



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

SEDE MORONA SANTIAGO

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES

CARRERA MINAS

**COMPARACIÓN DE MÉTODOS DE MAPEOS TOPOGRÁFICO
SUBTERRÁNEO DE LA MINA ARTESANAL LA ZAMORANA,
UBICADA EN EL CANTÓN PAQUISHA, PROVINCIA DE
ZAMORA CHINCHIPE**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN MINAS

AUTOR:

JHOSIMAR EMMANUEL CALVOPÍÑA NIEVES

Macas – Ecuador

2023



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
SEDE MORONA SANTIAGO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA MINAS

**COMPARACIÓN DE MÉTODOS DE MAPEOS TOPOGRÁFICO
SUBTERRÁNEO DE LA MINA ARTESANAL LA ZAMORANA,
UBICADA EN EL CANTÓN PAQUISHA, PROVINCIA DE
ZAMORA CHINCHIPE**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN MINAS

AUTOR: JHOSIMAR EMMANUEL CALVOPÍÑA NIEVES

DIRECTOR: Ing. SANTIAGO NATHANAEL TOAPANTA SANTACRUZ, MSc.

Macas – Ecuador

2023

© 2023, Jhosimar Emmanuel Calvopiña Nieves

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Jhosimar Emmanuel Calvopiña Nieves, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Macas, 27 de noviembre del 2023

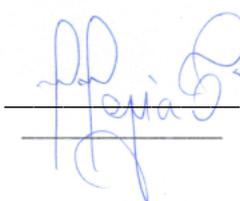


Jhosimar Emmanuel Calvopiña Nieves

085045410-9

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
SEDE MORONA SANTIAGO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA MINAS

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto Técnico, **COMPARACIÓN DE MÉTODOS DE MAPEO TOPOGRÁFICO SUBTERRÁNEO DE LA MINA ARTESANAL LA ZAMORANA UBICADA EN EL CANTÓN PAQUISHA, PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE**, realizado por el señor: **JHOSIMAR EMMANUEL CALVOPÍÑA NIEVES**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Marco Antonio Mejía Flores MSc. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2023-11-27
Ing. Santiago Nathanael Toapanta Santacruz MSc. DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-11-27
Ing. Christian Adrian Ordóñez Guaycha MSc. ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-11-27

DEDICATORIA

Quiero dedicarle este trabajo a toda mi familia, principalmente a Dios y a mis padres ya que ellos han sido la brújula que ha guiado cada paso que he dado en el transcurso de mi vida académica y sin su ayuda no hubiera llegado a ser todo lo que soy hoy en día.

Jhosimar

AGRADECIMIENTO

Agradezco con todo el corazón a Dios, a mis padres y a mis hermanos dado que ellos han sido el pilar de mi éxito, esto es poco para todo lo que han hecho por mí, pero el simple hecho de nombrarlos en este documento me llena de orgullo al saber que tengo a personas magníficas en mi vida. También quiero agradecer a mis amistades tales como Ema, Aitiana, Deivy, Michael, Nirmala, Juan Pablo y Rivaldo por estar conmigo echándome ganas durante la creación de mi proyecto.

Jhosimar

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	xv
ÍNDICE DE ANEXOS	xix
RESUMEN	xx
SUMMARY / ABSTRACT.....	xxi
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA	2
1.1 Planteamiento del problema	2
1.2 Justificación	2
1.3 Justificación del proyecto.....	3
1.4 Recursos para la elaboración del proyecto	3
1.5 Objetivos	3
1.5.1 <i>Objetivo general</i>	3
1.5.2 <i>Objetivos Específicos</i>	3
1.6 Hipótesis.....	4

CAPÍTULO II

2. Marco teórico.....	5
2.1 Generalidades	5
2.1.1 <i>Actividad minera</i>	5
2.1.2 <i>Ubicación</i>	5
2.1.3 <i>Accesibilidad hacia la concesión minera</i>	6
2.1.4 <i>Topografía superficial de la Concesión minera</i>	6

2.1.5	<i>Geología y geomorfología local de la parroquia Nuevo Quito</i>	7
2.2	Referencias tóricas	8
2.2.1	<i>Tipos de levantamientos topográficos para minería subterránea</i>	8
2.2.2	<i>Levantamiento topografía para minas subterráneas</i>	9
2.2.3	<i>Levantamiento topográfico con estación total</i>	10
2.2.4	<i>Características de la Estación Total Trimble C5 Series</i>	11
2.2.5	<i>Levantamiento topográfico con sensor LiDAR</i>	12
2.2.6	<i>Características de Sensor LiDAR iPad 9 Pro</i>	13
2.2.7	<i>Levantamiento topográfico con cinta y brújula</i>	13
2.2.8	<i>Funcionamiento de Cinta y Brújula para levantamiento topográfico</i>	14
2.2.9	<i>Brújula Brunton</i>	15
2.2.10	<i>Cinta</i>	15
2.2.11	<i>Declinación magnética</i>	15
2.2.12	<i>Características de Brújula Brunton</i>	16
2.2.13	<i>Precisión y exactitud</i>	17
2.2.14	<i>Centroide del punto promedio</i>	17
2.2.15	<i>Cloud compare</i>	17
2.2.16	<i>Modelamiento 3D</i>	18
2.2.17	<i>Levantamiento planimétrico</i>	19
2.2.18	<i>Error absoluto</i>	19
2.2.19	<i>Distancia euclidiana</i>	19
2.2.20	<i>Diagramas de dispersión</i>	19

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	20
3.1	Planificación de los levantamientos topográficos	20
3.1.1	<i>Planificación del levantamiento topográfico con cinta y brújula</i>	21
3.1.2	<i>Planificación del levantamiento topográfico con estación total</i>	21

3.1.3	<i>Planificación del levantamiento topográfico con sensor LiDAR.....</i>	21
3.2	Ejecución de los levantamientos topográficos	22
3.2.1	<i>Ubicación de puntos de control.....</i>	22
3.2.2	<i>Topografía con cinta y brújula.....</i>	22
3.2.2.1	<i>Método de medición ejecutado para el levantamiento topográfico con cinta y brújula.....</i>	22
3.2.2.2	<i>Materiales usados para el levantamiento topográfico con cinta y brújula</i>	22
3.2.2.3	<i>Ajuste de los equipos para el levantamiento topográfico con cinta y brújula.....</i>	22
3.2.2.4	<i>Montaje de los equipos para el levantamiento topográfico con cinta y brújula</i>	24
3.2.2.5	<i>Ejecución del levantamiento topográfico con cinta y brújula.....</i>	24
3.2.3	<i>Topografía con estación total.....</i>	26
3.2.3.1	<i>Método de medición ejecutado para el levantamiento topográfico con estación total ..</i>	26
3.2.3.2	<i>Materiales usados para el levantamiento topográfico con estación total.....</i>	26
3.2.3.3	<i>Ajuste de los equipos para el levantamiento topográfico con estación Total</i>	27
3.2.3.4	<i>Montaje de los equipos para el levantamiento topográfico con estación total</i>	27
3.2.3.5	<i>Ejecución de levantamiento topográfico con estación total.....</i>	31
3.2.4	<i>Topografía con sensor LiDAR</i>	43
3.2.4.1	<i>Método de medición ejecutado para el levantamiento topográfico con sensor LiDAR.....</i>	43
3.2.4.2	<i>Materiales</i>	44
3.2.4.3	<i>Ajuste de los equipos para el levantamiento topográfico con sensor LiDAR.....</i>	44
3.2.4.4	<i>Ejecución de levantamiento topográfico con sensor LiDAR.....</i>	46

CAPÍTULO IV

4.	PROCESAMIENTO DE DATOS	51
4.1	Trabajo de gabinete.....	51
4.2	Procesamiento de datos del levantamiento topográfico con cinta y brújula	51
4.2.1	<i>Tabulación y análisis de datos obtenidos con el método topográfico de cinta y brújula.....</i>	51
4.2.2	<i>Manejo de la información del levantamiento topográfico con cinta y brújula en el software AutoCAD.....</i>	51

4.2.2.1	<i>Manejo de AutoCAD para el levantamiento topográfico con cinta y brújula</i>	52
4.3	Procesamiento de datos del levantamiento topográfico con estación total	53
4.3.1	<i>Tabulación y análisis de datos obtenidos con el método de medición con estación total</i>	54
4.3.1.1	<i>Importación de datos a Exel</i>	54
4.3.2	<i>Manejo de la información del levantamiento topográfico con estación total en el software AutoCAD</i>	56
4.3.3	<i>Moldado 3D del levantamiento topográfico con estación total</i>	57
4.4	Procesamiento de datos del levantamiento topográfico con sensor LiDAR	59
4.4.1	<i>Tabulación y análisis de datos obtenidos del método topográfico con sensor LiDAR</i>	59
4.4.2	<i>Manejo de la información del levantamiento topográfico con sensor LiDAR en el software CloudCompare</i>	60
4.4.2.1	<i>Depuración de nube de puntos</i>	60
4.4.3	<i>Moldado 3D del levantamiento topográfico con sensor LiDAR</i>	66
4.4.3.1	<i>Normalización de la nube de puntos</i>	66
4.4.3.2	<i>Generar línea de referencia para obtención de secciones transversales</i>	70
4.4.3.3	<i>Configuración de herramienta para obtener sesiones transversales</i>	72
4.5	Cálculos de comparación entre los métodos de mapeo	74
4.5.1	<i>Cálculos de rapidez en la obtención de datos entre los métodos de mapeos topográficos subterráneos</i>	74
4.5.2	<i>Cálculos de precisión entre las coordenadas obtenidas de los métodos de mapeos topográficos subterráneos</i>	75
4.5.3	<i>Cálculos de presión con puntos de control</i>	75
4.5.4	<i>Cálculos de costos entre los métodos de mapeos topográficos subterráneos</i>	77
4.5.4.1	<i>Cálculo de costo del método topográfico con cinta y brújula</i>	78
4.5.4.2	<i>Cálculo de costo del método topográfico con estación total</i>	78
4.5.4.3	<i>Cálculo de costo del método topográfico de con sensor LiDAR</i>	79

