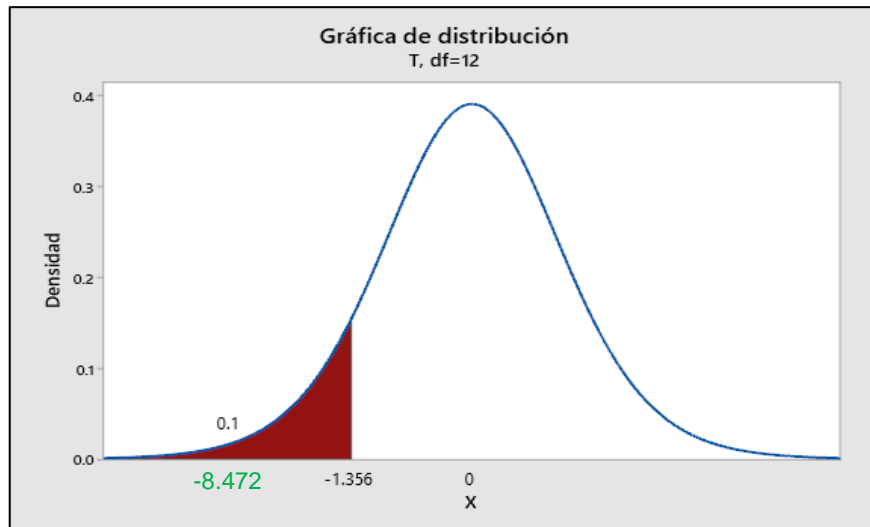


Figura 103. Curva T student, con puntos de control a 375 m.
Fuente: (SPSS)

4.2.1.3.8. Decisión

El valor de significancia es igual a $0.00 < 0.10$ por lo que la media de los errores obtenidos a través de la fotogrametría después de la colocación de puntos de control terrestre con respecto a los datos obtenidos con estación total debidamente georreferenciados con puntos geodésicos enlazados a la red de datos del IGN no es igual a 0.20m, de tal manera se acepta la hipótesis alterna $H_1: U < 0.20m$.

Asimismo, el valor t calculado -8.472 es menor a -1.356, por lo que se reafirma que la media de los errores obtenidos a través de la fotogrametría después de la colocación de puntos de control terrestre, respecto al levantamiento topográfico convencional es menor a 0.20m.

4.2.1.3.9. Conclusión

Según el parámetro de evaluación del ancho de servidumbre de paso de 2m, un error de 0.20m no incide en el diseño de la red de distribución de agua con sistema a presión en el ámbito rural, siendo la media $0.07123 < 0.20m$, es aceptable realizar el levantamiento fotogramétrico con puntos de control terrestre a 375m.

4.2.1.4. Con puntos de control a 325 m en altimetría

4.2.1.4.1. Datos obtenidos

A continuación, se muestra los datos obtenidos a través del levantamiento topográfico convencional y el levantamiento fotogramétrico en Altitud.

Tabla 75.

Datos obtenidos en altitud.

N° de puntos	Descripción	Estación Total	Drone
		Z (Altitud)	Z (Altitud)
1	PC12	3815.7707	3815.3999
2	PC25	3815.0397	3814.72998
3	PC26	3814.8467	3814.57007
4	PC27	3816.1307	3815.6001
5	PC28	3815.8437	3815.21997
6	PC29	3815.8267	3815.67993
7	PC30	3816.1997	3815.56006
8	PC31	3816.0957	3815.88989
9	PC33	3834.4057	3834.78003
10	PC6	3815.7167	3815.34009
11	PC7	3816.7347	3816.3999
12	PC8	3815.6147	3815.37988
13	PC9	3816.0967	3815.46997

Nota: Fuente, elaboración propia.

4.2.1.4.2. Cálculo de error

Se realizó el cálculo de error en altimetría del levantamiento fotogramétrico con respecto al levantamiento topográfico convencional.

Tabla 76.

Error altimétrico.

N° de puntos	Descripción	Error altimétrico
1	PC12	0.3708
2	PC25	0.3097
3	PC26	0.2766
4	PC27	0.5306
5	PC28	0.6237
6	PC29	0.1468
7	PC30	0.6396

8	PC31	0.2058
9	PC33	-0.3743
10	PC6	0.3766
11	PC7	0.3348
12	PC8	0.2348
13	PC9	0.6267

Nota: Fuente, elaboración propia.

Dichos datos serán ingresados al SPSS para la realización del análisis estadístico.

4.2.1.4.3. Obtención de datos estadísticos

Tabla 77.

Datos estadísticos de planimetría.

Descriptivos		Estadístico	Desv. Error	
ERROR	Media	.33094	.074747	
altimétrico	90% de intervalo de	Límite inferior	.19772	
	confianza para la media	Límite superior	.46416	
	Media recortada al 5%		.35297	
	Mediana		.33480	
	Varianza		.073	
	Desv. Desviación		.269503	
	Mínimo		-.374	
	Máximo		.640	
	Rango		1.014	
	Rango intercuartil		.357	
	Asimetría		-1.366	.616
	Curtosis		3.248	1.191

Nota: Fuente, elaboración propia.

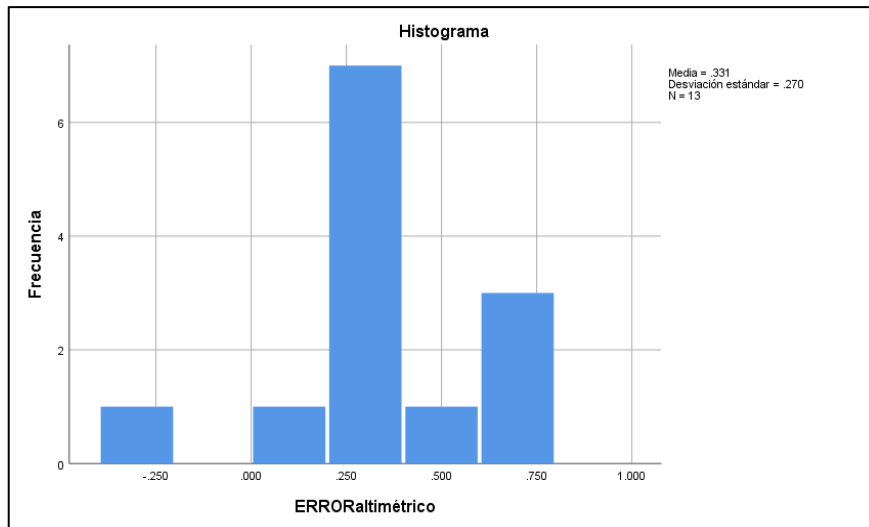


Figura 104. Histograma de error, frecuencia – error altimétrico.
Fuente: (SPSS)

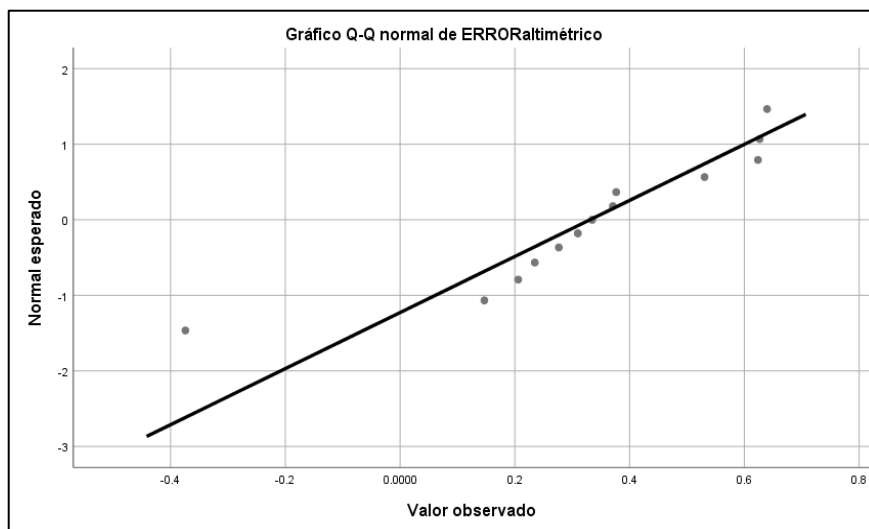


Figura 105. Tendencia de error altimétrico, normal esperado – valor observado.
Fuente: (SPSS)

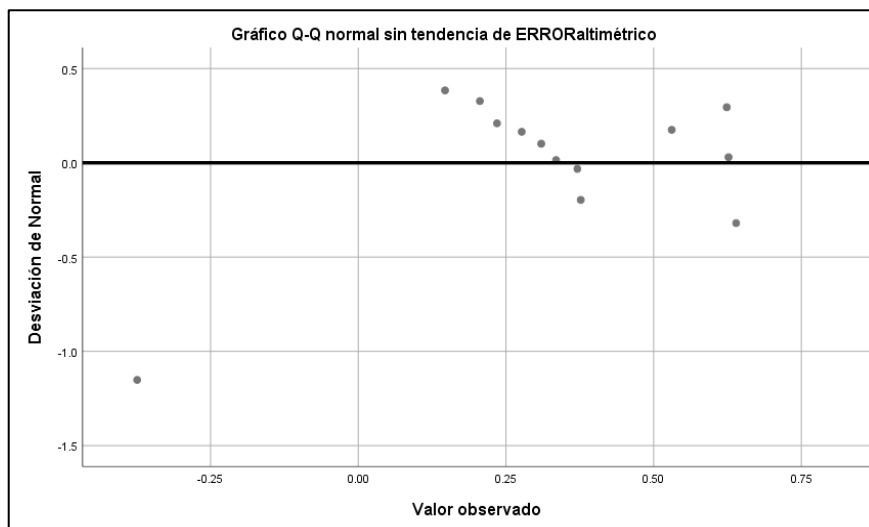


Figura 106. Error altimétrico sin tendencia, desviación normal – valor observado.
Fuente: (SPSS)

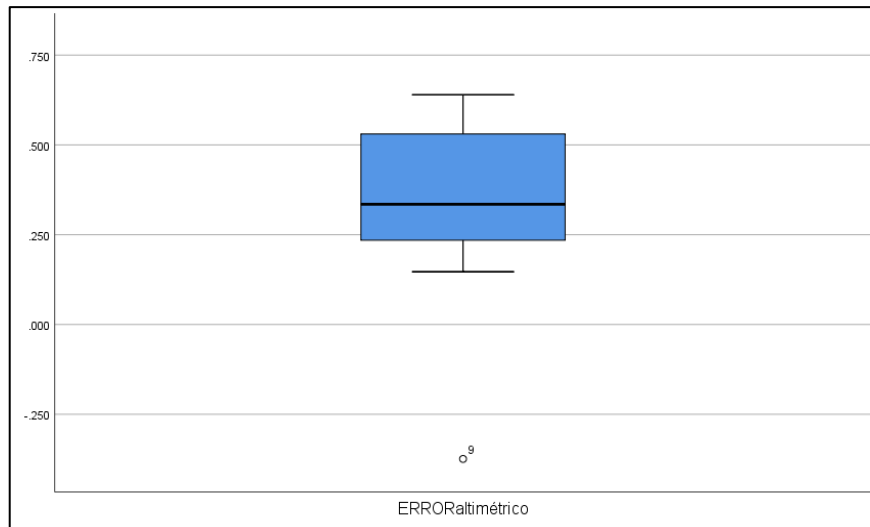


Figura 107. Diagrama de caja, variable error altimétrico – mediana.
Fuente: (SPSS)

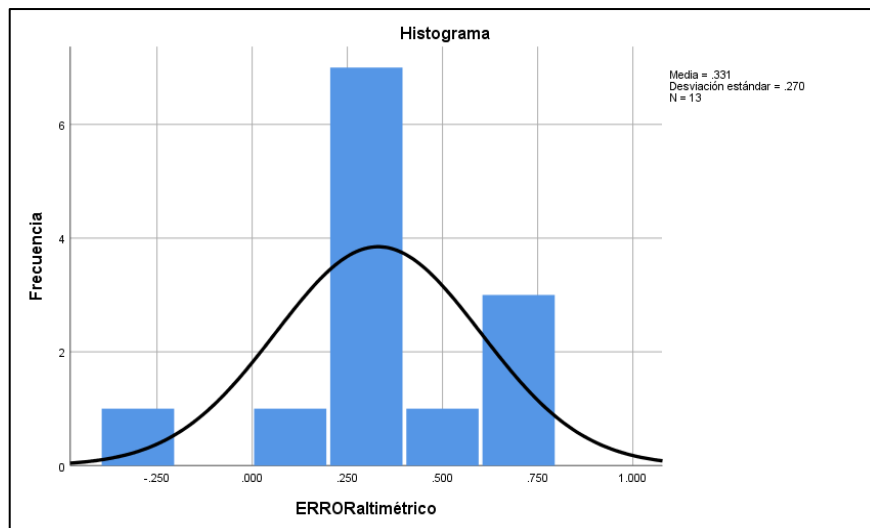


Figura 108. Histograma de error, frecuencia – error altimétrico.
Fuente: (SPSS)

4.2.1.4.4. Definición de la prueba estadística a realizar

Prueba estadística

- Prueba de T de Student para una muestra

4.2.1.4.5. Planteamiento de la hipótesis

La media de los errores obtenidos a través de la fotogrametría después de la colocación de puntos de control terrestre, respecto al levantamiento

H₀: U=0.50m

topográfico convencional es igual a 0.50m a un nivel de confianza del 90%.

