

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DEPARTAMENTO

TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE COMUNICACIÓN



**“EJECUCIÓN DE TOPOGRAFÍA CLÁSICA Y MODERNA
(DRONES) EN EL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO PARA
OBRAS VIALES EN MOVIMIENTO DE TIERRA”**

Por:

Cinthia Tatiana Calle Figueroa

Proyecto presentado a consideración de la “UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para optar el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Civil.

Semestre II – 2023

TARIJA - BOLIVIA

DEDICATORIA:

El presente trabajo de proyecto de grado está dedicado a mis padres Marcos y Susana. Gracias por brindarme su amor paciencia y esfuerzo.

A mis hermanos, Ghisell, Avril, Fabián y Mikjael por ser mi fuerza para salir adelante.

A mi abuela Olga López por siempre confiar en mí.

ÍNDICE
CAPÍTULO I
INTRODUCCIÓN

	Página
1.1. Introducción	1
1.2. Justificación.....	2
1.3. Objetivos	3
1.3.1. Objetivo general	3
1.3.2. Objetivos específicos.....	4
1.4. Planteamiento del problema.....	4
1.4.1. Situación problemática	4
1.4.2. Problema.....	5
1.5. Hipótesis	5
1.6. Identificación de variables	5
1.6.1. Variable dependiente	5
1.6.2. Variable independiente	5
1.7. Cuadro de variables	6
1.8. Diseño metodológico	7
1.8.1. Unidades de estudio y decisión muestral.....	7
1.8.2. Métodos y técnicas empleadas	8
1.9. Proceso de aplicación.....	13
1.10. Alcance.....	14

CAPITULO II
FUNDAMENTO TEÓRICO Y MÉTODOS PARA
LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS EN
MOVIMIENTOS DE TIERRA

	Página
2.1. Importancia de la topografía	15
2.1.1. Historia de la topografía	15
2.2. Avances tecnológicos en la topografía.....	18
2.3. Definiciones	19
2.3.1. Topografía	19
2.3.2. Tipos de levantamientos	20
2.4. Planimetría	23
2.5. Altimetría	24
2.6. Estación total.....	25
2.6.1. Tipos de estaciones totales	26
2.6.2. Levantamiento con estaciones totales.....	27
2.6.3. Cuidado del instrumento.....	30
2.7. Necesidad de precisión en levantamientos topográficos.....	31
2.8. Errores de una medición topográfica	32
2.8.1. Errores instrumentales	33
2.8.2. Errores del operador	34
2.8.3. Errores según la condición en los que se los realiza.....	34
2.9. Tipos de errores.....	35
2.9.1. Errores sistemáticos.....	35
2.9.2. Errores accidentales.....	37

2.10. Escalas	37
2.11. Curvas de nivel.....	38
2.12. Tipos de curvas de nivel.....	40
2.13. Sistema de coordenadas.....	40
2.14. Sistema de coordenadas geográficas	41
2.15. Sistema de coordenadas cartesianas	42
2.16. Sistema de coordenadas U.T.M.....	42
2.17. Vehículos aéreos no tripulados	44
2.18. Reseña histórica de los drones.....	44
2.19. Definiciones de drones.	48
2.20. Tipos de drones.	49
2.21. Aplicación civil de drones.....	52
2.22. Aplicación en ingeniería civil	53
2.23. Integración en el espacio aéreo	54
2.23.1. Iniciativas a la integración	55
2.24. Sistemas aéreos no tripulados en Bolivia.....	55
2.24.1. Desarrollo de los Drones en Bolivia	55
2.25. Fotogrametría con drones.....	56
2.25.1. Procesos de levantamiento topográfico con dron	57
2.26. Precisión, resolución y calidad.....	60
2.27. Dron “DJI Phantom 4 PRO V2.0”	60
2.27.1. Levantamientos topográficos con “dji phantom 4 pro v2.0”	61
2.28. Ventajas de los drones.....	63
2.29. Precisión de los vuelos.	65

2.30. Normas técnicas para levantamientos Aerofotogramétricos en México.....	65
2.31. Alturas de vuelo para drones en Tarija.....	73
2.32. GPS	75
2.32.1. Real Time Kinematic (RTK).....	76
2.33. Red Geodésica.....	76
2.34. Volúmenes.....	78
2.35. Perfiles.....	79
2.36. Secciones transversales	79
2.37. Volúmenes en movimiento de tierra	81
2.38. Civil 3d en cálculo de volúmenes	82