CAPÍTULO V

5.	RESULTADOS.....	80
5.1	Levantamientos topográficos.....	80
5.1.1	<i>Análisis de levantamiento topográfico con cinta y brújula.....</i>	80
5.1.1.1	<i>Levantamiento planimétrico con cinta y brújula</i>	81
5.1.2	<i>Análisis de levantamiento topográfico con estación total.....</i>	81
5.1.2.1	<i>Obtención de secciones transversales por medio del método de medición con estación total.....</i>	82
5.1.2.2	<i>Levantamiento planimétrico con estación total</i>	82
5.1.3	<i>Análisis de levantamiento topográfico con sensor LiDAR</i>	82
5.1.4	<i>Obtención de secciones transversales por medio del método de medición con sensor LiDAR.....</i>	83
5.1.5	<i>Levantamiento planimétrico con sensor LiDAR.....</i>	83
5.2	Análisis de precisión.....	83
5.2.1	<i>Análisis comparativo de precisión del levantamiento topográfico con estación total versus el levantamiento topográfico con cinta y brújula</i>	83
5.2.1.1	<i>Análisis de resultados del cálculo de la distancia euclidiana.....</i>	83
5.2.1.2	<i>Análisis de resultados del cálculo de error absoluto en el eje X y eje Y.....</i>	83
5.2.1.3	<i>Análisis de resultados del diagrama de dispersión y coeficiente de correlación del eje X y eje Y... 85</i>	85
5.2.2	<i>Análisis comparativo de precisión del levantamiento topográfico con estación total versus el levantamiento topográfico con sensor LiDAR.....</i>	87
5.2.2.1	<i>Análisis de resultados en el cálculo de distancia euclidiana</i>	87
5.2.2.2	<i>Análisis de resultados del cálculo de error absoluto en el eje X, eje Y y eje Z</i>	89
5.2.2.3	<i>Análisis de resultados del diagrama de dispersión y coeficiente de correlación del eje X, eje Y y eje Z</i>	91
5.3	Análisis de rapidez.....	94
5.3.1	<i>Análisis de rapidez en la adquisición y procesamiento de datos del levantamiento topográfico con cinta y brújula</i>	94
5.3.2	<i>Análisis de rapidez en la adquisición y procesamiento de datos del levantamiento topográfico con Estación Total</i>	95

5.3.3	<i>Análisis de rapidez en la adquisición y procesamiento de datos del levantamiento topográfico con sensor LiDAR</i>	95
5.4	<i>Análisis de costos</i>	96
5.4.1	<i>Análisis de costos del levantamiento topográfico con Cinta y Brújula</i>	96
5.4.2	<i>Análisis de costos del levantamiento topográfico con Estación Total</i>	98
5.4.3	<i>Análisis de costos del levantamiento topográfico con sensor LiDAR</i>	100
	<i>CONCLUSIONES</i>	103
	<i>RECOMENDACIONES</i>	105

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-5:	Puntos de control obtenidos del levantamiento topográfico con cinta y brújula. .81
Tabla 2-5:	Puntos de control obtenidos del levantamiento topográfico con estación total. ...81
Tabla 3-5:	Puntos de control obtenidos del levantamiento topográfico con sensor LiDAR. .82
Tabla 4-5:	Cálculo de la distancia euclidiana entre el levantamiento topográfico con estación total versus el levantamiento topográfico con cinta y brújula.82
Tabla 5-5:	Cálculos de error absoluto del eje X entre levantamiento topográfico con estación total versus levantamiento topográfico con cinta y brújula.....83
Tabla 6-5:	Cálculos de error absoluto del eje Y entre levantamiento topográfico con estación total versus levantamiento topográfico con cinta y brújula.....84
Tabla 7-5:	Coordenadas del eje X para diagrama de dispersión entre levantamiento topográfico con estación total versus levantamiento topográfico con cinta y brújula.85
Tabla 8-5:	Coordenadas del eje Y para diagrama de dispersión entre levantamiento topográfico con estación total versus levantamiento topográfico con cinta y brújula.86
Tabla 9-5:	Cálculo de la distancia euclidiana entre el levantamiento topográfico con estación total versus el levantamiento topográfico con sensor LiDAR.....88
Tabla 10-5:	Cálculos de error absoluto del eje X entre levantamiento topográfico con estación total versus levantamiento topográfico con sensor LiDAR.....89
Tabla 11-5:	Cálculos de error absoluto del eje Y entre levantamiento topográfico con estación total versus levantamiento topográfico con sensor LiDAR.....90
Tabla 12-5:	Cálculos de error absoluto del eje Z entre levantamiento topográfico con estación total versus levantamiento topográfico con sensor LiDAR.....90
Tabla 13-5:	Coordenadas del eje X para diagrama de dispersión entre levantamiento topográfico con estación total versus levantamiento topográfico con sensor LiDAR.....91
Tabla 14-5:	Coordenadas del eje Y para diagrama de dispersión entre levantamiento topográfico con estación total versus levantamiento topográfico con sensor LiDAR.....92
Tabla 15-5:	Coordenadas del eje Z para diagrama de dispersión entre levantamiento topográfico con estación total versus levantamiento topográfico con sensor LiDAR.....93
Tabla 16-5:	Análisis de rapidez del levantamiento topográfico con cinta y brújula.94

Tabla 17-5:	Análisis de rapidez del levantamiento topográfico con estación total.....	95
Tabla 18-5:	Análisis de rapidez del levantamiento topográfico con sensor LiDAR.....	96
Tabla 19-5:	Análisis de costos directos e indirectos del levantamiento topográfico con cinta y brújula.	96
Tabla 20-5:	Precios de los materiales e instrumentos del levantamiento topográfico con cinta y brújula.	97
Tabla 21-5:	Costos en la mano de obra para la ejecución del levantamiento topográfico con cinta y brújula.....	97
Tabla 22-5:	Cálculo de costo por metro de labor del levantamiento topográfico con cinta y brújula.	98
Tabla 23-5:	Análisis de costos directos e indirectos del levantamiento topográfico con estación total.	98
Tabla 24-5:	Precios de los materiales e instrumentos del levantamiento topográfico con estación total.....	99
Tabla 25-5:	Costos en la mano de obra para la ejecución del levantamiento topográfico con estación total.....	99
Tabla 26-5:	Cálculo de costo por metro de labor del levantamiento topográfico con estación total.	100
Tabla 27-5:	Análisis de costos directos e indirectos del levantamiento topográfico con sensor LiDAR.....	100
Tabla 28-5:	Precios de los materiales e instrumentos del levantamiento topográfico con sensor LiDAR.....	101
Tabla 29-5:	Costos en la mano de obra para la ejecución del levantamiento topográfico con sensor LiDAR.....	101
Tabla 30-5:	Análisis de costos directos e indirectos del levantamiento topográfico con cinta y brújula.	102

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-2:	Ubicación de la concesión “Sociedad de hecho minero La Zamorana”5
Ilustración 2-2:	Accesibilidad a la concesión “Sociedad de hecho minero La Zamorana” ...6
Ilustración 3-2:	Topografía superficial de la concesión “Sociedad de hecho minero La Zamorana”7
Ilustración 4-2:	Geología y geomorfología de la provincia de Zamora Chinchipe8
Ilustración 5-2:	Calculo instantáneo de la declinación magnética.23
Ilustración 6-3:	Brújula Brunton ajustada a la declinación magnética de la zona de estudio24
Ilustración 7-3:	Ubicación de los jalones para el levantamiento topográfico con cinta y brújula.25
Ilustración 8-3:	Control de cinta para el levantamiento topográfico con cinta y brújula.25
Ilustración 9-3:	Instrumento necesario para el levantamiento28
Ilustración 10-3:	Montaje del trípode de la estación total.29
Ilustración 11-3:	Anclaje de la estación total al trípode.29
Ilustración 12-3:	Ajuste de la nivelación electrónica.30
Ilustración 13-3:	Orientación de la estación total al norte31
Ilustración 14-3:	Encendido de la estación total Trimble C5.32
Ilustración 15-3:	Acceso automático a la aplicación Trimble Access de la estación total Trimble C5.32
Ilustración 16-3:	Pantalla principal de Trimble Access de la estación total Trimble C5.33
Ilustración 17-3:	Menú de topografía general de Trimble Access de la estación total Trimble C5.34
Ilustración 18-3:	Menú de trabajos de aplicación Trimble Access de la estación total Trimble C5.34
Ilustración 19-3:	Ajuste de parámetros para el levantamiento topográfico con estación total.35
Ilustración 20-3:	Menú de medir de la aplicación Trimble Access de la estación total Trimble C5.35
Ilustración 21-3:	Ajuste de puntos de referencia para el levantamiento topográfico con estación total.36
Ilustración 22-3:	Visualización de puntos medidos en la estación total Trimble C5.36
Ilustración 23-3:	Menú medir de la aplicación Trimble Access de la estación total Trimble C5.37