H1: $U < 0.50m$
 La media de los errores obtenidos a través de la fotogrametría después de la colocación de puntos de control terrestre, respecto al levantamiento topográfico convencional es menor a 0.50m a un nivel de significancia del 10%.

4.2.1.4.6. Nivel de significancia

Nivel de confianza

- NC = 0.90 ó 90%

Definición de Alfa

- $\alpha = 0.10$ ó 10%

4.2.1.4.7. Desarrollo

Prueba T de Student para una muestra (Calculo del P. Valor)

Tabla 78.
Estadísticas para una muestra.

Estadísticas para una muestra				
	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
ERROR altimétrico	13	.33094	.269503	.074747

Nota: Fuente, elaboración propia.

Tabla 79.
Prueba T para una muestra.

Valor de prueba = 0.50						
	t	gl	Sig. (Unilateral)	Diferencia de medias	90% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
ERROR altimétrico	-2.262	12	.043	-.169062	-.30228	-.03584

Nota: Fuente, elaboración propia.

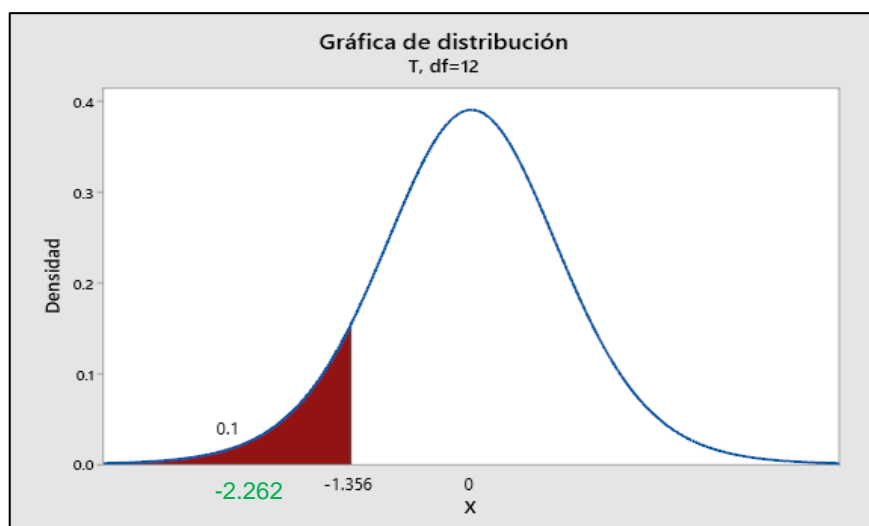


Figura 109. Curva T student, con puntos de control a 375 m.
Fuente: (SPSS)

4.2.1.4.8. Decisión

El valor de significancia es igual a $0.043 < 0.10$ por lo que la media de los errores obtenidos a través de la fotogrametría después de la colocación de puntos de control terrestre con respecto a los datos obtenidos con estación total debidamente georreferenciados con puntos geodésicos enlazados a la red de datos del IGN no es igual a 0.50m.

Asimismo, el valor t calculado -2.262 es menor a -1.356, por lo que se reafirma que la media de los errores obtenidos a través de la fotogrametría después de la colocación de puntos de control terrestre, respecto al levantamiento topográfico convencional es menor a 0.50m.

4.2.1.4.9. Conclusión

Según los criterios de diseño de la red de distribución de agua potable en el ámbito rural establece la presión mínima de 5mca por lo que un error de 0.50m no incide en el diseño de la red de distribución de agua con sistema a presión, siendo la media $0.33094 < 0.50m$, es aceptable realizar el levantamiento fotogramétrico con puntos de control terrestre a 375m.

4.2.1.5. Con puntos de control a 250 m en planimetría

4.2.1.5.1. Datos obtenidos

A continuación, se muestra los datos obtenidos a través del levantamiento topográfico convencional y el levantamiento fotogramétrico en Este.

Tabla 80.

Datos obtenidos en altitud.

N° de puntos	Descripción	Estación Total X (Este)	Drone X (Este)
1	PC10	398249.596	398249.547
2	PC15	398593.250	398593.206
3	PC21	398805.018	398804.898
4	PC23	398759.031	398758.951
5	PC24	398624.490	398624.451
6	PC25	398652.689	398652.593
7	PC26	398668.085	398668.185
8	PC31	398395.308	398395.308
9	PC33	398446.872	398446.912
10	PC5	398701.677	398701.646
11	PC6	398305.684	398305.655
12	PC9	398431.624	398431.616

Nota: Fuente, elaboración propia.

A continuación, se muestra los datos obtenidos a través del levantamiento topográfico convencional y el levantamiento fotogramétrico en Norte.

Tabla 81.

Datos obtenidos en Norte.

N° de puntos	Descripción	Estación Total Y (Norte)	Drone Y (Norte)
1	PC10	8312701.770	8312701.828
2	PC15	8312497.499	8312497.548
3	PC21	8312839.160	8312839.196
4	PC23	8312620.977	8312621.050
5	PC24	8312616.334	8312616.328
6	PC25	8312740.951	8312740.912
7	PC26	8312864.064	8312864.081
8	PC31	8312646.075	8312646.075
9	PC33	8313021.964	8313022.065

10	PC5	8312971.093	8312971.107
11	PC6	8312945.223	8312945.244
12	PC9	8312902.414	8312902.439

Nota: Fuente, elaboración propia.

4.2.1.5.2. Cálculo de error

Se realizó el cálculo de error en planimetría del levantamiento fotogramétrico con respecto al levantamiento topográfico convencional con la siguiente fórmula:

$$\text{Error planimétrico} = \sqrt{(X_1 - X_2)^2 + (Y_1 - Y_2)^2}$$

Tabla 82.

Error planimétrico.

Nº de puntos	Descripción	Error planimétrico
1	PC10	0.076
2	PC15	0.066
3	PC21	0.125
4	PC23	0.109
5	PC24	0.040
6	PC25	0.104
7	PC26	0.102
8	PC31	0.000
9	PC33	0.109
10	PC5	0.034
11	PC6	0.036
12	PC9	0.026

Nota: Fuente, elaboración propia.

Dichos datos serán ingresados al SPSS para la realización del análisis estadístico.

4.2.1.5.3. Obtención de datos estadísticos

Tabla 83.

Datos estadísticos de planimetría.

Descriptivos		Estadístico	Desv. Error
ERROR planimétrico	Media	.06892	.011830
	90% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	.04767
	Límite superior	.09016	
	Media recortada al 5%	.06963	

Mediana	.07100	
Varianza	.002	
Desv. Desviación	.040980	
Mínimo	.000	
Máximo	.125	
Rango	.125	
Rango intercuartil	.073	
Asimetría	-.196	.637
Curtosis	-1.403	1.232

Nota: Fuente, elaboración propia.

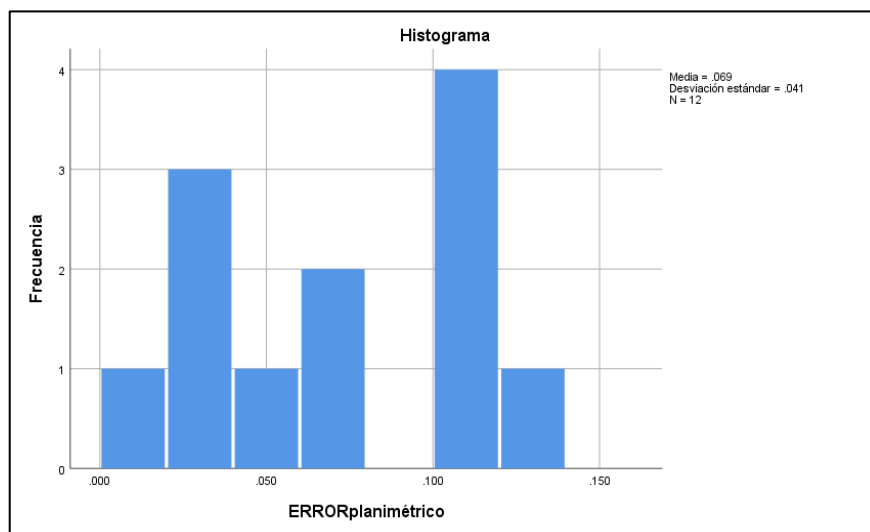


Figura 110. Histograma de error, frecuencia – error planimetro.
Fuente: (SPSS)

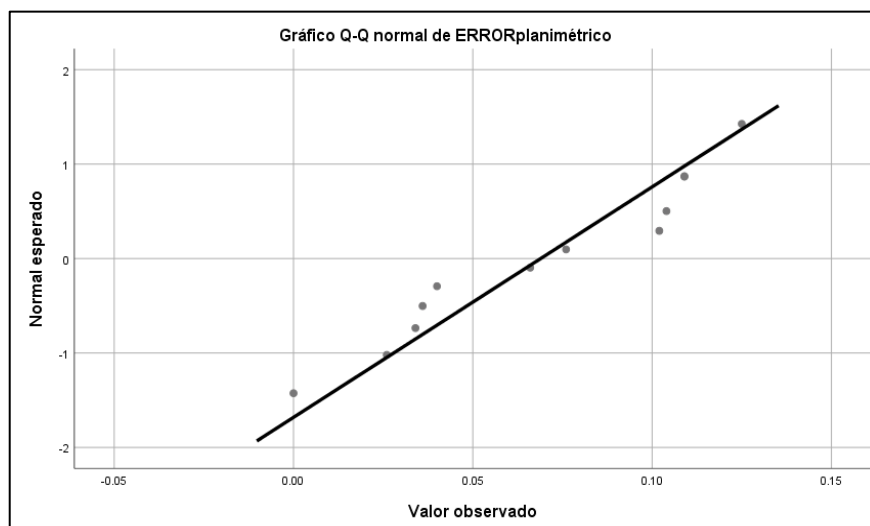


Figura 111. Tendencia de error planimétrico, normal esperado – valor observado.
Fuente: (SPSS)

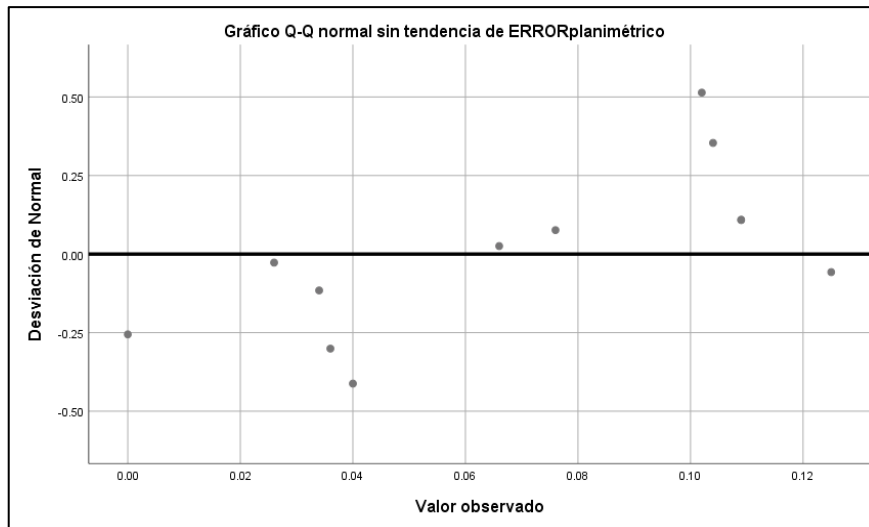


Figura 112. Error planimétrico sin tendencia, desviación normal – valor observado.
Fuente: (SPSS)

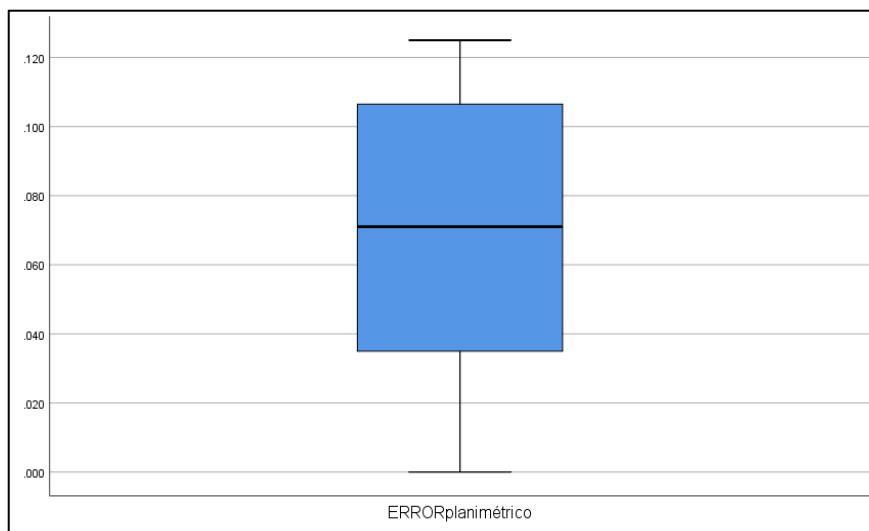


Figura 113. Diagrama de caja, variable error planimétrico – mediana.
Fuente: (SPSS)