CAPITULO III
APLICACIÓN PRÁCTICA
USANDO ESTACIÓN TOTAL Y DRON

	Página
3.1. Reconocimiento del lugar y planificación.....	85
3.2. Levantamiento Aero fotogramétrico método moderno (dron).....	85
3.2.1. Reconocimiento y planificación	85
3.2.2. Plan de vuelos	86
3.2.3. Puntos de control	89
3.2.4. Vuelo	90
3.2.5. Proceso y exportación de datos.....	92
3.3. Levantamiento topográfico método clásico	97
3.3.1. Reconocimiento y planificación	97
3.3.2. Proceso de trabajo en campo con estación total	98
3.3.3. Puntos Base	98

3.3.4. Levantamiento de detalles	99
3.3.5. Proceso y exportación de datos	102
3.3.6. Procesamiento de datos y resultados	103
3.3.7. Importación de datos y obtención del modelo digital del terreno	103
3.3.8. Diseño en planta	106
3.3.9. Secciones transversales y cálculo de volúmenes	106
3.4. Resultados obtenidos.....	108
3.4.1. Áreas y volúmenes de corte y relleno de dron y estación total.....	108
3.5. Relación de variables	114
3.5.1. Relación de áreas de corte	115
3.5.2. Relación de áreas de relleno,	116
3.5.3. Relación de volúmenes de relleno	117
3.5.4. Resumen de la relación de variables.....	117
3.5.5. Comparación de cálculo de volúmenes	118
3.6. Correlaciones	127
3.6.1. Correlación de volumen en corte (Dron vs Estación total)	127
3.6.2. Correlación de volumen en corte (Estación total vs Dron)	128
3.6.3. Correlación de volumen en relleno Dron vs Estación total	129
3.6.4. Correlación de volumen en relleno Estación total vs Dron	131
3.6.5. Correlación de volumen de corte y relleno.....	132
3.6.6. Ecuaciones obtenidas.....	142

CAPITULO IV
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

	Página
4.1. Conclusiones	144
4.2. Recomendaciones.....	145

BIBLIOGRAFÍA

ANEXO

ANEXO 1 REPORTE FOTOGRÁFICO

ANEXO 2 PLANOS DE PERFIL Y PLANTA

ANEXO 3 PLANOS SECCIONES TRANSVERSALES TOPOGRAFÍA CLÁSICA

ANEXO 4 PLANOS SECCIONES TRANSVERSALES TOPOGRAFÍA MODERNA

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 3.1 Formato de puntos de control.....	90
Tabla 3.2 Puntos base.....	99
Tabla 3.3 Ejemplo de los datos obtenidos en el campo.....	102
Tabla 3.4 Valores de áreas y volúmenes.	108
Tabla 3.5 Relación de variables según el coeficiente de correlación.....	114
Tabla 3.6 Relación de variables	117
Tabla 3.7 Relación de variables según el coeficiente de correlación.....	118
Tabla 3.8 Porcentajes de variación.....	119
Tabla 3.9 Tipo de variación.....	126
Tabla 3.10 Promedio del porcentaje de variación (corte)	126
Tabla 3.11 Promedio de porcentaje de variación (corte).....	127
Tabla 3.12 Comparación de modelos alternos,	127
Tabla 3.13 Comparación de modelos alternos	128
Tabla 3.14 Comparación de modelos alternos	129
Tabla 3.15 Comparación de modelos alternos	131
Tabla 3.16 Valores de volúmenes de corte más volúmenes de relleno,.....	132
Tabla 3.17 Correlación de volumen Dron vs Estación total.	139
Tabla 3.18 Correlación de volumen corte y relleno E.T. vs Dron	141
Tabla 3.19 Ecuaciones para volúmenes	142
Tabla 3.20 Ecuaciones de relleno + corte	143