Ilustración 24-3:	Visualización de puntos medidos en la estación total Trimble C5.....	37
Ilustración 25-3:	Activación de laser de la estación total Trimble C5.	38
Ilustración 26-3:	Verificación de encendido del láser de la estación total Trimble C5.	38
Ilustración 27-3:	Pantalla principal de la aplicación Trimble Access.	40
Ilustración 28-3:	Menú de trabajos de la aplicación Trimble Access de la estación total Trimble C5.....	41
Ilustración 29-3:	Selección para acceso al menú de importar/exportar de la aplicación Trimble Access.....	41
Ilustración 30-3:	Pantalla de exportación de la aplicación Trimble Access.	42
Ilustración 31-3:	Menú de exportación de la aplicación Trimble Access de la estación total Trimble C5.....	42
Ilustración 32-3:	Verificación de la exportación de datos de la estación total.	43
Ilustración 33-3:	Levantamiento topográfico con sensor LiDAR	44
Ilustración 34-3:	Ajuste de la aplicación 3D Scanner App.	45
Ilustración 35-3:	Selección del modo de escaneo para la aplicación 3D Scanner App.	45
Ilustración 36-3:	Ajuste de la distancia del sensor LiDAR en la aplicación 3D Scanner App.	46
Ilustración 37-3:	Verificación de funcionalidad del sensor LiDAR.....	47
Ilustración 38-3:	Configuración para el procesamiento de datos del sensor LiDAR.....	48
Ilustración 39-3:	Modelado 3D creado por la ampliación 3D Scanner App.	48
Ilustración 40-3:	Selección del tipo de datos a exportar desde la aplicación 3D Scanner App.	49
Ilustración 41-3:	Selección del formato de la nube de puntos a exportar desde la aplicación 3D Scanner App.....	49
Ilustración 42-3:	Selección del método de transferencia de datos a exportar desde la aplicación 3D Scanner App.....	50
Ilustración 43-4:	Líneas de secciones obtenidas en el procesamiento de datos del levantamiento topográfico con cinta y brújula.....	52
Ilustración 44-4:	Líneas control obtenidas en el procesamiento de datos del levantamiento topográfico con cinta y brújula.....	53
Ilustración 45-4:	Líneas paredes obtenidas en el procesamiento de datos del levantamiento topográfico con cinta y brújula.....	53
Ilustración 46-4:	Abrir archivo CVV proveniente del levantamiento topográfico con estación total.	54
Ilustración 47-4:	Tabulación de archivo CVV proveniente del levantamiento topográfico con estación total.	55

Ilustración 48-4:	Datos tabulados en Excel proveniente del levantamiento topográfico con estación total.	55
Ilustración 49-4:	Coordenadas combinadas en Excel proveniente del levantamiento topográfico con estación total.....	56
Ilustración 50-4:	Visualización de coordenadas en AutoCAD proveniente del levantamiento topográfico con estación total.....	57
Ilustración 51-4:	Visualización de cortes de cada sección en AutoCAD proveniente del levantamiento topográfico con estación total.	57
Ilustración 52-4:	Visualización de mallas generadas en AutoCAD proveniente del levantamiento topográfico con estación total.	58
Ilustración 53-4:	Visualización del modelado 3D en AutoCAD proveniente del levantamiento topográfico con estación total.....	59
Ilustración 54-4:	Módulo de tabulación automática en CloudCompare proveniente del levantamiento topográfico con sensor LiDAR.	60
Ilustración 55-4:	Herramienta limpiar en CloudCompare proveniente del levantamiento topográfico con sensor LiDAR.....	61
Ilustración 56-4:	Parámetros de la herramienta limpiar en CloudCompare proveniente del levantamiento topográfico con sensor LiDAR.	62
Ilustración 57-4:	Uso de la herramienta segmentar en CloudCompare proveniente del levantamiento topográfico con sensor LiDAR.	62
Ilustración 58-4:	Uso terminado de la herramienta segmentar en CloudCompare proveniente del levantamiento topográfico con sensor LiDAR.....	63
Ilustración 59-4:	Uso de la herramienta segmentar para extracción de puntos de control en CloudCompare proveniente del levantamiento topográfico con sensor LiDAR.	64
Ilustración 60-4:	Exportación de puntos de control en formato DXF desde CloudCompare proveniente del levantamiento topográfico con sensor LiDAR.	64
Ilustración 61-4:	Exportación de información desde AutoCAD proveniente del levantamiento topográfico con sensor LiDAR.....	65
Ilustración 62-4:	Calculo el centroide promedio de un conjunto de puntos proveniente del levantamiento topográfico con sensor LiDAR.	66
Ilustración 63-4:	Uso de la herramienta calcular vértices en CloudCompare proveniente del levantamiento topográfico con sensor LiDAR.	67
Ilustración 64-4:	Ajuste de parámetros de la herramienta calcular vértices en CloudCompare proveniente del levantamiento topográfico con sensor LiDAR.	68

Ilustración 65-4:	Uso de la herramienta PositionRecon en CloudCompare proveniente del levantamiento topográfico con sensor LiDAR.	68
Ilustración 66-4:	Ajuste de parámetros de la herramienta PositionRecon en CloudCompare proveniente del levantamiento topográfico con sensor LiDAR.	69
Ilustración 67-4:	Modelado 3D procesado en CloudCompare proveniente del levantamiento topográfico con sensor LiDAR.....	70
Ilustración 68-4:	Uso de la herramienta extraer secciones en CloudCompare proveniente del levantamiento topográfico con sensor LiDAR.	71
Ilustración 69-4:	Línea de control para la obtención de secciones transversales en CloudCompare proveniente del levantamiento topográfico con sensor LiDAR.	71
Ilustración 70-4:	Generación de secciones ortogonales en CloudCompare proveniente del levantamiento topográfico con sensor LiDAR.	72
Ilustración 71-4:	Configuración de parámetros de las secciones ortogonales en CloudCompare proveniente del levantamiento topográfico con sensor LiDAR.	72
Ilustración 72-4:	Secciones activas en CloudCompare proveniente del levantamiento topográfico con sensor LiDAR.....	73
Ilustración 73-4:	Uso de extraer puntos de secciones activas en CloudCompare proveniente del levantamiento topográfico con sensor LiDAR.....	73
Ilustración 74-4:	Ajuste de parámetros de secciones transversales en CloudCompare proveniente del levantamiento topográfico con sensor LiDAR.	74
Ilustración 75-5:	Diagrama de dispersión del eje X del levantamiento topográfico con cinta y brújula.	86
Ilustración 76-5:	Diagrama de dispersión del eje Y del levantamiento topográfico con cinta y brújula.	87
Ilustración 77-5:	Diagrama de dispersión del eje X del levantamiento topográfico con sensor LiDAR.	92
Ilustración 78-5:	Diagrama de dispersión del eje Y del levantamiento topográfico con sensor LiDAR.	93
Ilustración 79-5:	Diagrama de dispersión del eje Y del levantamiento topográfico con sensor LiDAR.	94

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** MAPA DE UBICACIÓN DE LA CONCESIÓN “SOCIEDAD DE HECHO MINERO LA ZAMORANA”
- ANEXO B:** MAPA DE ACCESIBILIDAD HACIA LA CONCESIÓN “SOCIEDAD DE HECHO MINERO LA ZAMORANA”
- ANEXO C:** MAPA TOPOGRAFICO DE LA CONCESIÓN “SOCIEDAD DE HEHCO MINERO LA AMORANA”
- ANEXO D:** PLANIFICACION PARA LOS LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICOS
- ANEXO E:** CERTIFICADO DE CALIBRACION DE LA ESTACION TOTAL
- ANEXO F:** LEVANTAMIENTO PLANIMETRICO USANDO EL LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO CON CINTA Y BRÚJULA
- ANEXO G:** SECCIONES TRANSVERSALES USANDO EL LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO CON ESTACIÓN TOTAL
- ANEXO H:** LEVANTAMIENTO PLANIMETRICO USANDO EL LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO CON ESTACIÓN TOTAL
- ANEXO I:** SECCIONES TRANSVERSALES USANDO EL LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO CON SENSOR LiDAR
- ANEXO J:** LEVANTAMIENTO PLANIMETRICO USANDO EL LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO CON SENSOR LiDAR

RESUMEN

El presente trabajo técnico tuvo como objetivo comparar diferentes tipos de mapeos topográficos subterráneos en la mina artesanal “La Zamorana”, ésta perteneciente a la empresa concesionada “SOCIEDAD DE HECHO MINERO LA ZAMORANA” ubicada en la provincia de Zamora Chinchipe específicamente en el cantón Paquisha. Se ejecutaron varios métodos de mapeos topográficos subterráneos con diferentes instrumentos de medición como estación total, sensor LiDAR móvil y cinta y brújula con el propósito de seleccionar el mejor método que se adapte a las necesidades de la empresa. Se procesaron los datos registrados en diferentes softwares como Excel, AutoCAD y CloudCompare con el fin de conseguir modelados 3D para determinar la forma de la galería de acceso principal a esta mina, se usaron las coordenadas obtenidas para el cálculo de precisión aplicando diferentes ecuaciones como distancia euclidiana, error absoluto, diagramas de dispersión y coeficientes de correlación. Se utilizó los datos obtenidos del levantamiento topográfico con estación total como muestra referente de la realidad. Se determinó el costo por metro de labor para cada uno de los levantamientos topográficos realizados, con el objetivo de que la empresa en cuestión pueda elegir el método de mapeo que más ajuste con su necesidad. Así mismo se realizaron cálculos de velocidad de adquisición y procesamiento de datos para determinar cuál método de mapeo resulta más rápido en ejecutarse.

Palabras clave: <TOPOGRAFÍA SUBTERRÁNEA>, <MÉTODOS DE MAPEO>, <MODELADO 3D>, <DISTANCIA EUCLIDIANA>, <ERROR ABSOLUTO>, <DIAGRAMA DE DISPERSIÓN>, <COEFICIENTES DE CORRELACIÓN>

14-12-2023

2221-DBRA-UPT-2023



14-12-2023
2221-DBRA-UPT-2023

The image shows a circular official stamp from the 'UNIVERSIDAD TÉCNICA DE CUYABAMBO' with the text 'UNIDAD DOCUMENTAL Y DE INVESTIGACIÓN' around the perimeter. The stamp contains the date '14-12-2023' and the document ID '2221-DBRA-UPT-2023'. A handwritten signature in blue ink is written over the stamp.

ABSTRACT

This thesis aimed to compare different types of underground topographic maps in the artisanal mine 'La Zamorana', which belongs to the concession company "SOCIEDAD DE HECHO MINERO LA ZAMORANA", located in Zamora Chinchipe province, specifically in Paquisha canton. Several methods of underground topographic mapping were conducted through various measuring instruments such as a total station, mobile LiDAR sensor, tape and compass due to select the best method that suits the needs of the company. Data recorded in software such as Excel, AutoCAD and CloudCompare were processed to achieve 3D modeling and determine the shape of the main access gallery to the mine. The coordinates obtained were used for an accurate estimate by applying different equations such as Euclidean distance, Absolute Error, scattering diagrams and correlation coefficients. The data obtained from the topographic survey with total station was used as a reference sample of reality. The cost per meter of work was determined for each of the topographic surveys carried out, with the aim that the company involved can choose the mapping method that best suits its need. Moreover, data acquisition and processing speed calculations were also performed to determine which mapping method is faster to execute.