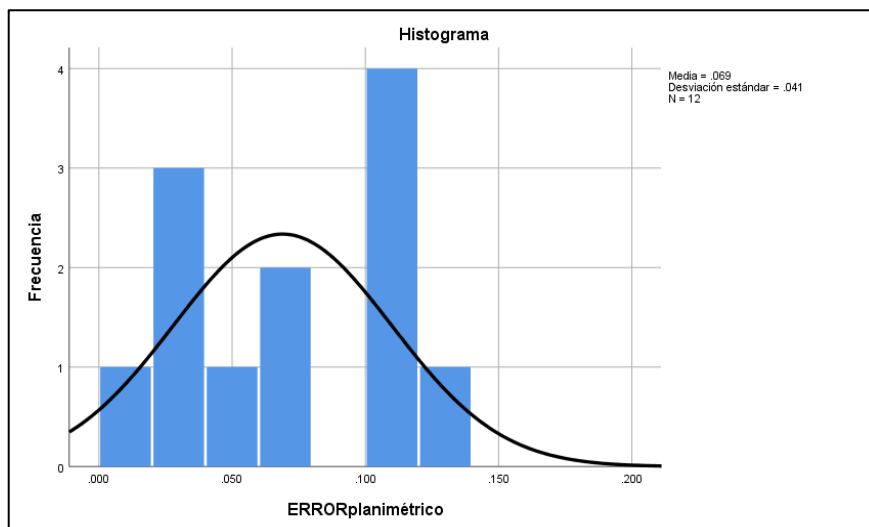


Figura 114. Histograma de error, frecuencia – error planimétrico.
Fuente: (SPSS)

4.2.1.5.4. Definición de la prueba estadística a realizar

Prueba estadística

- Prueba de T de Student para una muestra

4.2.1.5.5. Planteamiento de la hipótesis

H₀: U=0.20m
La media de los errores obtenidos a través de la fotogrametría después de la colocación de puntos de control terrestre, respecto al levantamiento topográfico convencional es igual a 0.20m a un nivel de confianza del 90%.

H₁: U<0.20m
La media de los errores obtenidos a través de la fotogrametría después de la colocación de puntos de control terrestre, respecto al levantamiento topográfico convencional es menor a 0.20m a un nivel de significancia del 10%.

4.2.1.5.6. Nivel de significancia

Nivel de confianza

- NC = 0.90 ó 90%

Definición de Alfa

- $\alpha = 0.10$ ó 10%

4.2.1.5.7. Desarrollo

Prueba T de student para una muestra (Calculo del P. Valor)

Tabla 84.

Estadísticas para una muestra.

Estadísticas para una muestra				
	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
ERROR planimétrico	12	.06892	.040980	.011830

Nota: Fuente, elaboración propia.

Tabla 85.

Prueba T para una muestra.

Valor de prueba = 0.20						
	t	gl	Sig. (Unilateral)	Diferencia de medias	90% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
ERROR planimétrico	-11.081	11	.000	-.131083	-.15233	-.10984

Nota: Fuente, elaboración propia.

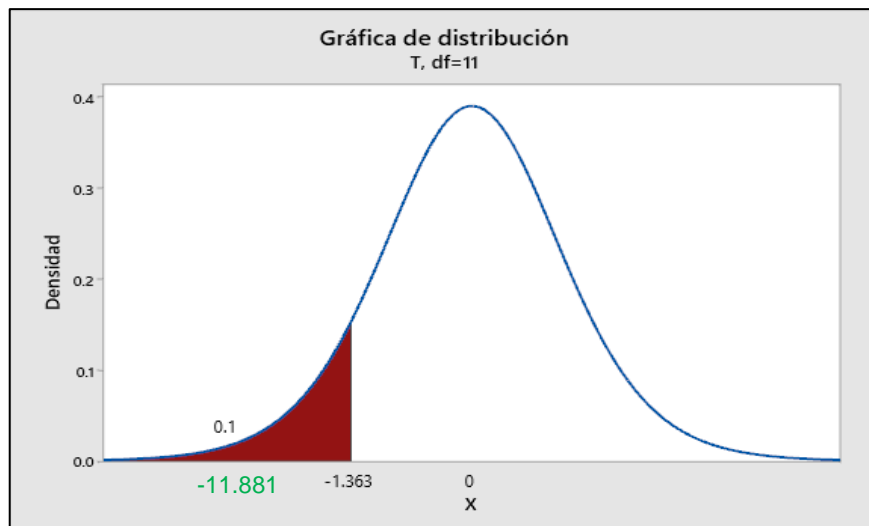


Figura 115. Curva T student, con puntos de control a 250 m. Fuente: (SPSS)

4.2.1.5.8. Decisión

El valor de significancia es igual a $0.00 < 0.10$ por lo que la media de los errores obtenidos a través de la fotogrametría después de la colocación de puntos de control terrestre con respecto a los datos obtenidos con estación total debidamente georreferenciados con puntos geodésicos enlazados a la red de datos del IGN no es igual a 0.20m, de tal manera se acepta la hipótesis alterna $H_1: U < 0.20m$.

Asimismo, el valor t calculado -11.881 es menor a -1.363, por lo que se reafirma que la media de los errores obtenidos a través de la fotogrametría después de la colocación de puntos de control terrestre, respecto al levantamiento topográfico convencional es menor a 0.20m.

4.2.1.5.9. Conclusión

Según el parámetro de evaluación del ancho de servidumbre de paso de 2m, un error de 0.20m no incide en el diseño de la red de distribución de agua con sistema a presión en el ámbito rural, siendo la media $0.06892 < 0.20m$, es aceptable realizar el levantamiento fotogramétrico con puntos de control terrestre a 250m.

4.2.1.6. Con puntos de control a 250 m en altimetría

4.2.1.6.1. Datos obtenidos

A continuación, se muestra los datos obtenidos a través del levantamiento topográfico convencional y el levantamiento fotogramétrico en Altitud.

Tabla 86.

Datos obtenidos en altitud.

N° de puntos	Descripción	Estación Total	Drone
		Z (Altitud)	Z (Altitud)
1	PC10	3816.448	3816.600
2	PC15	3814.682	3814.660
3	PC21	3813.858	3813.820
4	PC23	3814.614	3814.610
5	PC24	3815.182	3815.210
6	PC25	3815.040	3815.080
7	PC26	3814.847	3814.970
8	PC31	3816.096	3816.160
9	PC33	3834.406	3834.020
10	PC5	3814.046	3814.140
11	PC6	3815.717	3815.700
12	PC9	3816.097	3816.150

Nota: Fuente, elaboración propia.

4.2.1.6.2. Cálculo de error

Se realizó el cálculo de error en altimetría del levantamiento fotogramétrico con respecto al levantamiento topográfico convencional.

Tabla 87.

Error altimétrico.

N° de puntos	Descripción	Error altimétrico
1	PC10	-0.152
2	PC15	0.022
3	PC21	0.038
4	PC23	0.004
5	PC24	-0.028
6	PC25	-0.040
7	PC26	-0.123
8	PC31	-0.064
9	PC33	0.386
10	PC5	-0.094
11	PC6	0.017
12	PC9	-0.053

Nota: Fuente, elaboración propia.

Dichos datos serán ingresados al SPSS para la realización del análisis estadístico

4.2.1.6.3. Obtención de datos estadísticos

Tabla 88.

Datos estadísticos de altimetría.

Descriptivos		Estadístico	Desv. Error
ERROR	Media	-.00725	.039596
altimétrico	90% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	-.07836
		Límite superior	.06386
	Media recortada al 5%		-.02106
	Mediana		-.03400
	Varianza		.019
	Desv. Desviación		.137165
	Mínimo		-.152
	Máximo		.386
	Rango		.538

Rango intercuartil	.107	
Asimetría	2.341	.637
Curtosis	6.923	1.232

Nota: Fuente, elaboración propia.

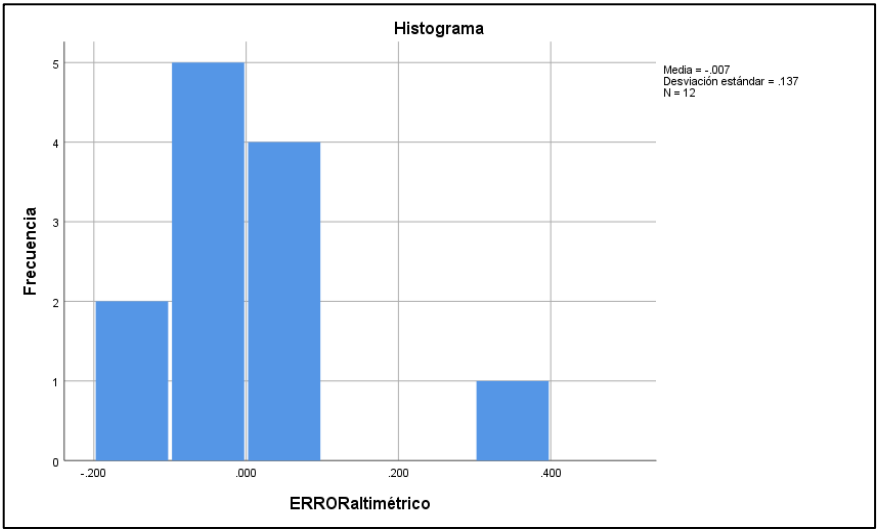


Figura 116. Histograma de error, frecuencia – error planimetro.
Fuente: (SPSS)

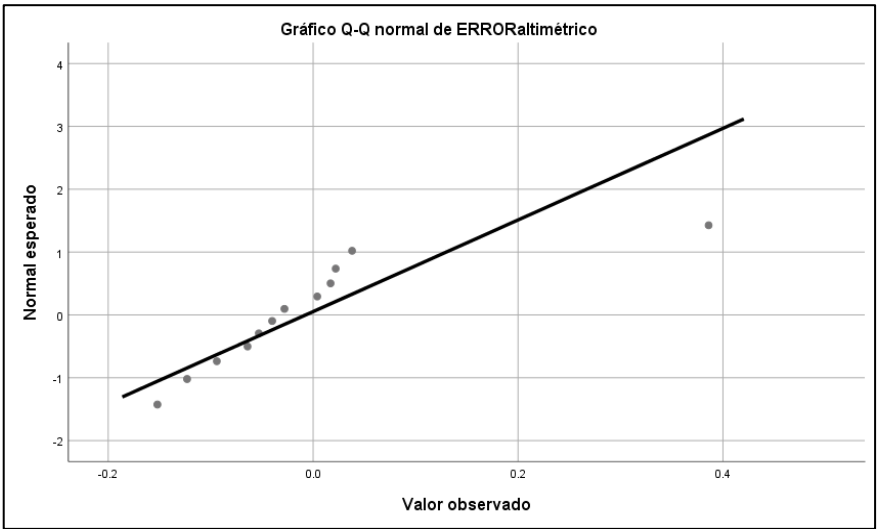


Figura 117. Tendencia de error planimétrico, normal esperado – valor observado.
Fuente: (SPSS)

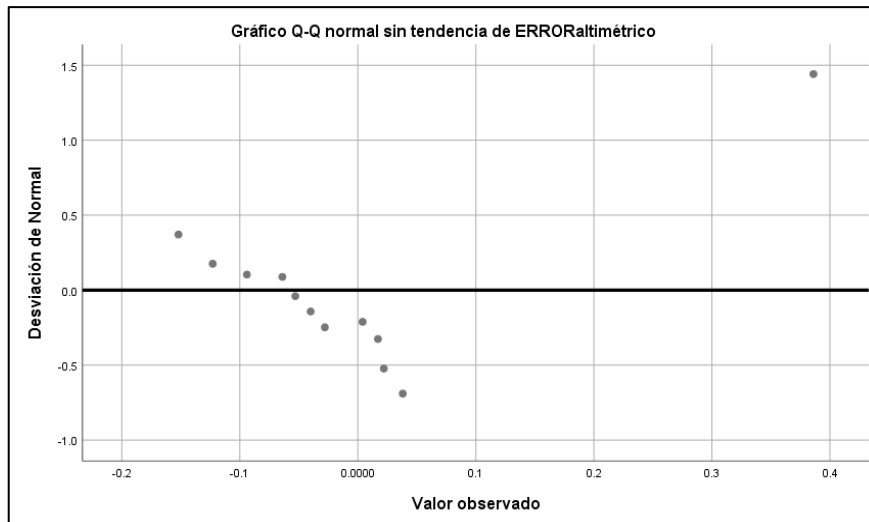


Figura 118. Error planimétrico sin tendencia, desviación normal – valor observado.
Fuente: (SPSS)