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1.1 Estación total, prisma y trípode.	9
Figura 1.2 Dron	10
Figura 1.3 RTK	10
Figura 1.4 Aplicación para planeación de vuelo	11
Figura 1.5 Programa para proceso de datos.	12
Figura 2.1 Groma	17
Figura 2.2 Chorobate.....	18
Figura 2.3 Ejemplo de planimetría.....	23
Figura 2.4 Estación total	25
Figura 2.5 Levantamiento topográfico con estación total	30
Figura 2.6 Errores instrumentales	34
Figura 2.7 Errores sistemáticos	36
Figura 2.8 Modelo de escala	38
Figura 2.9 Curvas de nivel	39
Figura 2.10 Curvas de nivel	40
Figura 2.11 Sistema de coordenadas geográficas.....	41
Figura 2.12 Plano de coordenadas cartesianas.	42
Figura 2.13 Cuadrícula U.T.M.....	43
Figura 2.14 Vehículo aéreo no tripulado.....	44
Figura 2.15 Primer dron	45
Figura 2.16 Primeros drones militares	45
Figura 2.17 Parrot AR Drone.....	47

Figura 2.18 Drones Inteligentes Phantom 4.....	48
Figura 2.19 Dron de ala fija.	50
Figura 2.20 Dron de ala rotatoria.....	51
Figura 2.21 Drones en aplicación civil	53
Figura 2.22 Control de obras.....	54
Figura 2.23 Dji phantom 4 pro v2.0.....	61
Figura 2.24 Altura de vuelo según la zona.....	74
Figura 2.25 Real Time Kinematic.....	76
Figura 2.26 Marco de Referencia Geodésico Nacional (MARGEN) de Bolivia.....	77
Figura 2.27 Volúmenes en secciones transversales	78
Figura 2.28 Perfil topográfico.....	79
Figura 2.29 Puntos sugeridos para hacer lecturas	80
Figura 2.30 Figura trazo de la sección transversal.....	80
Figura 2.31 Topografía en civil 3D.....	82
Figura 2.32 Volumen de un prisma.....	83
Figura 2.33 Volumen de prismas	84
Figura 2.34 Volumen compuesto.....	84
Figura 3.1 Reconocimiento del lugar.....	85
Figura 3.2 Eje de la vía, vista de google earth.....	86
Figura 3.3 Eje de la vía en google earth.....	87
Figura 3.4 Poligonal para cada tramo	87
Figura 3.5 Creación de proyecto.....	88
Figura 3.6 Plan de vuelo	88
Figura 3.7 Coincidencia con el terreno	89

Figura 3.8 Puntos de control cada 250 m.....	89
Figura 3.9 Armado de dron.....	90
Figura 3.10 Batería.....	91
Figura 3.11 Retirado de protector	91
Figura 3.12 Memoria de almacenaje.....	91
Figura 3.13 Configuraciones.....	92
Figura 3.14 Preparación para iniciar el vuelo	92
Figura 3.15 Software utilizado.....	93
Figura 3.16 Añadido de fotos.....	94
Figura 3.17 Alineado de fotos.....	95
Figura 3.18 Georreferenciación	95
Figura 3.19 Creación de la nube de puntos densa.....	96
Figura 3.20 Creación de la nube de puntos densa.....	97
Figura 3.21 Reconocimiento del lugar.....	97
Figura 3.22 Puntos base colocados cada kilómetro	98
Figura 3.23 Colocación de estaca	99
Figura 3.24 Montaje de trípode.....	100
Figura 3.25 Estación total nivelada.....	101
Figura 3.26 Obtención de datos	102
Figura 3.27 Configuración del sistema de proyección.....	103
Figura 3.28 Cargado de la nube de puntos densa.....	103
Figura 3.29 Cargado de la nube de puntos densa.....	104
Figura 3.30 Creación de las superficies	104
Figura 3.31 Modelo digital del terreno	105

Figura 3.32 Diseño en planta	106
Figura 3.33 Secciones transversales dron	107
Figura 3.34 Secciones transversales estación total.	107
Figura 3.35 Relación de áreas de corte dron vs estación total	115
Figura 3.36 Relación de áreas de relleno dron vs estación total	116
Figura 3.37 Relación de volúmenes de corte	116
Figura 3.38 Relación de volúmenes de relleno	117
Figura 3.39 Correlación de volumen en corte Dron vs Estación total	128
Figura 3.40 Correlación de volumen en corte (Estación total vs Dron)	129
Figura 3.41 Correlación de volumen de relleno Dron vs Estación total	130
Figura 3.42 Correlación de volumen de relleno Estación total vs Dron	131
Figura 3.43 Correlación de volumen de corte y relleno Dron vs E.T	140
Figura 3.44 Correlación de Volumen de corte y relleno E.T. vs Dron	141