Keywords: <UNDERGROUND SURVEY>, <MAPPING METHOD>, <3D MODELING>, <EUCLIDIAN DISTANCE>, <ABSOLUTE ERROR>, <SCATTER PLOT>, <CORRELATION COEFFICIENT>.



Jessica Galimberti

CI 1756468482

INTRODUCCIÓN

Las minas artesanales representan una gran parte de la industria minera a nivel mundial con una producción significativa que tan solo Ecuador en el año 2020 produjo un aproximado de \$129.5 millones de dólares por explotación de oro. Sin embargo, estas minas son a menudo pequeñas teniendo en cuenta el nivel de producción, operadas por comunidades locales y trabajadores artesanales que utilizan técnicas manuales y equipos simples para extraer los minerales. Se caracterizan por su complejidad geológica topográfica y ambiental lo que representa importantes desafíos en términos de seguridad, eficiencia y productividad (Ministerio del ambiente, 2020).

En este contexto, la topografía es una ciencia aplicada con la ayuda de instrumentos que nos permiten medir y representar gráficamente la realidad a un plano virtual partiendo de una escala de referencia, también es una herramienta crucial para la operación y gestión de las actividades en minas artesanales. Se debe tener en cuenta que es esencial para la planificación y diseño de las operaciones mineras, la evaluación de la calidad de los recursos minerales, la seguridad de los trabajadores y la minimización de los impactos ambientales (Gómez, 2008).

En particular, la topografía es fundamental en las minas subterráneas artesanales, donde la falta de acceso a la luz natural y la complejidad de las galerías y túneles hacen que la navegación sea más difícil por las irregularidades dado que a medida que se va avanzando en la excavación existen ciertas irregularidades en la geología del depósito mineral. Una buena topografía en minas artesanales subterráneas permite al personal tener un mejor conocimiento del terreno específicamente de las estructuras subterráneas, lo que mejora la seguridad y reduce el riesgo de accidentes por causa de una mala movilidad y ubicación dentro de las galerías. Una medición precisa y actualizada de los frentes de avances permite la optimización de las excavaciones de minerales, mejorando la eficiencia y la productividad minera.

Teniendo en consideración lo antes señalado, el presente trabajo técnico se enfocará en la zona de estudio del distrito minero de Chinapintza, esta tiene su origen en la década de los 80, en aquel entonces esta zona del Ecuador no se encontraba poblada debido a que en este tiempo nuestro país se encontraba en conflictos limítrofes con el vecino país de Perú, por lo que en aquel entonces el presidente de la república Jaime Roldós Aguilera mediante un decreto ejecutivo ordenó que se poblara 10 km al margen izquierdo del río Nangaritza para de alguna forma asegurarse de que esa parte del territorio ecuatoriano no fuese arrebatada, mucha gente se dirigió a ese sector haciéndose participe de aquel decreto, pero posteriormente al conflicto fueron pocos los que quedaron habitando esa zona del país dándose cuenta que se encontraba una gran reserva de oro.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema

En el presente trabajo técnico se ejecutará una comparación de métodos de mapeos topográficos subterráneos en la mina artesanal La Zamorana. Se busca identificar cual es el método topográfico más eficiente analizando parámetros como precisión, economía y rapidez en la adquisición y procesamiento de datos de datos para las actividades mineras, dado que la empresa “SOCIEDAD DE HECHO MINERO LA ZAMORANA” a lo largo de sus operaciones no ha ejecutado métodos de mapeos subterráneos.

Los métodos de mapeo en las minas subterráneas son los principales parámetros para el proceso de las operaciones de minado ya que gracias a esto los operadores y técnicos podrán tener una mejor orientación en cada una de las labores mineras, logrando un mejor control en el avance de cada una de las obras subterráneas.

En minería artesanal no siempre se lleva un correcto mapeo de las labores, esto no es una buena acción dado que si sucediera una catástrofe como un derrumbe no se tendría conocimiento del acceso hacia las zonas inestable para ejecutar las respectivas operaciones de rescate.

Las comparaciones de los métodos de mapeo subterráneo ayudarán a tomar una decisión concreta para saber qué tipo de levantamiento topográfico resulta más factible para las minas artesanales, enfocando como caso de estudio la mina La Zamorana.

1.2 Justificación

La mina artesanal “La Zamorana” no cuentan con estudios topográficos, mucho menos con métodos de mapeos precisos. Por este motivo se busca implementar un método de mapeo económico el cual permita llevar un mejor control en cada uno de los frentes de avances.

La medición topográfica considera factores como la morfología de las galerías, la extensión a medir, el equipo a utilizar y el tipo de mineral en la zona, ya que si hablamos en este caso de una mina metálica los instrumentos como la brújula de punta magnética va a variar en la exactitud de la toma de datos.

1.3 Justificación del proyecto

Se requiere el estudio comparativo de los diferentes métodos de mapeos topográficos subterráneos con el fin de ayudar a los pequeños mineros del cantón Paquisha a tener un control de la topografía de las diferentes labores mineras que realizan día a día.

1.4 Recursos para la elaboración del proyecto

Los recursos para la realización del presente trabajo de integración curricular van ligados a los datos obtenidos en el campo de trabajo, a la información bibliográfica obtenida en los diferentes repositorios de la biblioteca física y virtual de la ESPOCH, se tomará en cuenta lo siguientes parámetros:

- Topografía de las galerías por medio de estación total
- Escaneo de las galerías con sensor LiDAR por medio de un iPad Pro 9na generación
- Topografía de las galerías con cinta y brújula
- Softwares para visualización, manejo y depuración de nubes de puntos de licencia libre
- Material bibliográfico
- Computadora con capacidad media para el procesamiento de datos

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general

Comparar los diferentes tipos de mapeos topográficos subterráneos, mediante la aplicación de diferentes equipos de medición para determinar la exactitud de cada método empleado en la MINA ARTESANAL LA ZAMORANA.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Determinar cuál es el método de medición más rápido de ejecutar para el levantamiento topográfico de galerías subterráneas.
- Evaluar la precisión en la medición de los métodos de mapeo subterráneos.
- Seleccionar el método de mapeo más económico que se adapte a las necesidades de la empresa por metro de labor en la mina "LA ZAMORANA".

1.6 Hipótesis

Mediante el análisis de la comparación de los métodos de mapeo subterráneo se podrá registrar y documentar las ventajas y desventajas de cada uno de estos y así comprobar que el método topográfico con sensor LiDAR con dispositivos móviles resulta el óptimo para el mapeo subterráneo.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Generalidades

2.1.1 Actividad minera

La sociedad de hecho minero La Zamorana es concesión minera que mantiene labores de explotación de oro, sus principales actividades se basan en la extracción del mineral de principal de interés económico. Esta mina se encuentra actualmente ejecutando actividades de excavación para así llegar a las vetas más potencializadas ya que en el depósito existen vetas de plata la cual no es tan remunerada económicamente como el oro.

2.1.2 Ubicación

La zona en donde la empresa “Sociedad de hecho minero La Zamorana” ejecutan las actividades mineras se sitúa al sur este de la de la república del Ecuador, específicamente en la provincia de Zamora Chinchipe, cantón Paquisha, parroquia Nuevo Quito, en el sector Chinapintza. Esta concesión cuenta con un área de 4 hectáreas.

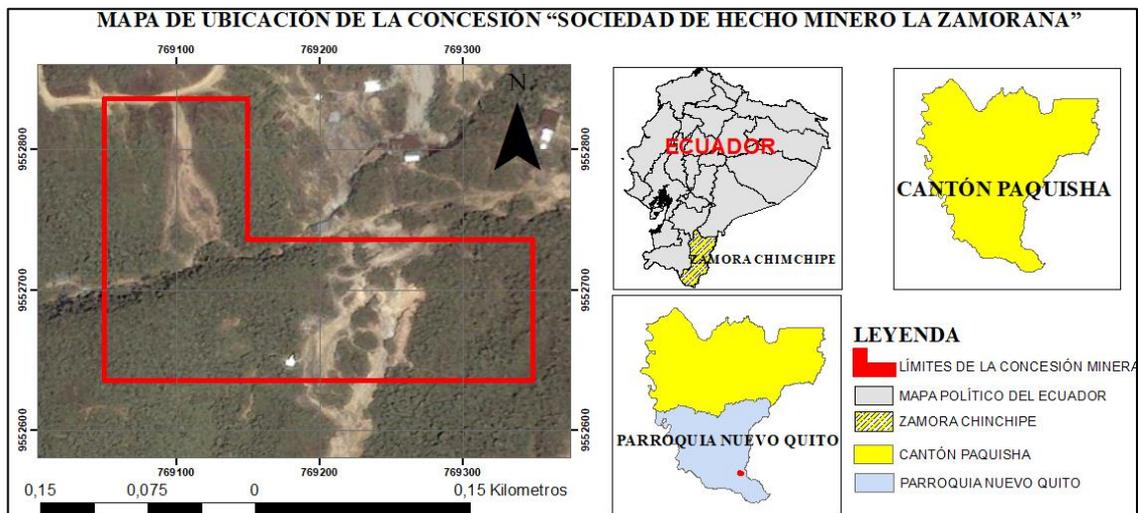


Ilustración 1-2: Ubicación de la concesión “Sociedad de hecho minero La Zamorana”

Fuente: Sociedad de hecho minero La Zamorana (Sociedad de hecho minero La Zamorana, 2023)

Realizado por: Jhosimar Emmanuel Calvopiña Nieves

2.1.3 Accesibilidad hacia la concesión minera

El acceso a la concesión “sociedad de hecho minero La Zamorana” es estrictamente de forma vehicular, el punto de referencia de la accesibilidad es desde la ciudad de Zamora la cual es la capital de la provincia de Zamora Chinchipe. La concesión se encuentra a 78 Km de la ciudad capital de esta provincia por lo que se tendrá que tomar la vía de primer orden panamericana/troncal amazónica – E45, en esta se conducirá por 33 Km hasta llegar a la ciudad de Zumbi, en esta se tomará la vía de segundo orden por 18 Km, denominada Avenida Paquisha hasta llegar a este mismo cantón. Posteriormente al momento que ya se haya llegado al cantón Paquisha se tomará la vía de 3er orden por 23 Km hasta la parroquia Chinapintza, esta vía esta parcialmente pavimentada por lo que el acceso tendrá un retraso medio. Por último, ya para acceder a la concesión minera se tomará la vía Chinapintza la cual es principalmente de lastre por 4 Km y así tras aproximadamente 3 horas se llegará al destino indicado.