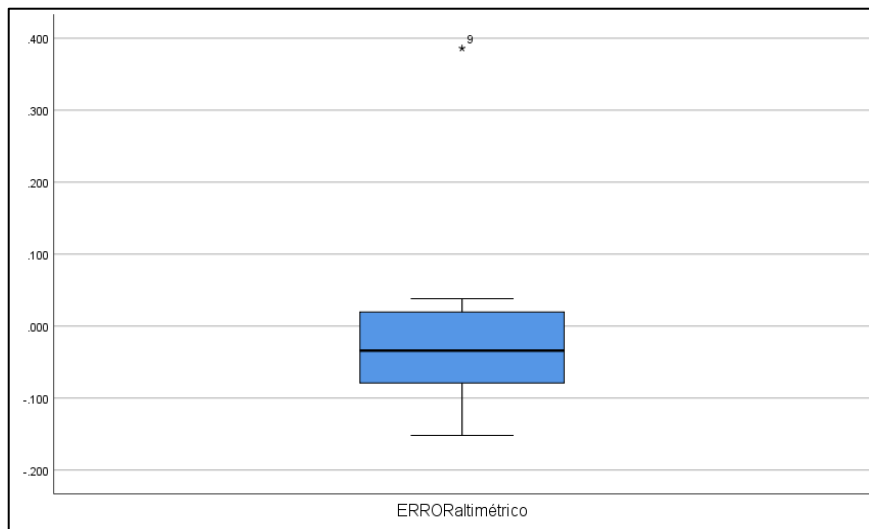


Figura 119. Diagrama de caja, variable error planimétrico – mediana.
Fuente: (SPSS)

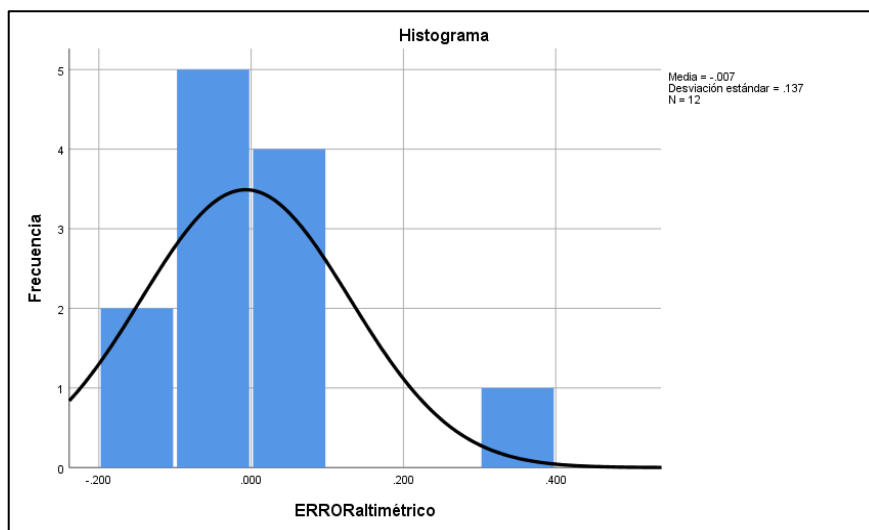


Figura 120. Histograma de error, frecuencia – error altimétrico.
Fuente: (SPSS)

4.2.1.6.4. Definición de la prueba estadística a realizar

Prueba estadística

- Prueba de T de Student para una muestra

4.2.1.6.5. Planteamiento de la hipótesis

H₀: U=0.50m
La media de los errores obtenidos a través de la fotogrametría después de la colocación de puntos de control terrestre, respecto al levantamiento topográfico convencional es igual a 0.50m a un nivel de confianza del 90%.

H₁: U<0.50m
La media de los errores obtenidos a través de la fotogrametría después de la colocación de puntos de control terrestre, respecto al levantamiento topográfico convencional es menor a 0.50m a un nivel de significancia del 10%.

4.2.1.6.6. Nivel de significancia

Nivel de confianza

- NC = 0.90 ó 90%

Definición de Alfa

- $\alpha = 0.10$ ó 10%

4.2.1.6.7. Desarrollo

Prueba T de Student para una muestra (Calculo del P. Valor)

Tabla 89.

Estadísticas para una muestra.

Estadísticas para una muestra				
	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
ERROR altimétrico	12	-.00725	.137165	.039596

Nota: Fuente, elaboración propia.

Tabla 90.

Prueba T para una muestra.

Valor de prueba = 0.50						
	t	gl	Sig. (Unilateral)	Diferencia de medias	90% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
ERROR altimétrico	-12.811	11	.000	-.507250	-.57836	-.43614

Nota: Fuente, elaboración propia.

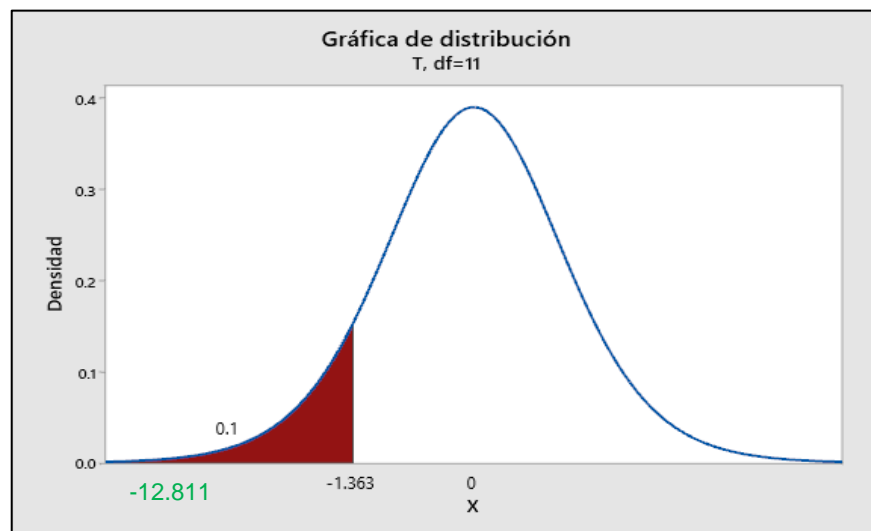


Figura 121. Curva T student, con puntos de control a 250 m.
Fuente: (SPSS)

4.2.1.6.8. Decisión

El valor de significancia es igual a $0.00 < 0.10$ por lo que la media de los errores obtenidos a través de la fotogrametría después de la colocación de puntos de control terrestre con respecto a los datos obtenidos con estación total debidamente

georreferenciados con puntos geodésicos enlazados a la red de datos del IGN no es igual a 0.50m.

Asimismo, el valor t calculado -12.811 es menor a -1.363, por lo que se reafirma que la media de los errores obtenidos a través de la fotogrametría después de la colocación de puntos de control terrestre, respecto al levantamiento topográfico convencional es menor a 0.50m.

4.2.1.6.9. Conclusión

Según los criterios de diseño de la red de distribución de agua potable en el ámbito rural establece la presión mínima de 5mca por lo que un error de 0.50m no incide en el diseño de la red de distribución de agua con sistema a presión, siendo la media $-0.00725 < a 0.50m$, es aceptable realizar el levantamiento fotogramétrico con puntos de control terrestre a 250 m.

4.2.3. Resumen de resultados

4.2.1.7. Alternativa 01

En la presente tabla resumen se aprecia los resultados finales de los cálculos realizados a partir de datos obtenidos en campo, a una altura de vuelo del drone de 150m, asimismo se puede observar resultados coherentes ya que se afirma las hipótesis que el levantamiento fotogramétrico es aceptable para el diseño de la red de distribución agua potable en el sector de Sullata de la Comunidad Campesina de Collana del distrito de Taraco – Huancané – Puno, con puntos de control a 250m, sin embargo no sucede lo mismo para puntos de control a 375 y 625m, ya que solo son aceptables en planimetría y no en altimetría.

Tabla 91.

Altura de vuelo del drone a 150m

Puntos de control a	División de la topografía	Grados de libertad	Media (A)	Desv. estándar	T critico	T calculado	Parámetro de evaluación (m) (B)	Significancia	Evaluación preliminar ¿Aceptable?	Evaluación final ¿Aceptable?
625m	Planimetría	31	0.110	0.052	-1.309	-9.846	0.20	0.000	SI	NO
	Altimetría	31	1.334	0.471	-1.309	10.012	0.50	0.000	NO	
375m	Planimetría	12	0.096	0.047	-1.356	-7.921	0.20	0.000	SI	NO
	Altimetría	12	0.594	0.279	-1.356	1.209	0.50	0.250	NO	
250m	Planimetría	15	0.071	0.040	-1.341	-12.900	0.20	0.000	SI	SI
	Altimetría	15	-0.037	0.052	-1.341	-41.357	0.50	0.000	SI	

Nota: Fuente, elaboración propia.

A continuación, se muestra los diagramas de barras a una de altura de vuelo del dron de 150m en planimetría, y se observa que el error en la media desciende a medida que se acorta las distancias entre puntos de control.

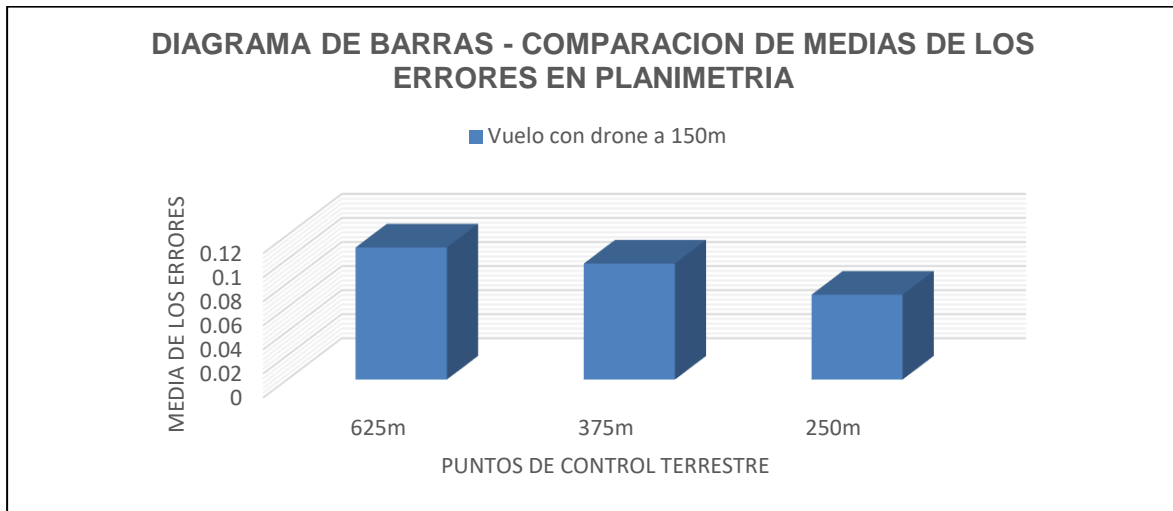


Figura 122. Comparación de error medio en planimetría.
Fuente: (Elaboración propia)

Asimismo, se muestra los diagramas de barras a una de altura de vuelo del dron de 150m en altimetría, y se observa que el error en la media desciende a medida que se acorta las distancias entre puntos de control.

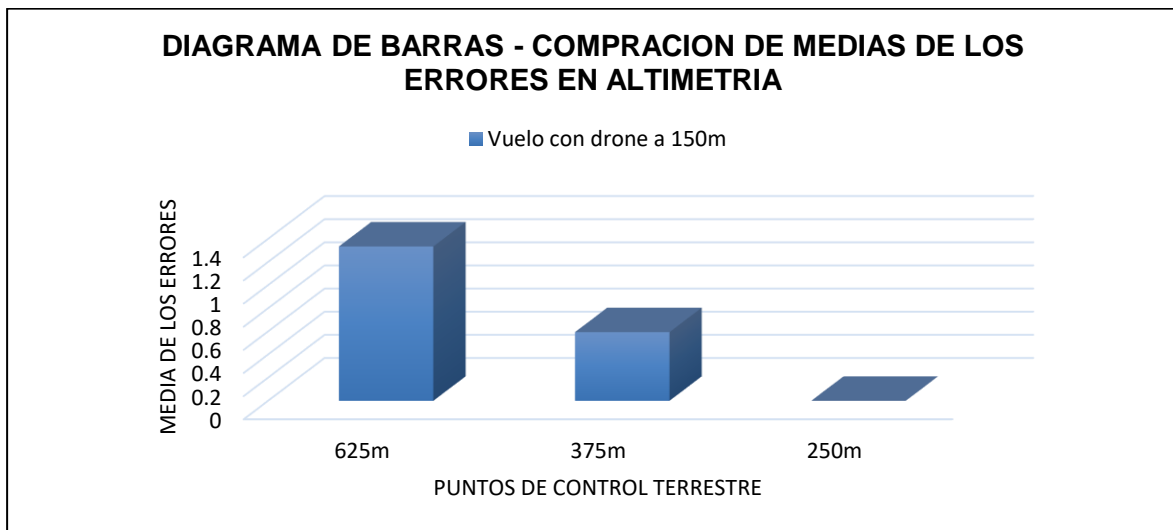


Figura 123. Comparación de error medio en altimetría.
Fuente: (Elaboración propia)

En conclusión el levantamiento fotogramétrico con drone con puntos de control terrestre a 250m, cumple con los parámetros mínimos para el diseño para la red de distribución de agua potable en el ámbito rural optados para la evaluación, siendo estos de 0.50m en altimetría de la presión mínima de 5mca y 0.20m en planimetría del ancho de servidumbre de paso de 2m, sin embargo el levantamiento fotogramétrico con drone con puntos de control a 375m y 625m no cumplen con los parámetros de evaluación en altimetría por lo que no es aceptable realizar un levantamiento fotogramétrico con la separación de dichos puntos de control terrestre.