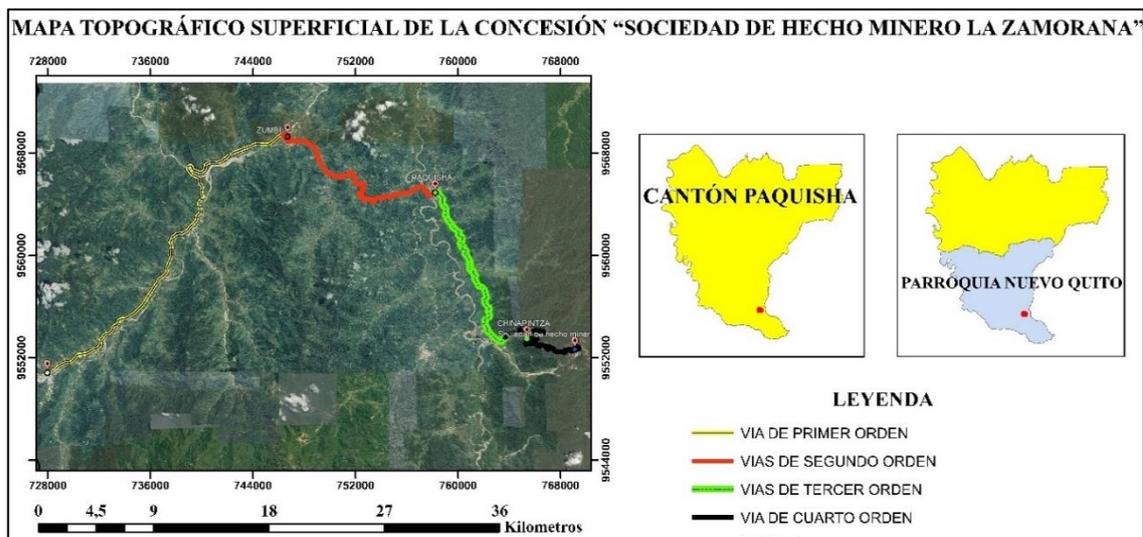


Ilustración 2-2: Accesibilidad a la concesión “Sociedad de hecho minero La Zamorana”

Fuente: Sociedad de hecho minero La Zamorana (Sociedad de hecho minero La Zamorana, 2023)

Realizado por: Jhosimar Emmanuel Calvopiña Nieves

2.1.4 Topografía superficial de la Concesión minera

La concesión minera “Sociedad de hecho minero La Zamorana”, cuenta con una extensión de 4 hectáreas en las cuales se desarrollan las diferentes actividades mineras antes mencionadas. La concesión se encuentra a una altura de 1665 metros sobre el nivel del mar y registra una elevación máxima de 1785 metros sobre el nivel del mar. Los datos con los que se ha realizado esta

representación gráfica del terreno fueron proporcionados por la empresa “Sociedad de hecho minero La Zamorana”.

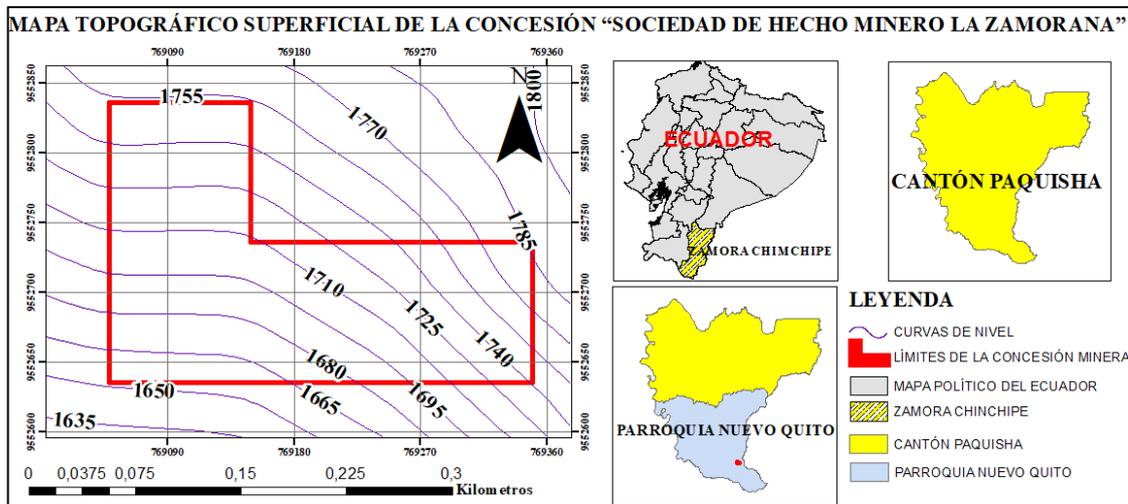


Ilustración 3-2: Topografía superficial de la concesión “Sociedad de hecho minero La Zamorana”

Fuente: Sociedad de hecho minero La Zamorana (Sociedad de hecho minero La Zamorana, 2023)

Realizado por: Jhosimar Emmanuel Calvopiña Nieves

2.1.5 Geología y geomorfología local de la parroquia Nuevo Quito

El cantón Paquisha se ubica en la provincia de Zamora Chinchipe, en la región suroriental de la república del Ecuador. Esta zona está caracterizada por la riqueza mineral, con grandes yacimientos de oro, plata, cobre entre otros minerales.

El cantón Paquisha se encuentra la zona de convergencia de la placa de nazca, que se desplaza por debajo de la placa sudamericana. Esto ha dado lugar a la formación de diversas estructuras geológicas, como cordilleras, valles, depresiones y cuencas sedimentarias (Paquisha 2014, p. 34).

La zona de estudio se ubica en la zona subandina ecuatoriana, misma que desde una visión tectónica, ha tenido un sinnúmero de diversas exploraciones metálicas e hidrocarbúrferas. Relacionado directamente al arco volcánico-Plutónico de edad jurásica, también conocido como el arco volcánico continental Misahuallí. Lo que origino mayor importancia metalífera en la cordillera del Condor, emplazada al sur de la zona Subandina(Calle 2014, p. 30).

La zona Subandina se conforma por sedimentos terciarios dispuestos en el flanco Oriental, formadas por sedimentos y rocas volcánicas del Jurásico al Cretácico, que posteriormente has sido instruidas por batolitos tipo I, claramente como ocurre con el batolito de Zamora (Calle 2014, p. 21).

La zona subandina se compone por 4 zonas morfoestructurales: en la zona de estudio la zona es la Cordillera del Cóndor, en su mayoría compuesta por el Batolito de Zamora, La zona de estudio específicamente la parroquia Nuevo Quito, se localiza en la Cordillera Real de Chinapintza, dentro de la Cordillera del Cóndor.

La Cordillera del Cóndor geológicamente se compone de formaciones volcánicas y vulcano-sedimentarias del triásico al jurásico (Piuntza y Misahuallí), por rocas sedimentarias del Cretácico (Hollín, Napo y Tena), por stocks como el pórfido de Chinapintza, y en totalidad al Batolito de Zamora de composición calco alcalino (Calle 2014, p. 23).

Toda esta secuencia de rocas ha sido instruida desde el cretácico inferior a superior por stocks de granitoides tipo I junto con pórfidos de alto nivel de composición calco alcalinas, lo cual a desencadenado hidro termalismo enriqueciendo las rocas huésped de minerales de interés económico, centrándose en el área de estudio se encuentra el cuerpo porfídico de Chinapintza de composición riodacítica a dacítica, afectado por alteración hidrotermal, presenta mineralización en vetas, diseminada y en stockwork (Calle, 2014, p. 25).

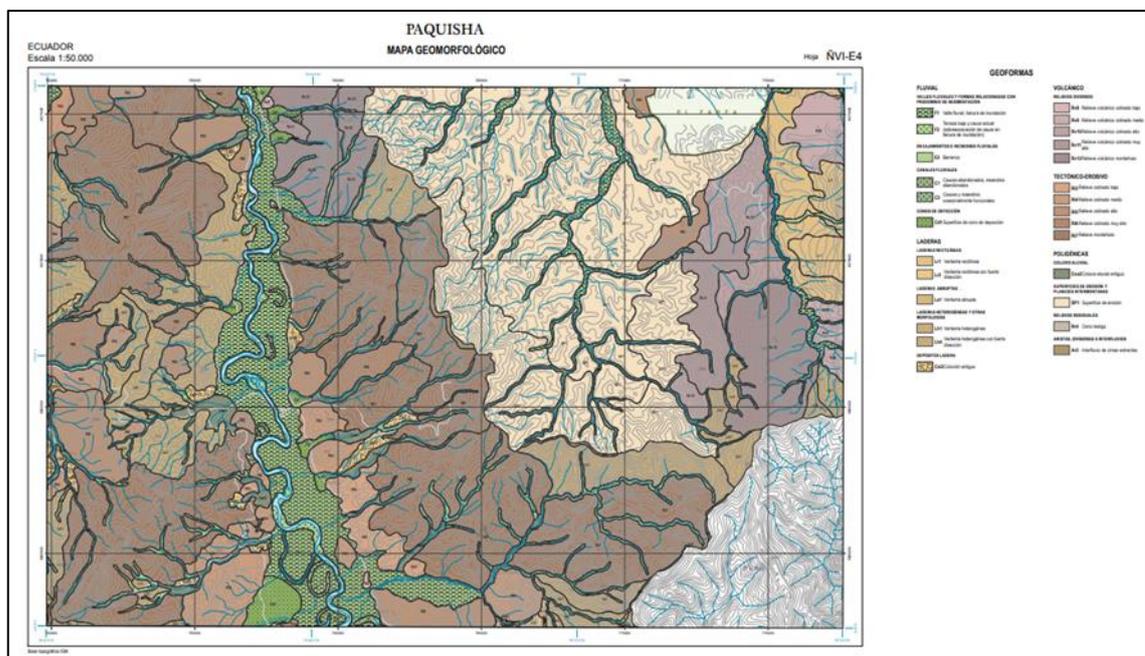


Ilustración 4-2: Geología y geomorfología de la provincia de Zamora Chinchipe

Fuente: Ministerio de energía y minas (Ministerio de energía y minas, 2023)

Realizado por: Ministerio de energía y minas

2.2 Referencias tóricas

2.2.1 Tipos de levantamientos topográficos para minería subterránea

La topografía es una ciencia que estudia un conjunto de procedimientos que ayuda a determinar la posición exacta de los puntos sobre la superficie de la tierra o debajo de ella, combinando los elementos, distancia, elevación y dirección. Para lo cual la topografía cuenta con procedimientos en campo, metodologías de cálculo y representaciones en un plano (González et al. 2013, p. 3).

Como parte de la metodología de campo y procesamiento de datos, existe una herramienta que permite unificar estos dos procesos, a esta herramienta se la conoce como estación total, misma que es capaz de medir distancias y ángulos en un mismo equipo, y las procesa matemáticamente mediante un principio conocido como triangulación, para determinar coordenadas geográficas desde dos o más puntos conocidos en el espacio (Leopoldo & Valencia, 2008, p.50).

La estación libre, trisección o resección es un método utilizado en topografía para determinar la orientación de una estación total en el terreno, omitiendo el utilizar un punto de referencia. Este procedimiento se basa en la observación y medición de ángulos hacia puntos inaccesibles desde la estación total. Luego, se calculan las coordenadas de estos puntos con respecto a la posición de la estación, lo que permite conocer la ubicación precisa de la instalación de la estación, método ampliamente usado en minería subterránea (Cruz Meléndez, 2008, p.33).

2.2.2 Levantamiento topografía para minas subterráneas

La topografía subterránea es una disciplina de la topografía que se enfoca en el levantamiento preciso del terreno dentro de una mina subterránea. Utiliza tecnologías avanzadas como estaciones totales, escáneres láser y GPS para medir y analizar las coordenadas y elevaciones de puntos clave, galerías, túneles y otras estructuras subterráneas. Estos datos topográficos son esenciales para la planificación, diseño y operación segura y eficiente de la minería subterránea, proporcionando información detallada para la elaboración de mapas y la monitorización de movimientos de terreno (Hustrulid & Bullock, 2015, p.13).

Las estaciones totales son dispositivos utilizados en topografía subterránea para medir distancias, ángulos y elevaciones con alta precisión. Estas estaciones integran un teodolito y un distanciómetro láser o electromagnético, lo que permite realizar mediciones angulares y de distancia con un solo instrumento. En el contexto de la minería subterránea, las estaciones totales se utilizan para determinar las coordenadas y elevaciones de puntos clave en túneles, galerías y otras estructuras subterráneas, lo que facilita la generación de mapas detallados y la supervisión de la estabilidad del terreno (Sayadi & Heasley, 2010, p.9).

Los escáneres láser, también conocidos como LiDAR (Light Detection and Ranging), son dispositivos que emplean pulsos láser para obtener datos precisos de distancias y elevaciones en un entorno subterráneo. Estos sistemas se utilizan ampliamente en topografía subterránea debido a su capacidad para generar modelos tridimensionales del terreno y las estructuras mineras con gran detalle. Los datos obtenidos por el escáner láser se procesan para crear representaciones visuales y modelos digitales del terreno, lo que ayuda a los ingenieros en minas a visualizar la distribución de recursos minerales, planificar el diseño de túneles y cámaras, y evaluar la seguridad y estabilidad del terreno (CIM).

La topografía para las minas subterráneas es uno de los parámetros más importantes de un proyecto minero, ya que, gracias a esta se garantiza la seguridad de las operaciones mineras, estos mapas topográficos tienen como objetivos:

- Calcular el volumen de roca extraída
- Ubicar puntos de excavación
- Diseñar las futuras galerías
- Voladura
- Ubicar puntos inseguros como seguros
- Identificar fallas y formaciones geológicas
- Permite generar una planificación minera

2.2.3 Levantamiento topográfico con estación total

Procedimiento técnico para levantamiento subterráneo con estación total (Valencia Hernández 2011, p. 6).

Como primer paso se planifica y selecciona la ubicación de la estación total:

- a. Seleccionar la ubicación y calibrar los niveles de la estación total para asegurar la precisión de las mediciones.
- b. Establecer una coordenada de origen relativo para el levantamiento subterráneo.
- c. Identificar las zonas a levantar planificadas anteriormente.

Puesta a punto del equipo:

- a. Cargar las baterías de la estación total y asegurarse de poseer espacio en la memoria.

- b. Verificar y ajustar los parámetros de configuración, como la temperatura, presión, coordenadas, etc.

Mediciones en campo:

- a. Plantar la estación conociendo puntos de referencia en interior mina.
- b. Medir las distancias y los ángulos entre las estaciones de control y los puntos clave de interés.
- c. Registrar las lecturas de la estación total y las observaciones relevantes en un cuaderno de campo.

Procesamiento de datos:

- a. Descargar los datos de la estación total a un software de procesamiento topográfico.
- b. Ajustar y corregir las mediciones para eliminar errores sistemáticos y mejorar la precisión.
- c. Generar coordenadas y elevaciones precisas de los puntos levantados en el sistema de coordenadas de referencia establecido.

Generación de mapas y modelos:

- a. Utilizar el software de topografía para crear mapas planimétricos y perfiles del terreno subterráneo.
- b. Generar modelos tridimensionales que representen las estructuras mineras y los recursos subterráneos.
- c. Interpretar los resultados para obtener información relevante para el diseño y la planificación minera.

2.2.4 Características de la Estación Total Trimble C5 Series

La estación total de la marca Trimble Series C5 permite aumentar la productividad al disminuir el tiempo de captura de mediciones, cuenta con un diseño compacto, ligero y robusto, cuenta con un potente sistema de medición sin prisma y tecnología de autoenfoco que agiliza el

procedimiento de medición. Cuenta con baterías de larga duración, así como dos pantallas táctiles a color (Estación Total C5 Series TRIMBLE, 2005).

La estación total Trimble c5 Series cuenta con las siguientes características (Estación Total C5 Series TRIMBLE, 2005):

- Precisión de ± 1 mm a ± 1.5 ms.
- Medición con prisma o disparo directo
- Nivelación electrónica
- Software de medición avanzado
- Brújula digital

2.2.5 Levantamiento topográfico con sensor LiDAR

Los levantamientos topográficos han avanzado tanto como también lo ha hecho la tecnología, la medición con sensores LiDAR hoy en día es posible gracias al avance de la ciencia. LiDAR es un equipo de medición que ocupa en su función un emisor y un receptor de pulsos de luz cortos con longitudes de unos pocos nanosegundos de precisión (Dong y Chen 2017, p.13).

El levantamiento topográfico mediante el sensor LiDAR (Light Detection and Ranging) es un método avanzado de captura de datos topográficos que utiliza pulsos de luz láser para medir y registrar la distancia entre el sensor y los objetos del terreno. Este sensor emite ráfagas de luz láser y luego detecta el tiempo que tarda en regresar el eco de cada pulso, lo que permite calcular con precisión la distancia hasta los puntos del terreno (Dong y Chen 2017, p.13).

La nube de puntos resultante, también conocida como "nube de puntos LiDAR", contiene millones de coordenadas 3D que representan la superficie del terreno y los objetos presentes en el área escaneada. Estos puntos se utilizan para generar modelos digitales del terreno (MDT) y modelos digitales de superficie (MDS), que son representaciones precisas y detalladas del relieve (Dong y Chen 2017, p.,14).

El levantamiento topográfico mediante sensor LiDAR es ampliamente utilizado en diversas aplicaciones, como cartografía, ingeniería, gestión del medio ambiente, planificación urbana, agricultura de precisión y gestión de recursos naturales. Sus ventajas incluyen la rapidez de adquisición de datos, alta precisión, capacidad para penetrar vegetación densa y nubes, y la generación de información detallada para análisis y toma de decisiones (Dong & Chen, 2017, p.14).

La topografía con sensores LiDAR se basan en la obtención de datos a partir de una nube de puntos generadas por el instrumento, por medio de esta se puede obtener muchos recursos para la minería. Los factores que se pueden analizar con esta nube de puntos son varios como su uso y diferentes características(Brenner, 2004, p.49).

2.2.6 Características de Sensor LiDAR iPad 9 Pro

Dentro de las características del sensor LiDAR en el iPad 9 pro están (Apple, 2021):

- Sensor de pulsos laser para medir distancia, profundidad de objetos y superficies presentes en el campo de enfoque.
- Resolución de alta precisión, es capaz de capturar detalles precisos de los objetos y superficies escaneados, levantando una nube de puntos densa y detallada.
- Sincronización del sensor LiDAR con la cámara y el procesador del dispositivo.

Sensor LiDAR de iPad 9 Pro (Apple, 2021):

- Precisión de ± 5 mm
- Resolución espacial en escala de pixeles
- Facilidad de uso
- Velocidad de adquisición de datos
- Densidad de puntos por metro de labor

2.2.7 Levantamiento topográfico con cinta y brújula

Este levantamiento topográfico se lo puede ejecutar cuando no se necesite alta precisión en las medidas, cabe mencionar que siempre se deberá de tener cuidado que las operaciones topográficas con este método se realicen con paciencia, siempre cuidando la integridad de los instrumentos utilizados (Fuentes 2012, p.15).

El levantamiento topográfico con cinta y brújula es una de las actividades de medición más antiguas para obtener la planimetría de un espacio en la realidad por lo que se puede decir que es una operación sencilla que sin embargo involucra equipos adicionales, personas (cadeneros) y métodos de mapeos. Sin embargo, este tipo de medición solo se debe de usar cuando no se

requiera mucha precisión ya que los equipos usados en este método de mapeo algunos son artesanales como los jalones para ubicar cada punto con la cinta. (Gómez & Cleves, 2008, p.101).