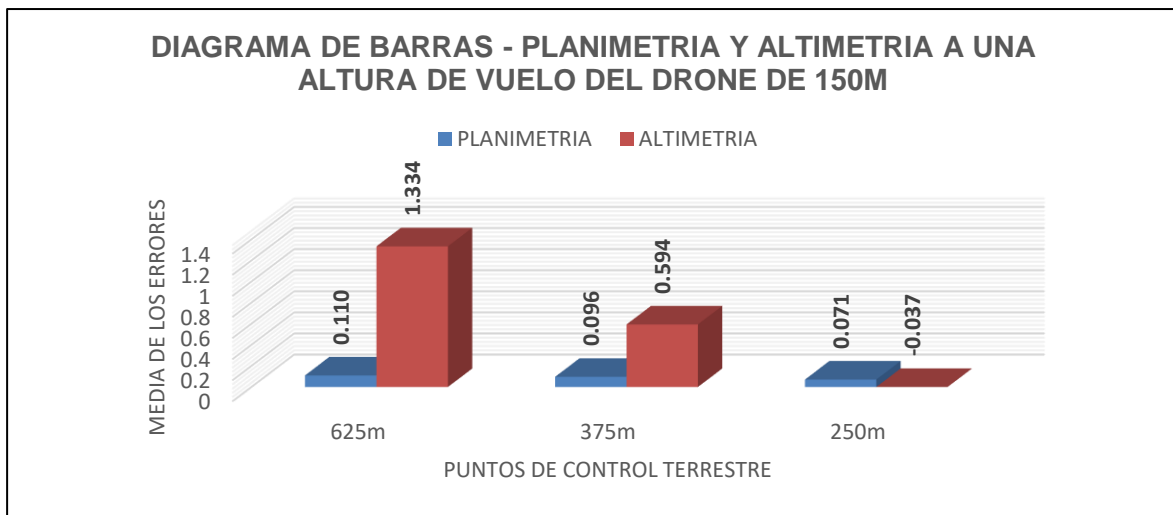


Figura 124. Comparación de error medio en planimetría y altimetría.
Fuente: (Elaboración propia)

4.2.1.8. Alternativa 02

En la presente tabla resumen se aprecia los resultados finales de los cálculos realizados a partir de datos obtenidos en campo, a una altura de vuelo del dron de 250m, asimismo se puede observar resultados coherentes ya que se afirma las hipótesis que el levantamiento fotogramétrico es aceptable para el diseño de la red de distribución agua potable en el sector de Sullata de la Comunidad Campesina de Collana del distrito de Taraco – Huancané – Puno, con puntos de control a 250m y 375m, sin embargo no sucede lo mismo para puntos de control a 625m, ya que solo es aceptable en planimetría y no en altimetría.

Tabla 92.

Altura de vuelo del dron 250m

Puntos de control a	División de la topografía	Grados de libertad	Media (A)	Desv. estándar	T critico	T calculado	Parámetro de evaluación (m) (B)	Significancia	Evaluación preliminar ¿Aceptable?	Evaluación final ¿Aceptable?
625m	Planimetría	32	0.090	0.057	-1.309	-11.082	0.20	0.000	SI	NO
	Altimetría	32	0.533	0.223	-1.309	0.854	0.50	0.400	NO	
375m	Planimetría	12	0.071	0.055	-1.356	-8.472	0.20	0.000	SI	SI
	Altimetría	12	0.331	0.270	-1.356	-2.262	0.50	0.043	SI	
250m	Planimetría	13	0.069	0.041	-1.363	-11.081	0.20	0.000	SI	SI
	Altimetría	13	-0.007	0.137	-1.363	-12.811	0.50	0.000	SI	

Nota: Fuente, elaboración propia.

A continuación, se muestra los diagramas de barras a una de altura de vuelo del drone de 250m en planimetría, y se observa que el error en la media desciende a medida que se acorta las distancias entre puntos de control.

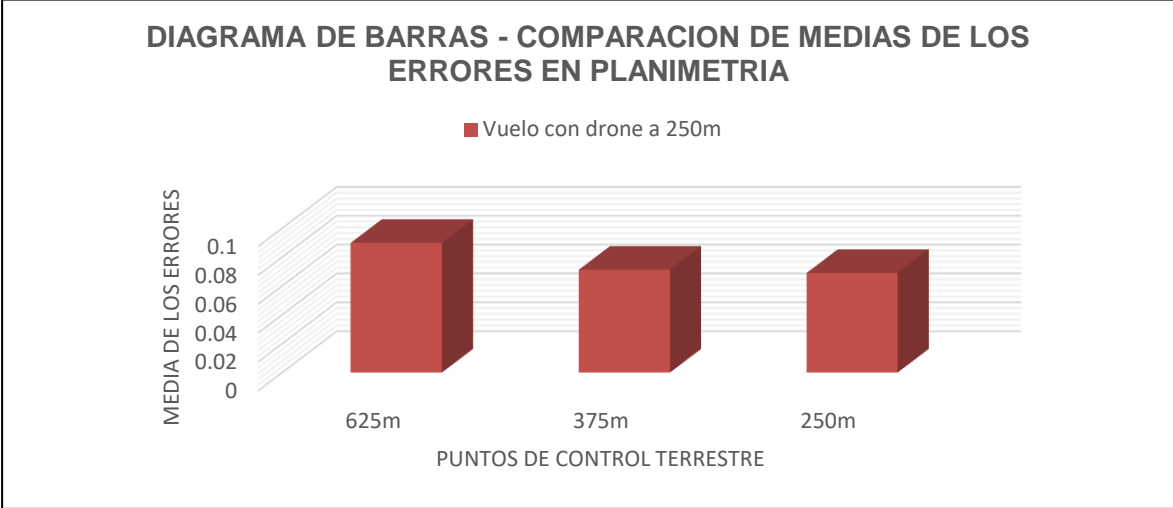


Figura 125. Comparación de error medio en planimetría.
Fuente: (Elaboración propia)

Asimismo, se muestra los diagramas de barras a una de altura de vuelo del drone de 250m en altimetría, y se observa que el error en la media desciende a medida que se acorta las distancias entre puntos de control.

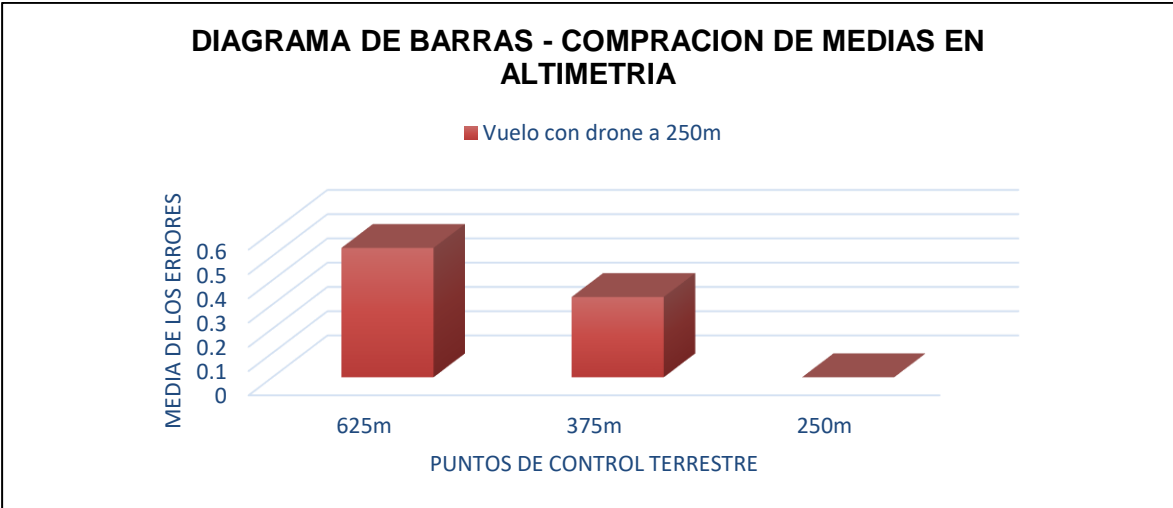


Figura 126. Comparación de error medio en altimetría.
Fuente: (Elaboración propia)

En conclusión el levantamiento fotogramétrico con drone con puntos de control a 250m y 375m, si cumplen con los parámetros mínimos de diseño para la red de distribución de agua potable en el ámbito rural optados para la evaluación, siendo de 0.50m en altimetría de la presión mínima de 5mca, asimismo de 0.20m en planimetría del ancho de servidumbre de paso de 2m, sin embargo el levantamiento fotogramétrico con drone con puntos de control a 625m no cumple con el parámetro de evaluación en altimetría por lo que no es aceptable realizar un levantamiento fotogramétrico con dichos puntos de control terrestre.

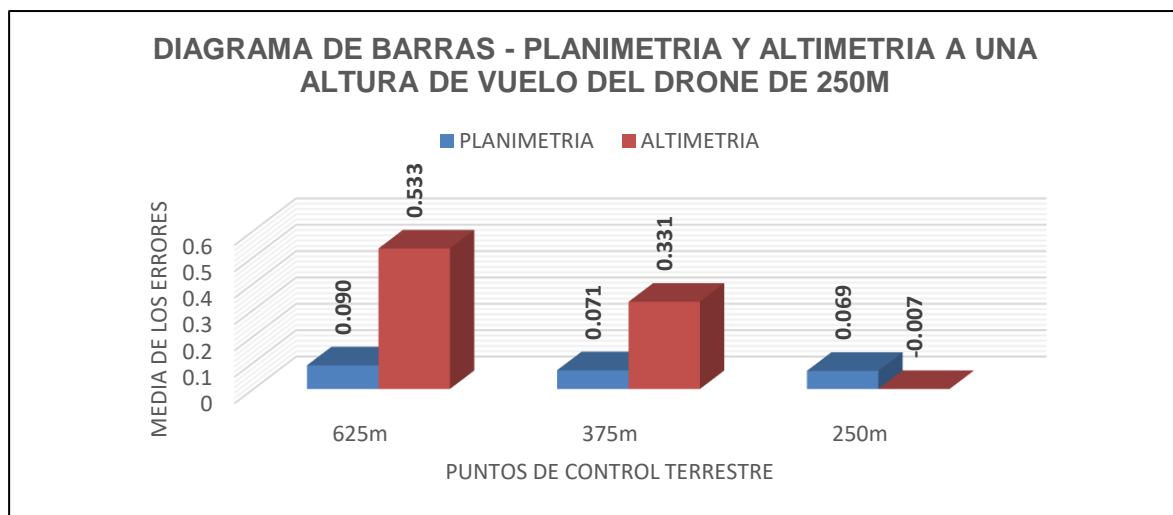


Figura 127. Comparación de error medio en planimetría y altimetría.

Fuente: (Elaboración propia)

4.2.1.9. Comparación de medias entre alternativa de evaluaciones 01 y 02

4.2.1.9.1. Planimetría

En el presente diagrama de barras se puede observar que se tiene mayor error en planimetría a una altura de vuelo de 150m en comparación con la altura de vuelo a 250m, por lo que se afirma que en planimetría se tiene mayor precisión a mayor altura de elevación del dron; sin embargo, la resolución de la ortofoto es menor al aumentar el tamaño de pixel, el cual no genera ningún inconveniente con respecto a la precisión de los datos topográficos.

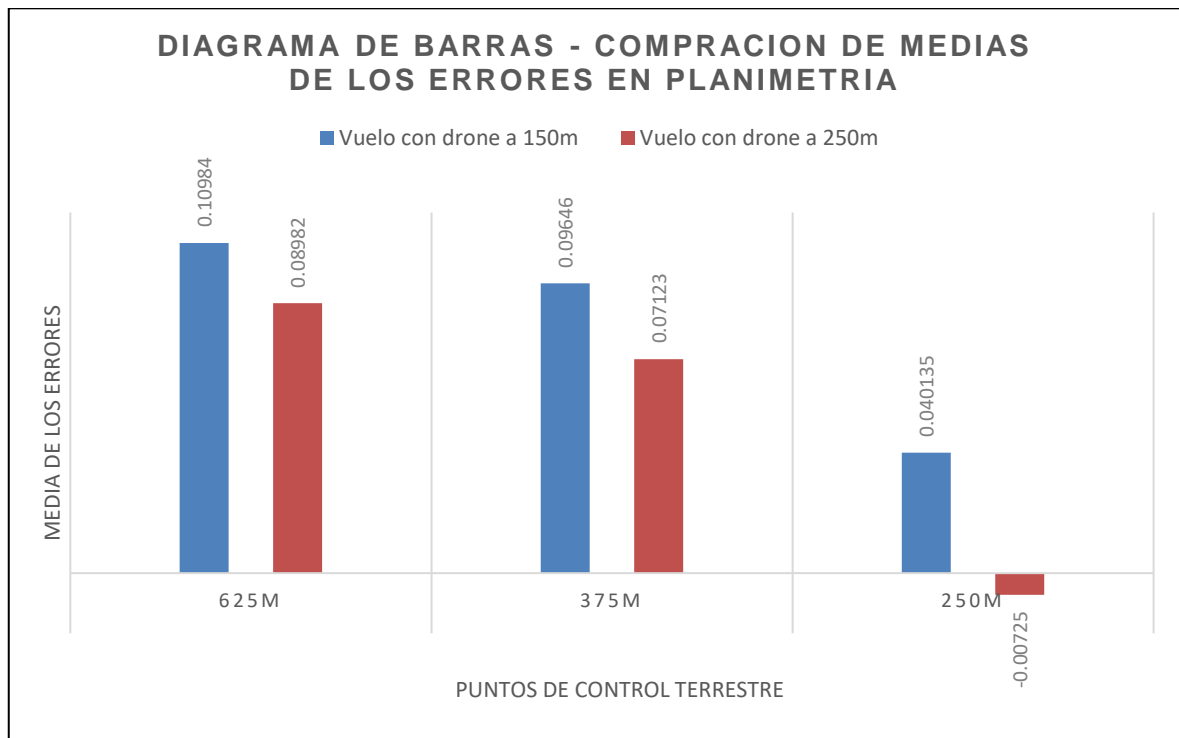


Figura 128. Comparación de error medio en planimetría entre alternativa 01 (150 m de vuelo) y alternativa 02 (250 m de vuelo).
Fuente: (Elaboración propia)

4.2.1.9.2. Altimetría

En el presente diagrama de barras se puede observar que se tiene mayor error en altimetría a una altura de vuelo de 150m en comparación con la altura de vuelo a 250m, por lo que se afirma que en altimetría se tiene mayor precisión a mayor altura de elevación del dron; sin embargo, la resolución de la ortofoto es menor al aumentar el tamaño de

pixel, el cual no genera ningún inconveniente con respecto a la precisión de los datos topográficos.

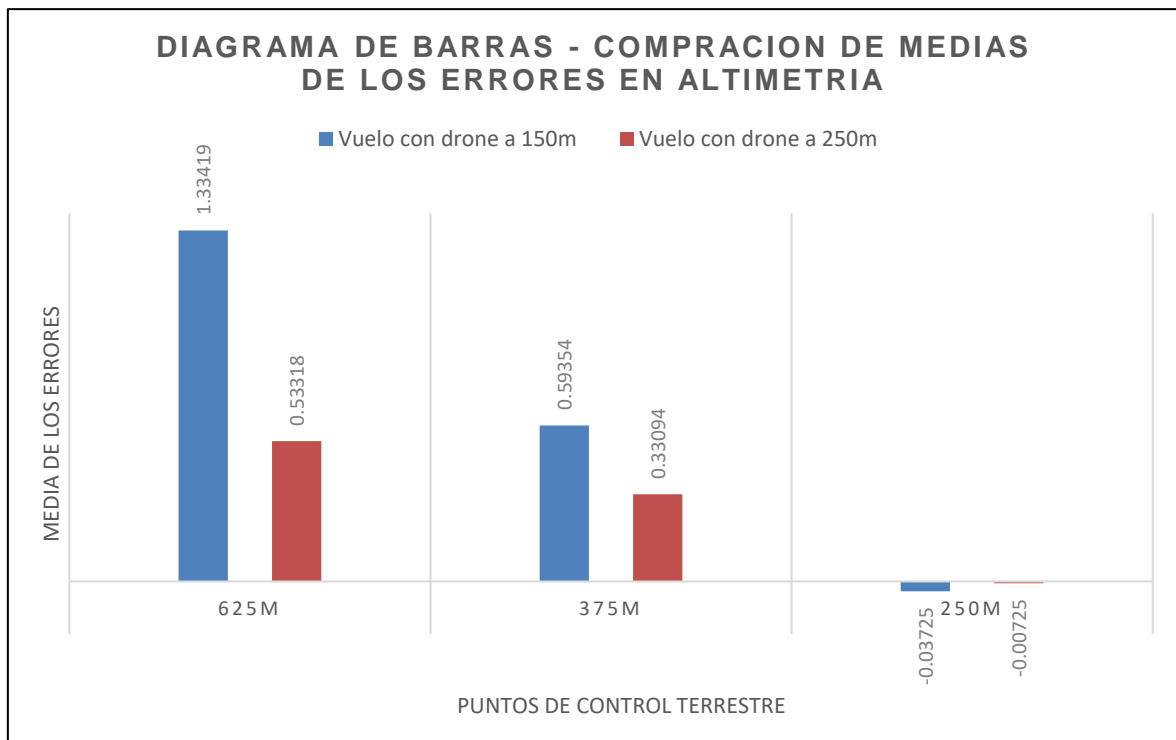


Figura 129. Comparación de error medio en planimetría entre alternativa 01 (150 m de vuelo) y alternativa 02 (250 m de vuelo).
Fuente: (Elaboración propia)

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

PRIMERO. - Según los cálculos realizados a partir de datos obtenidos en campo, a una altura de vuelo del dron de 150 m, se concluye que el levantamiento fotogramétrico con dron, es aceptable con puntos de control a 250 m y no a 375 m y 625 m; de igual manera, a una altura de vuelo del dron de 250 m, son aceptables con puntos de control a 250 m y 375 m y no a 625 m para el diseño de la red de distribución de agua potable en el sector de Sullata de la Comunidad Campesina de Collana del distrito de Taraco – Huancané – Puno.

SEGUNDO. – El levantamiento fotogramétrico con dron a una altura de vuelo de 150 m, con puntos de control terrestre a 625 m la media de los errores es 0.110, a 375 m es 0.096 y a 250 m es 0.071 en planimetría, respecto al levantamiento topográfico convencional; son aceptables para el diseño de la red de distribución de agua potable a presión en el ámbito rural.

TERCERO. - El levantamiento fotogramétrico con dron a una de altura de vuelo de 150m, con puntos de control a 625 m la media de los errores es 1.334, a 375 m es 0.594 y a 250 m es -0.037 en altimetría, respecto al levantamiento topográfico convencional; es aceptable a 250 m y no a 625 m, 375 m para el diseño de la red de distribución de agua potable a presión en el ámbito rural.

CUARTO. - El levantamiento fotogramétrico con dron a una de altura de vuelo de 250 m, con puntos de control a 625 m la media de los errores es 0.090, a 375 m es 0.071 y a 250 m es 0.069 en planimetría, respecto al levantamiento topográfico convencional; son aceptables para el diseño de la red de distribución de agua potable a presión en el ámbito rural.

QUINTO. - El levantamiento fotogramétrico con dron a una de altura de vuelo de 250 m, con puntos de control a 625 m la media de los errores es 0.533, a 375 m es 0.331 y a 250m es -0.007 en altimetría, respecto al levantamiento topográfico convencional, es aceptable a 375 m, 250 m y no a 625 m para el diseño de la red de distribución de agua potable a presión en el ámbito rural.

5.2 Recomendaciones

PRIMERO. - Se recomienda el uso de dron para realizar levantamientos topográficos en proyectos de saneamiento en el ámbito rural, siendo esta una herramienta versátil y rápida en la obtención de datos topográficos, los resultados dependerán de la altura de vuelo y separación de los puntos de control terrestre.

SEGUNDO. - Se recomienda realizar levantamientos fotogramétricos con dron a una altura de vuelo de 150 m con puntos de control terrestre a 250 m en proyectos de agua y saneamiento en el ámbito rural.

TERCERO. – Se recomienda realizar levantamientos fotogramétricos para una altura de vuelo del dron de 250 m con puntos de control terrestre a 375 m y 250 m en proyectos de agua y saneamiento en el ámbito rural.

CUARTO. - Se recomienda colocar puntos de control terrestre de manera equidistante los cuales deben ser planificados en gabinete, cuya separación dependerá de la altura de vuelo del dron, considerando de que a mayor altura de vuelo se requerían menor cantidad de puntos de control terrestre.

QUINTO. – Se recomienda que para realizar levantamiento topográfico convencional con estación total debe estar georreferenciada con puntos geodésicos enlazados a la red de datos del IGN.

REFERENCIAS

- Abreu, J. (2012). Hipótesis, Método & Diseño de Investigación. *International Journal of Good Conscience*, 7(2), 187 - 197. Obtenido de [http://www.spentamexico.org/v7-n2/7\(2\)187-197.pdf](http://www.spentamexico.org/v7-n2/7(2)187-197.pdf)
- Alcántara, D. (2007). *Topografía y sus aplicaciones*. México: Grupo editorial patria.
- Arriola, V. S. Ferencz, A. A. & Rimolo, D. R. (2018). Fotogrametría Terrestre con Sistemas Aéreos Autónomos No Tripulados. Proyecto de Investigación. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica.
- ASPRS - American Society for Photogrammetry and Remote Sensing. (2015). *ASPRS Positional Accuracy Standards for Digital Geospatial Data. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 81(3), A1–A26. doi:10.14358/PERS.81.3.A1
- Ayala, V. M. (2018). *Evaluación de levantamientos topográficos con drone (dji phantom 4 pro) y estación total, quebrada Señor de Quinuapata del distrito de Ayacucho, Perú 2018*. Tesis. Universidad Privada de Trujillo, Trujillo.
- Bannister, A. Raymond, S. & Baker, R. (2002). *Técnicas Modernas en Topografía*. Mexico, Mexico: Alfaomega.
- Bonneval, H. (1972). *Photogrammétrie Générale*. Madrid, España: Eyrolles.
- Borja, M. (2012). *Metodologías de la Investigación Científica*. Chiclayo - Peru.
- Bortolot, Z. J. & Wynne, R. H. (2005). *Estimating forest biomass using small footprint LiDAR data: An individual tree-based approach that incorporates training data*. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 59(6), 342–360.
- Claros Z. R. Guevara A. A. & Pacas, C. N. (2016). *Aplicación de fotogrametría aérea en levantamientos topográficos mediante el uso de Vehículos Aéreos No Tripulados*. Tesis. Universidad de El Salvador, San Miguel, El Salvador.
- Dominguez, G. F. (2007). *Topografía General y Aplicada*. Madrid, España: Mundi - Prensa.
- Escalante, T. J. Caceres J. J. & Porras, D. H. (2016). *Ortomosaicos y modelos digitales de elevación generados a partir de imágenes tomadas con sistemas UAV*. *Tecnura*, 20(50), 119 - 140.
- Fernandez, G. S., & Gil, D. L. (2012). *Topografía y Geometría Básicas en Ingeniería*. Madrid, España: Bellisco Ediciones.

- Garcia M. F. (2005). *El Topografo Descalzo - Manual de Topografía Aplicada*. Mexico, Mexico: Editorial Pax Mexico.
- Hernandez, R. Fernandez, C. & Baptista, P. (2010). *Metodología de la investigación (5ta edición)*. México: Mc Graw Hill.
- Holler, W. Serrato, R. Graca, L. Cruz, W. & Cristo, D. (2018). *Avaliação de acurácia e precisão de modelos digitais de superfície a partir de diferentes aeronaves remotamente pilotadas*. Revista Técnico-Científica do CREA-PR - ISSN 2358-5420.
- Hurtado, J. (2000). *Metodología de la Investigación Holística*. Caracas, Venezuela: Fundacion Sypal.
- Instituto Geografico Nacional (IGN). (2011). *Especificaciones Técnicas para la Producción de Cartografía Básica escala 1:1 000*. Perú.
- Instituto Geográfico Nacional. (2005). *Proyecto de Normas Técnicas de Levantamientos Geodésicos*. Perú.
- Jan, M. & Vladimir, J. (2016). *Suitability of digital elevation models generated by uav photogrammetry for slope stability assessment (case study of landslide in Svätý Anton, Slovakia)*. Acta Scientiarum Polonorum, 15 (4), 439-449. doi:<http://dx.doi.org/10.15576/ASP.FC/2016.15.4.439>
- Jaud, M., Passot, S., Bivic, R., Delacourt, C., Grandjean, P., & Dantec, N. (2016). *Assessing the Accuracy of High Resolution Digital Surface Models Computed by PhotoScan Micmac in Sub-Optimal Survey Conditions*. Remote sensing, 8, 1-18. doi:10.3390/rs80604
- Jauregui, L. (2012). *Fotogrametria Digital. Material de clases*. Universidade de los Andes Venezuela, Venezuela.
- Jimenez C. W. & Prado, G. J. (2017). *Análisis técnico comparativo entre los métodos topográficos tradicionales y el método de aerofotogrametría con vehículo aéreo no tripulado*. Tesis. Escuela Politecnica Nacional, Quito.
- Marcos, R. J., Gil D. M., Ortiz S., J., Martinez R., S., Garrido L., F., Sanchez S., L., (2016). *Determinación de biomasa en parcelas de cultivos herbáceos mediante cámaras ópticas elevadas por medio de vehículos aéreos no tripulados (UAV)*. Investigación Cualitativa en Ingeniería y Tecnología, 4, 95-103.
- Martinez , R., Marchamalo, M., & Velilla, L. (2011). *Topografía Aplicada*. Madrid, España: Bellisco Ediciones.