Se debe de tomar en cuenta que la topografía con cinta y brújula es una de las más económicas a nivel de gestión de costos ya que no cuenta con necesidad de usar instrumentos costosos de varios miles de dólares y su ejecución es sencilla (Gómez & Cleves, 2008, p.102).

La cinta para esta labor de medición debe de ser tomada muy en cuenta ya que esta puede ser de diferentes materiales, esta se puede alargar o acortar dependiendo del material que este construida esta. En las minas subterráneas se debe de tener mucho cuidado con este tipo de instrumentos ya que no siempre en las minas subterráneas artesanales se tiene una ventilación adecuada por lo que el clima del interior mina puede variar en algunas secciones de las galerías y todos estos factores provocan un error de medición en la cinta (Gómez & Cleves, 2008, p.102).

2.2.8 *Funcionamiento de Cinta y Brújula para levantamiento topográfico*

Se conoce como levantamiento al conjunto de procesos para representar gráficamente un terreno, para lo cual el levantamiento realizado con cinta está enmarcado dentro de la planimetría, representando a la superficie como un plano horizontal, donde se proyectan detalles y accidentes (Prieto 2010, p. 3).

Para este procedimiento se cuenta con 2 instrumentos:

- Cinta métrica
- Brújula

En cuanto a la brújula es un instrumento que represento en algún punto de la historia antes de la invención del teodolito, el único medio practico para medir direcciones y ángulos horizontales, el mismo que se continúa empleando en levantamientos subterráneos como una herramienta mas de diseño y planificación (Prieto 2010, p. 3).

Dentro del procedimiento de medición se encuentran los siguientes pasos:

- Ubicarse en la superficie o terreno a medir.
- Se selecciona las estaciones a medir y demarcarlas con estacas o señales de referencia.
- Se toma la primera estación e inicia a calcular con la brújula y la plomada los ángulos formados entre los puntos de medición.
- Se mide la distancia horizontal real entre las dos estaciones de medición.

- Se repite el procedimiento las veces que sea necesario hasta culminar con todas las estaciones a medir.
- Se mide a su vez desde la estación más cercana cualquier detalle importante designado (Prieto 2010, p. 7).

2.2.9 Brújula Brunton

El principal funcionamiento de la brújula brunton es determinar las direcciones de las secciones en un levantamiento topográfico, esta cuenta con una aguja de punta magnética la cual marca el rumbo hacia donde está dirigida la línea de levantamiento topográfico (Fuentes 2012, p.5).

Esta brújula se la puede encontrar de dos tipos, una de estas es de tipo azimutal la cual cuenta con una sola línea que marca el rumbo de 0° hasta 360°, y el otro tipo de brújula es la que cuenta con cuatro cuadrantes de 0° a 90° divididos en secciones de E (este) y W (oeste) (Fuentes 2012, p.5).

2.2.10 Cinta

La cinta es un instrumento que va a permitir medir las distancias que existen entre los jalones de ubicación en cada sección o estación (Fuentes 2012, p.8).

2.2.11 Declinación magnética

La declinación magnética, es un ángulo que representa la discrepancia entre el norte magnético y el norte geográfico en una ubicación específica de la Tierra. Este fenómeno se debe a que el campo magnético terrestre no es uniforme y experimenta cambios con el tiempo (Prieto 2010, p. 5).

En el uso y calibración de brújulas Brunton, la declinación magnética adquiere una relevancia crucial para obtener mediciones precisas. Estas brújulas se basan en la dirección del campo magnético para indicar la orientación norte-sur. Sin embargo, dado que el norte magnético no coincide con el norte geográfico, se hace necesario corregir las lecturas de la brújula para tener una referencia exacta de la dirección geográfica (Prieto 2010, p. 5).

Para calibrar una brújula Brunton y tomar en cuenta la declinación magnética, se deben llevar a cabo los siguientes pasos:

Determinar la declinación magnética local: Se debe obtener información actualizada sobre la declinación magnética específica para el área donde se llevará a cabo el levantamiento. Esta información puede obtenerse de cartas náuticas, mapas topográficos o fuentes en línea proporcionadas por organismos geodésicos.

Ajustar la brújula: Una vez que se conoce la declinación magnética local, se procede a ajustar la brújula Brunton para corregir la discrepancia entre el norte magnético y el norte geográfico. Este ajuste implica girar la escala de la brújula para reflejar la declinación magnética en la orientación de la brújula.

Realizar mediciones con corrección de declinación: Durante el levantamiento topográfico, se emplean las mediciones de la brújula Brunton teniendo en cuenta la declinación magnética. Cada medición debe ser corregida aplicando la declinación magnética correspondiente para obtener una orientación precisa respecto al norte geográfico (Fortuny, 2008).

La corrección de la declinación magnética en la brújula Brunton es esencial para evitar errores en la orientación y obtener mediciones precisas en trabajos de campo. Si no se considera la declinación magnética, se podrían producir desviaciones significativas en los resultados, lo que afectaría la precisión y calidad de los datos topográficos recopilados. Al calibrar adecuadamente la brújula y aplicar la corrección de declinación, se asegura una precisión óptima en las mediciones y una correcta alineación con las coordenadas geográficas del área de trabajo (Prieto 2010, p. 5).

Para el levantamiento topográfico en la mina la zamorana con la brújula brunton se debe de mover la perrilla del ajuste de la declinación hasta restar 3.7° con respecto al norte.

2.2.12 Características de Brújula Brunton

Características generales de la brújula brunton:

- Sistema exclusivo de alimentación BTUNTON O.S.S.
- Ajustes de declinación libre de herramientas.
- Líneas de meridiano sobre el mapa.
- Lectura amplificada para precisión de 1° .
- Cubierta protectora con espejo de avistamiento.
- Tarjetas de referencia en campo y de emergencia.
- 3 sistemas de clinómetro.

- Fabricación en U.S.A.

2.2.13 Precisión y exactitud

En topografía, la precisión y la exactitud son términos que describen la calidad y fiabilidad de las mediciones realizadas durante el proceso de levantamiento topográfico. La precisión se refiere a la capacidad de obtener mediciones consistentes y cercanas entre sí, mientras que la exactitud se relaciona con la cercanía de los valores medidos con respecto a un valor de referencia conocido o verdadero. Tener mediciones precisas y exactas es esencial para garantizar la integridad y calidad de los datos topográficos, lo que a su vez contribuye a una toma de decisiones acertada en proyectos de ingeniería y planificación del territorio (Kavanagh & Mastin, 2013).

La precisión es la relación entre el valor de una medición y el valor verdadero de las dimensiones que se está medido por lo que la precisión, describe el refinamiento del proceso de medición y la capacidad de repetir la misma medida con pequeñas variaciones consistentes en las medidas (Kavanagh & Mastin, 2013).

2.2.14 Centroide del punto promedio

El centroide del punto promedio, también conocido como centroide del promedio ponderado, es un concepto técnico en geometría y estadística que representa el centro de gravedad o el punto medio de un conjunto de puntos ponderados, donde cada punto tiene una influencia proporcional a su peso o importancia (Tippens 2004, p. 50).

Para calcular el centroide del punto promedio, se asigna un peso a cada punto, y luego se determina el punto en el espacio tridimensional o en un plano bidimensional que representa el centro ponderado de todos los puntos. Este punto se calcula sumando las coordenadas de todos los puntos ponderadas por sus respectivos pesos y luego dividiendo el resultado entre la suma total de los pesos. El centroide del punto promedio es un valor que tiene en cuenta tanto las coordenadas de los puntos como sus pesos relativos, lo que lo convierte en una herramienta útil en diversas aplicaciones, como análisis geoespaciales, ingeniería, análisis de datos y procesamiento de imágenes.

2.2.15 Cloud compare

CloudCompare es una herramienta informática de procesamiento de nube de puntos tridimensionales utilizada en proyectos de ingeniería y otras disciplinas relacionadas. Esta

aplicación permite a los ingenieros y profesionales de la geoespacialidad visualizar, analizar y manipular datos recopilados mediante tecnologías avanzadas como láser escáner y fotogrametría. Con CloudCompare, es posible realizar comparaciones entre diferentes nubes de puntos, registrar datos escaneados y generar modelos tridimensionales precisos y detallados del terreno o objetos analizados. Su capacidad para importar y exportar diversos formatos de datos, junto con una amplia gama de funciones de procesamiento y análisis, convierten a CloudCompare en una herramienta versátil y valiosa para proyectos de ingeniería geoespacial (Girardeau-Montaut 2015, p. 8).

En el ámbito de la ingeniería, la aplicación de CloudCompare ha demostrado ser especialmente útil en proyectos de topografía, cartografía, arquitectura y monitoreo de infraestructuras. Su capacidad para realizar alineamientos precisos y fusionar diferentes nubes de puntos provenientes de distintas fuentes de escaneo, proporciona una visión holística del terreno o estructuras analizadas. Además, esta herramienta permite calcular volúmenes, identificar deformaciones y realizar mediciones precisas en objetos complejos. Su interfaz de usuario amigable y las opciones de automatización facilitan la manipulación y procesamiento de grandes conjuntos de datos, lo que ahorra tiempo y esfuerzo en el análisis de información geoespacial (Girardeau-Montaut 2015, p. 9).

El uso de CloudCompare en proyectos de ingeniería ofrece ventajas significativas en términos de precisión y eficiencia en el procesamiento de datos geoespaciales. Su capacidad para manejar datos masivos y complejos, así como su amplia gama de funciones avanzadas, lo convierten en una herramienta valiosa para la toma de decisiones en proyectos de ingeniería. Al proporcionar modelos tridimensionales detallados y precisos, CloudCompare facilita la identificación de características críticas y la planificación adecuada de proyectos de construcción, mapeo de terrenos, análisis estructurales y monitoreo de infraestructuras. La aplicación de esta herramienta en la ingeniería moderna se ha convertido en una práctica esencial para obtener resultados de alta calidad y mejorar la eficiencia en la gestión y ejecución de proyectos geoespaciales (Girardeau-Montaut 2015, p. 10).