- McCormac, J. (2007). *Topografía*. Ciudad de Mexico, Mexico: Limusa Wiley.
- Mendoza, D. J. (2008). *Topografía Técnicas Modernas*. Lima, Pais: Lima: Sol de oro.
- Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. (16 de Mayo de 2018). Norma Técnica de Diseño: *Opciones tecnológicas para sistemas de saneamiento en el ámbito rural*. Resolución Ministerial N° 192 - 2018 - Vivienda. Lima, Perú.
- Narvaez, E. & Llontop, L. (2007). *Manual de Topografía General*. Lima, Peru: Ciencias.
- Perez , P. (2010). *Topografía*. Medellín, Editorial Textos Academicos, Colombia: ITM.
- Perez A, J. (s.f.). *Apuntes de Fotogrametría III. Tesis*. Universidad de Extremadura, Merida, Venezuela.
- Quiros, R. E. (2014). *Introducción a la Fotogrametría y Cartografía aplicadas a la Ingeniería Civil*. Caceres, España: Universidad de Extremadura. Servicio de Publicaciones.
- Reyes, P. A. (s.f.). *Fotogrametría Digital*. Disertacion. Universidad de Jaén, España.
- Sanchez, V. I. (2017). *Determinar el grado de confiabilidad del levantamiento topografico con drone en la plaza San Luis - 2017*. Tesis. Universidad Cesar Vallejo, Chimbote.
- Tacca, Q. H. (2015). *Comparacion de resultados obtenidos de un levantamiento topografico utilizando la fotogrametría con drones al metodo tradicional*. Tesis. Universidad Nacional del Altiplano, Puno.
- Tigre S.A. (Diciembre de 2018). *Tubos y conexiones*. Obtenido de Catálogo de Infraestructura Unión Flexible y Unión Rieber (JEL): <https://www.tigre.pe/>
- Torres, A. & Villate, E. (1961). *Topografía*. Bogota, Colombia: Editorial Escuela Colombiana de Ingenieria.
- Vargas, C. Z. R. (2009). *La Investigacion Aplicada: Una Forma de Conocer la Realidad con Evidencia Científica*. Revista Educacion, 33(1), 155-165. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/440/44015082010.pdf>
- VERHOEVEN, G. (2011). *Taking Computer Vision Aloft - Archaeological Three-dimensional Reconstructions from Aerial Photographs with PhotoScan*. Archaeological Prospection, 18(1), 67–73 . doi:10.1002/arp.399
- Wolf, P. & Ghilani, C. (2016). *Topografía*. Ciudad de Mexico, Mexico: Alfaomega.
- Yoo, C. I., Oh, Y. S., & Choi, Y. J. (2018). Coastal mapping of jinu-do with uav for Busan smart city, Korea. The International Archives of the Photogrammetry, Remote

Sensing and Spatial Information Sciences, XLII(4), 725-729. Obtenido de <https://www.int-arch-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/XLII-4/725/2018/isprs-archives-XLII-4-725-2018.pdf>

ANEXOS

Anexo A. Certificado de calibracion de equipos

A.1. Certificado de calibración de estación total



Dirección: Dos de Mayo # 1004 - San Isidro
 Teléfono: (511) 204-6430 / ENTEL: 993 526 869
 Servicio Técnico: (511) 204-6440
 Movistar RPM: #952 534 114
 Sitio Web: www.surveyrental.net

San Isidro 22. Junio 2019

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

A petición de PROYECTOS E INGENIERIA CONTRATISTAS GENERALES E.I., la empresa SURVEY RENTAL & SALES SAC, le expide el presente Certificado de Calibración por un (01);

ESTACION TOTAL MARCA SOKKIA MODELO SET650X

Con N° de serie 110654, dicho instrumento ha sido revisado y calibrado todos los puntos en nuestro laboratorio y se encuentra en perfecto estado de funcionamiento de acuerdo a los estándares internacionales establecidos (DIN18723).


Equipo de calibración utilizado:

Equipo /Modelo	Marca	Serie
GEOMAX ZOOM 35 PRO 1'	GEOMAX	2832282

Resultados:


Valor de Patrón	Valor Obtenido	Precisión Angular	Error Medido
VR: 360° 00' 00"	360° 00' 02"	6"	2"
HZ: 180° 00' 00"	180° 00' 02"	6"	2"

Certificado Por:
Ing. José Quispe Peña
Supervisor de Laboratorio



Fecha Emisión:
22. Junio 2019
Fecha Vencimiento:
22. Diciembre 2019

Your authorized Distributor of



Part of Hexagon Group

A.2. Certificado de calibración de nivel



CONSTRUCTORA VITORINO SAC
INGENIERÍA, MONTAJE Y TOPOGRAFÍA

CALIBRACION - MANTENIMIENTO - REPARACIÓN - VENTA



ORD. Niv°9899601-11-19

CERTIFICADO DE CALIBRACION CERTIFICATE OF CALIBRATION

OTORGADO A: ELVIS BRAHYAN OLIVERA ESPINOZA

1- DATOS DEL EQUIPO:

EQUIPO	MARCA	MODELO	MAGNIF. OPTICA	PRESICION	SERIE
NIVEL AUTOMATICO	TOPCON	AT-B4A	24X	2.00 mm	WP-031035

2- INSPECCION SISTEMA MEDIDA ALTIMETRICA:

Sensibilidad de Compensador			Perfecto Estado		
Recorrido de Compensador			Perfecto Estado		

Vista (+)	Vista (-)	ALT. INSTRUM	COTA PATRON	COTA CALC.	ERROR	DETALLE
1.523		2401.523	2400.000	2400.000	0.000	BM-1
	1.982		2399.545	2399.549	-0.004	BM-2

La revisión final se realiza en el colimador con lectura al infinito

EQUIPO DE CALIBRACION UTILIZADO Y RESULTADOS:

Equipo/Marca	Valor de Patrón	Precisión En 1 KM Doble de Nivelación	Error al Corregir
Optical Colimador f420-3ta	90°00'00"	+/- 1.0 mm	00 mm en milímetros

PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN:
Por medio del cierre Altimetrico en directa y en transito enfocando al infinito a través del Colimador.

PATRON UTILIZADO:
Colimador Modelo MOD F420-3TA, MARCA SOUTH, SERIE: COLL125484, Siendo controlado periódicamente con un teodolito de precisión de segundo recomendado por esta entidad, con el método de lecturas directo inverso y enfocados los reticulos de referencia al infinito garantizando el ajuste en +/- 0.5".

CONSTR. VITORINO Ha registrado la Calibración en nuestro Servicio Técnico el 01 de Noviembre del 2019; sugiriéndose una recalibración en un periodo máximo de 06 meses, aproximada al 01 de Mayo del 2020.

Emisión de Calibración:	Próxima Calibración:	Validez del Certificado:
01 de Noviembre del 2019	01 de Mayo del 2020	01 de Mayo del 2020



CONSTR. VITORINO SAC
INGENIERÍA, MONTAJE Y TOPOGRAFÍA

Ing. Don Vitorino T.
Calle Juan Pablo Vizcardo y Guzman F-14, Urb Manco Capac Distrito Paucarpata

959918325 / 974365477 054-324107 www.constructoravorino.com gerencia@constructoravorino.com

AREQUIPA - PERÚ

A.3. Certificado de operatividad del GPS

Equipos para Geomatica, Estaciones totales
GNSS, Software de Aplicaciones 3D
Escaner 3D, Machine Control



CERTIFICADO DE FUNCIONAMIENTO Y OPERATIVIDAD

Nº 13415T/20

OTORGADO A:

TURPO CAYO EFRAIN YURY

Equipos	Marca	Modelo	Serie
RECEPTOR GPS	TOPCON	HIPER SR	1064-10237

CUADRO DE PRECISIONES INDICADAS POR EL FABRICANTE: (1 sigma)

Equipos	POST PROCESO		RTK	
	* Horizontal	* Vertical	* Horizontal	* Vertical
RECEPTOR GNSS L1/L2,CA, RTK	3mm+0.5ppm	5mm+0.5ppm	10mm+1ppm	15mm+1ppm

* Por línea base
GEOMATIC INSTRUMENTS CORPORATION SAC "GEINCOR SAC" en su calidad de Único Distribuidor Autorizado de la Marca TOPCON, mediante su Laboratorio de Servicio Técnico certificado y autorizado por su proveedor Topcon Positioning Systems, certifica que habiendo efectuado las pruebas y regulaciones a los instrumentos anteriormente mencionados se encuentran dentro de las especificaciones técnicas de fábrica en lo referente a la precisión obtenida en postproceso y tiempo real.

PATRON UTILIZADO:
 Estacion de Rastro Permanente GNSS NET-G3A L1/L2, RTK con Antena Geodesica Choke Ring CR-G5, Software Pinnacle Post Proceso, patronados por el Fabricante Topcon.

NOTA:
 Los Receptores GNSS antes mencionados son de fabricacion Año 2012 y cuentan con las ultimas tecnologias aplicadas a los Sistemas GNSS, los cuales son reconocidos en el Peru por su alta precision y eficiencia en los trabajos efectuados.

Se expide el presente certificado a solicitud de la parte interesada, para los fines que estime conveniente.

Se sugiere efectuar una revision en el periodo máximo de 06 meses antes del 11 de Julio del 2020.

Santiago de Surco, 12 de Enero del 2020.



CHRISTIAN MENESES P.
GERENTE SERV. TECNICO



Nota: Tener en cuenta que los accesorios (Bases nivelantes y Bastones) son muy importantes para mantener la precision del Receptor GNSS. Revisar periodicamente dichos accesorios ya que esto puede ocasionar imprecisiones en su resultado.

Av. Paseo De La Castellana N° 567 - Surco

(01) 448 1889 / (01) 448 1891 / (01) 273 8230

946 206 342 981 044 863 981 044 865



ventas@geincor.com / geincor@geincor.com

www.geincor.com

Siguenos en: 

SOKKIA FARO Geomagic BDSYSTEMS Artrec 3D TOPCON



A.4. Ficha técnica de Drone Phantom 4 Pro

Specifications	
Aircraft	
Weight (Battery & Propellers Included)	1388 g
Max Ascent Speed	S-mode: 6 m/s; P-mode: 5 m/s
Max Descent Speed	S-mode: 4 m/s; P-mode: 3 m/s
Max Speed	45 mph (72 kph) (S-mode); 36mph (58 kph) (A-mode); 31 mph (50 kph) (P-mode)
Max Service Ceiling Above Sea Level	19685 ft (6000 m)
Max Flight Time	Approx. 30 minutes
Operating Temperature	32° to 104° F (0° to 40° C)
Satellite Positioning Systems	GPS/GLONASS
Hover Accuracy Range	Vertical: ±0.1 m (With Vision Positioning); ±0.5 m (With GPS Positioning) Horizontal: ±0.3 m (With Vision Positioning); ±1.5 m (With GPS Positioning)
Gimbal	
Controllable Range	Pitch: -90° to +30°
Vision System	
Velocity Range	≤31 mph (50 kph) at 6.6 ft (2 m) above ground
Altitude Range	0 - 33 ft (0 - 10 m)
Operating Range	0 - 33 ft (0 - 10 m)
Obstacle Sensory Range	2 - 98 ft (0.7 - 30 m)
Operating Environment	Surfaces with clear patterns and adequate lighting (> 15 lux)
Infrared Sensing System	
Obstacle Sensory Range	0.6 - 23 ft (0.2 - 7 m)
Operating Environment	Surface with diffuse reflection material, and reflectivity > 8% (such as wall, trees, humans, etc.)
Camera	
Sensor	1" CMOS; Effective pixels: 20M
Lens	FOV (Field of View) 84°, 8.8 mm (35 mm format equivalent: 24 mm), f/2.8 - f/11, auto focus at 1 m - ∞
ISO Range	Video: 100 - 3200 (Auto); 100 - 6400 (Manual); Photo: 100 - 3200 (Auto); 100 - 12800 (Manual)
Mechanical Shutter	8 - 1/2000 s
Electronic Shutter	8 - 1/8000 s
Max Image Size	3:2 Aspect Ratio: 5472x3648; 4:3 Aspect Ratio: 4864x3648; 16:9 Aspect Ratio: 5472x3078
Still Photography Modes	Single Shot Burst Shooting: 3/5/7/10/14 frames Auto Exposure Bracketing (AEB): 3/5 bracketed frames at 0.7EV Bias Interval: 2/3/5/7/10/15/30/60 s
Video Recording Modes	H.265 •C4K: 4096x2160 24/25/30p •4K: 3840x2160 24/25/30p •2.7K: 2720x1530 24/25/30/48/50/60p •FHD: 1920x1080 24/25/30/48/50/60/120p •HD: 1280x720 24/25/30/48/50/60/120p H.264 •C4K: 4096x2160 24/25/30/48/50/60p •4K: 3840x2160 24/25/30/48/50/60p •2.7K: 2720x1530 24/25/30/48/50/60p •FHD: 1920x1080 24/25/30/48/50/60/120p •HD: 1280x720 24/25/30/48/50/60/120p
Video Storage Bitrate	100 Mbps
Supported File Systems	FAT32 (≤ 32 GB); exFAT (> 32 GB)
Photo	JPEG, RAW (DNG), JPEG + RAW
Video	MP4/MOV (AVC/H.264; HEVC/H.265)
Supported SD Cards	Micro SD, Max Capacity: 128 GB. Class 10 or UHS-1 rating required
Operating Temperature	32° to 104° F (0° to 40° C)
Remote Controller	
Operating Frequency	2.400 - 2.483 GHz and 5.725 - 5.825 GHz
Max Transmission Distance	FCC: 4.3 mi (7 km); CE: 2.2 mi (3.5 km); 3.1 mi (5 km) (Unobstructed, free of interference)
Operating Temperature	32° - 104° F (0° - 40° C)
Battery	6000 mAh LiPo 2S
Transmitter Power (EIRP)	2.4 GHz: 26 dBm (FCC); 17 dBm (CE); 20 dBm (SRRC) 5.8 GHz: 28 dBm (FCC); 14 dBm (CE); 20 dBm (SRRC)
Operating Voltage	1.2 A @ 7.4 V
Charger	
Voltage	17.4 V
Rated Power	100 W
Intelligent Flight Battery (PH4-5870mAh-15.2V)	
Voltage	15.2 V
Battery Type	LiPo 4S
Energy	89.2 Wh
Net Weight	468 g
Charging Temperature Range	41° to 104° F (5° to 40° C)
Max Charging Power	100 W

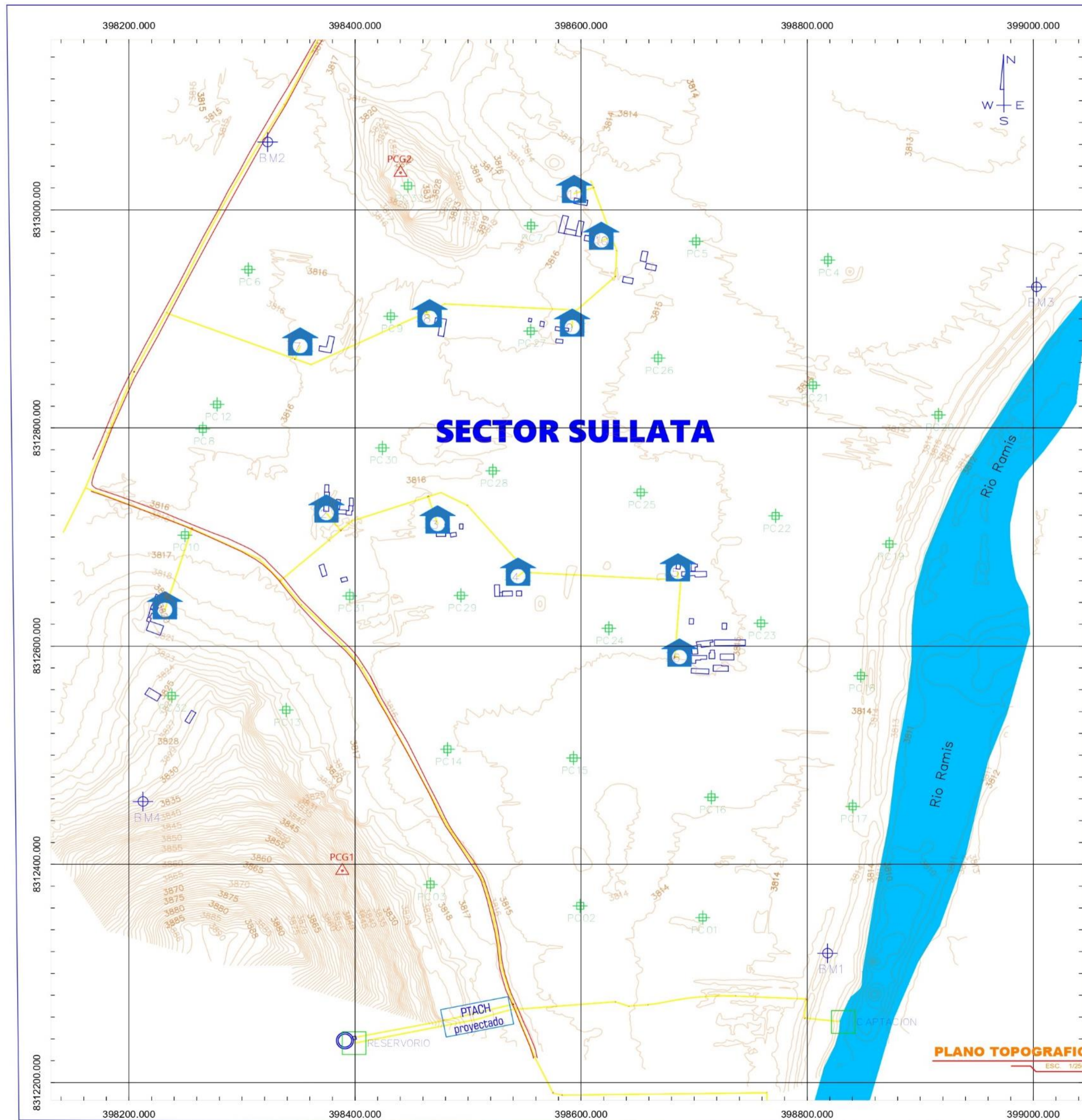


Anexo B. Pago a Instituto Geografico Nacional

B.1. Boleta de pago a Instituto Geográfico Nacional

	INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL AV. ARAMBURU 1184 ZONA SURQUILLO LIMA - LIMA TELEFONO : 226-7067 EMAIL : COMERCIALIZACION@IGN.GOB.PE Horario de Atención: Lunes a Viernes 08:30 am - 04:40 pm		BOLETA ELECTRONICA RUC :20301053623 B001-004732													
	Dni N° :															
Datos de Cliente Cliente : TICONA NINA NOEMI Direccion : JIRON JULI NRO 827 JULIACA DNI. 74837309		Datos de la Boleta Fecha de Emision : 19 Octubre 2020 N° Interno : 0000001226 Forma de Pago : DEPOSITO Tipo de Moneda : SOLES														
<table border="1"> <thead> <tr> <th>ITEM</th> <th>CODIGO</th> <th>DESCRIPCION</th> <th>CANTIDAD</th> <th>PRECIO U</th> <th>SUBTOTAL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>01</td> <td>B-07-01-00078</td> <td>DATA ERP JULIACA DIGITAL DVD</td> <td>1</td> <td>119.40</td> <td>119.40</td> </tr> </tbody> </table>					ITEM	CODIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO U	SUBTOTAL	01	B-07-01-00078	DATA ERP JULIACA DIGITAL DVD	1	119.40	119.40
ITEM	CODIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO U	SUBTOTAL											
01	B-07-01-00078	DATA ERP JULIACA DIGITAL DVD	1	119.40	119.40											
CIENTO DIECINUEVE CON 40/100 SOLES																
		Usuario : 74837309 Clave : 0000013875 Ingrese al link http://app.ign.gob.pe/documentoelectroni			OP. GRAVADA : S/ 101.19											
		Vendedor : rBROCCAS			OP. EXONERADA S/ 0.00											
		Cobrado Por : jBROCCAB			OP. INAFECTA : S/ 0.00											
		Hora Impresion : 11:43:49a.m.			ISC : S/ 0.00											
					IGV : S/ 18.21											
					OTROS CARGOS : S/ 0.00											
					OTROS TRIBUTOS S/ 0.00											
			IMPORTE TOTAL S/ 119.40													
Esta es una representacion impresa N° NOTA VENTA : 0000003905 ERP PU02 JULIACA FECHA:10.10.20 MARX.EVANGELIO@GMAIL.COM			Efectos fiscales al pago													

**Anexo C. Plano topografico de distribucion de agua
potable**



LEYENDA

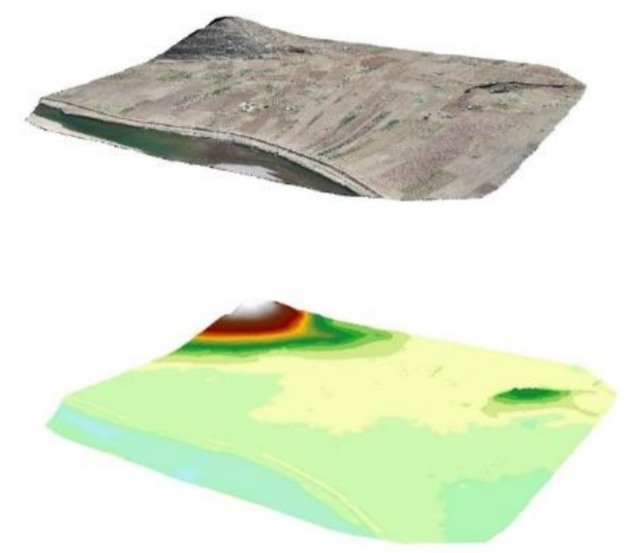
- Rio Ramis
- Captación
- PTACH proyectado
- Reservorio proyectado
- Línea de conducción - impulsión (captación-reservorio)
- Redes de distribución
- Conexiones domiciliarias
- Bench Mark "BM's"
- Puntos de Control Terrestre
- Puntos de Control Geodésico "Orden C"
- Curvas de nivel
- Grillas de coordenadas
- Trocha carrozable
- Viviendas

COORDENADAS BENCH MARK's "BM's"

PUNTO	ESTE	NORTE	COTA	DESCRIPCION
1	398817.935	8312318.56	3815.9417	BM1
2	398322.742	8313062.1	3815.5767	BM2
3	399002.713	8312929.33	3813.9867	BM3
4	398212.424	8312457.66	3831.3237	BM4

COORDENADAS DE PUNTOS DE CONTROL GEODÉSICO DE ORDEN "C"

PUNTO	ESTE	NORTE	COTA	DESCRIPCION
1	398388.725	8312394.15	3842.7303	PCG1
2	398440.189	8313033.96	3838.0607	PCG2



COORDENADAS DE PUNTOS DE CONTROL TERRESTRE

PUNTO	ESTE	NORTE	COTA	DESCRIPCION
1	398707.56	8312351.30	3813.86	PC01
2	398599.15	8312361.98	3814.43	PC02
3	398466.72	8312381.55	3819.27	PC03
4	398249.60	8312701.77	3816.45	PC10
5	398277.99	8312821.64	3815.77	PC12
6	398339.20	8312541.57	3820.79	PC13
7	398481.84	8312505.51	3815.09	PC14
8	398593.25	8312497.50	3814.68	PC15
9	398715.22	8312461.55	3814.07	PC16
10	398840.18	8312453.11	3813.91	PC17
11	398847.43	8312572.93	3814.14	PC18
12	398872.70	8312693.57	3813.93	PC19
13	398916.03	8312811.92	3813.99	PC20
14	398805.02	8312839.16	3813.86	PC21
15	398772.01	8312719.42	3814.26	PC22
16	398759.03	8312620.98	3814.61	PC23
17	398624.49	8312616.33	3815.18	PC24
18	398652.69	8312740.95	3815.04	PC25
19	398668.08	8312864.06	3814.85	PC26
20	398555.43	8312888.82	3816.13	PC27
21	398521.84	8312760.73	3815.84	PC28
22	398493.67	8312646.48	3815.83	PC29
23	398424.23	8312781.72	3816.20	PC30
24	398395.31	8312646.08	3816.10	PC31
25	398237.99	8312554.52	3825.84	PC32
26	398446.87	8313021.96	3834.41	PC33
27	398818.29	8312953.96	3813.83	PC4
28	398701.68	8312971.09	3814.05	PC5
29	398305.68	8312945.22	3815.72	PC6
30	398555.69	8312985.41	3816.73	PC7
31	398265.37	8312799.14	3815.61	PC8
32	398431.62	8312902.41	3816.10	PC9

UNIVERSIDAD PERUANA
UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

Escuela Profesional de Ingeniería Civil

UBICACION :

DEPARTAMENTO	PUNO
PROVINCIA	HUANCAÑE
DISTRITO	TARACO
LUGAR	SECTOR SULLATA

DENOMINACIÓN DE LA TESIS

TESIS "Análisis comparativo de levantamiento topográfico convencional y fotogramétrico de la red de distribución de agua potable en el distrito de Taraco - Huancañe - Puno"

PLANO

PLANO TOPOGRAFICO

ESCALA: INDICADA

CODIGO DE LAMINA

PT - 01