2.2.16 Modelamiento 3D

El modelado 3D en minería subterránea es un proceso técnico mediante el cual se crea una representación tridimensional precisa y detallada del yacimiento minero subterráneo. Esta técnica combina datos topográficos, información geológica y datos de exploración para generar un

modelo virtual que refleja con exactitud la configuración geológica y las estructuras del yacimiento (Mora 2022, p. 72).

2.2.17 Levantamiento planimétrico

El levantamiento planimétrico es un método topográfico que se centra en recopilar información y generar representaciones en dos dimensiones de puntos y objetos sobre una superficie plana, sin considerar alturas o elevaciones (Prieto 2010, p. 3).

2.2.18 Error absoluto

El error absoluto, en términos técnicos, es una medida de la discrepancia o diferencia entre el valor medido y el valor verdadero o teórico de una magnitud o cantidad. Es una forma de cuantificar la precisión de una medición y se expresa en la misma unidad que la magnitud medida. El error absoluto no tiene en cuenta la dirección del error, es decir, si la medición está por encima o por debajo del valor verdadero, sino que se enfoca únicamente en el valor numérico de la diferencia. Por lo tanto, un error absoluto pequeño indica que la medición es precisa y se acerca al valor verdadero, mientras que un error absoluto grande indica una menor precisión y una mayor discrepancia con respecto al valor teórico (Unprofesor, 2023, p.34).

2.2.19 Distancia euclidiana

La distancia euclidiana también llamada distancia de espacios vectoriales es un concepto matemático que tiene como base el teorema de Pitágoras. Este proceso provee como resultado la distancia que existe entre dos puntos en el espacio bidimensional o tridimensional de un plano euclidiano (Bourbaki, 1987, p.14).

2.2.20 Diagramas de dispersión

El diagrama de dispersión es una herramienta estadística que nos ayuda a relacionar la variable real de una muestra con respecto a su variable predictora o también llamada como variable de resultado, esto gráficos se usaran en el cálculo de precisión ya que esto ayudara a visualizar cuanta es la dispersión y cuanta es la correlación de las variables obtenidas independientemente de cada eje analizado de los levantamientos topográficos propuestos (Dunn & Clark, 2009, p.166).

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1 Planificación de los levantamientos topográficos

Para la ejecución de los levantamientos topográficos en la mina artesanal La Zamorana es necesario establecer un orden de planificación, esta se realiza con el fin de organizar el orden de cumplimiento para ejecución y procesamiento de los métodos de mapeo propuestos en el presente proyecto técnico.

El propósito de realizar esta planificación en el área de estudio es tener un control en las actividades a realizar, puesto que al aplicar más de un método de mapeo puede haber contratiempos con los datos al momento de tabular la información en los diferentes softwares.

La inspección del terreno ejecutada durante primera semana de trabajo como está propuesto en el cronograma de actividades (ANEXO D) se evidenció que:

- Las galerías de la mina La Zamora se caracterizan por ser excavaciones irregulares, dado que al ser una empresa artesanal no se cuida el resultado de las voladuras en los frentes de excavación del depósito mineral.
- La cuneta no está diseñada correctamente, esto dificulta directamente a la ejecución del levantamiento topográfico con estación total al momento estacionar el equipo.
- Las galerías poseen irregularidades en sus secciones, por lo que los levantamientos topográficos no tendrán facilidad de ejecución.

Se evalúa y se gestiona los riesgos que puede haber en el área de estudio, esto se realiza con el propósito de salvaguardar la integridad física de los operadores y ayudantes. (Madre & De Zacatecas, 2012, p.23 - 26)

En la semana uno se estimó los recursos necesarios para la ejecución de los levantamientos topográficos propuestos, dado que el área de estudio es una zona de difícil acceso sin muchas posibilidades de adquirir todos los materiales necesarios para la realización de los métodos de mapeo.(Calero et al., 2019, p.56)

Durante la semana uno y cuatro del mes de marzo y abril se realizó una revisión bibliográfica acerca de la topografía y su aplicación en el campo de la minería necesaria para el presente proyecto técnico.

3.1.1 Planificación del levantamiento topográfico con cinta y brújula

El plan según el cronograma propuesto para el levantamiento topográficos con cinta y brújula se realizó en la primera y segunda semana del mes de mayo, este no se ejecutó antes debido a diversos contratiempos con la adquisición de los equipos y materiales necesarios para realizar el presente método de mapeo.

En la primera semana del mes de julio se ejecuta el trabajo de gabinete para este levantamiento topográfico, es el primero en realizarse, puesto que al haber algún percance con los datos registrados en campo se podrá acceder al área de estudio y replantear el punto fallido o realizar el levantamiento topográfico una vez más.

3.1.2 Planificación del levantamiento topográfico con estación total

Para ejecutar el levantamiento topográfico con estación total de manera eficiente es necesario ubicar todos los puntos de controles requeridos por el operador alrededor de las labores de excavación de la mina artesanal La Zamorana. (Jiménez & Prado, 2017, p.58)

Dentro de la planificación se resalta que el levantamiento topográfico con estación total se ejecutará en la tercera semana del mes de marzo, debido a la disponibilidad de acceso que presto la empresa “Sociedad de hecho minero La Zamorana”, dado que la misma se encuentra en producción.

3.1.3 Planificación del levantamiento topográfico con sensor LiDAR

El levantamiento topográfico con sensor LiDAR se ejecuta en la cuarta semana del mes de marzo, se estima que este método de medición solo tomará un día de ejecución, puesto que escanear áreas con este sensor móvil no toma mucho tiempo a comparación del resto de métodos propuestos. Se realizará una revisión de los datos obtenidos con este método de mapeo, dado que el archivo que contiene todos los puntos registrados por el sensor es propenso a daños incorregibles. Este proceso se realiza durante la semana tres del mes de mayo. El procesamiento de datos se ejecuta en la tercera semana del mes de junio, siendo el último método en procesarse.

3.2 Ejecución de los levantamientos topográficos

3.2.1 *Ubicación de puntos de control*

Para ejecutar el levantamiento topográfico en las galerías de la mina artesanal La Zamorana fue necesario establecer 11 puntos de control a lo largo de la galería de acceso principal, para ello se ocupó materiales reciclados, clavos de acero y pintura roja en spray. Estos fueron anclados en el techo de las labores mineras.

3.2.2 *Topografía con cinta y brújula*

3.2.2.1 *Método de medición ejecutado para el levantamiento topográfico con cinta y brújula*

El método de mapeo seleccionado para el levantamiento topográfico con cinta y brújula es el proceso de triangulación por secciones, lo que se busca con este proceso es poder registrar todas las secciones de las galerías por medio de triángulos, cubriendo así topográficamente toda el área planificada anteriormente. El propósito de método de mapeo es registrar el avance topográfico con jalones, cinta y brújula. (Galarraga Kevin et al., 2015)

3.2.2.2 *Materiales usados para el levantamiento topográfico con cinta y brújula*

Los materiales utilizados para este levantamiento topográfico con cinta y brújula son:

- Cinta métrica
- Brújula azimutal
- Libreta de campo
- Linterna
- Clavos de acero
- Spray de pintura
- Equipos de protección personal

3.2.2.3 *Ajuste de los equipos para el levantamiento topográfico con cinta y brújula*

Ajuste de declinación magnética en brújula Bruton

La brújula utilizada para la ejecución de este método de mapeo es de marca Brunton, esta cuenta con el mecanismo de ajustar la declinación magnética, en la parte posterior de la tapa se encuentra una perilla la cual mueve un engrane para ajustar así el limbo graduado de acuerdo con la zona de estudio. Esta práctica se la realiza con el propósito de incrementar la precisión en la obtención de ángulos al momento de ejecutar el levantamiento topográfico.

Dado el caso de la zona en la que se encuentra la mina La Zamorana se tiene que ajustar la declinación magnética a -3.6° según el portal web **NOAA Magnetic Field**, el cual calcula la declinación magnética de cualquier parte del mundo dependiendo la época y la fecha del año (NOAA Mobile Magnetic Declination Calculator, 2023).



Ilustración 5-2: Calculo instantáneo de la declinación magnética.

Fuente: NOAA Magnetic Field Calculator, 2023



Ilustración 6-3: Brújula Brunton ajustada a la declinación magnética de la zona de estudio

Realizado por: Calvopiña Jhosimar, 2023

3.2.2.4 Montaje de los equipos para el levantamiento topográfico con cinta y brújula

El montaje de los equipos para este levantamiento topográfico no es de mucha complicación, solo hace falta tener como mínimo dos ayudantes, los cuales están encargados de llevar los jalones y la cinta métrica alrededor de las secciones a medir en el túnel. Los cadeneros deben de ser capacitados antes de realizar cualquier medición topográfica o su vez que estos sepan acerca del método de mapeo que se ejecuta para registrar los datos de las labores mineras.

3.2.2.5 Ejecución del levantamiento topográfico con cinta y brújula

Para la ejecución del levantamiento topográfico con cinta y brújula es necesario contar con los materiales antes mencionados en la sección 3.2.2.2. del presente proyecto técnico, el proceso para obtener los datos topográficos de la galería de acceso principal de la mina la zamorana se encuentra mencionados a continuación.

Ubicación de jalones en los puntos de control

Los jalones tienen que compartir una altura exacta, estos poseen 1.5 metros de longitud de extremo a extremo. Se ubican en las hastiales ya previamente marcados alrededor de toda la labor permitida por la empresa para el levantamiento topográfico, se aclara que estos no deben de estar frente a frente puesto que la medición no tendría validez alguna, sino que se debe de buscar una triangulación óptima para cada una de las secciones.



Ilustración 7-3: Ubicación de los jalones para el levantamiento topográfico con cinta y brújula.

Fuente: Calvopiña, Jhosimar, 2023

Uso de cinta métrica

La cinta métrica es controlada exclusivamente por los cadeneros, para medir las distancias de jalón a jalón se tensiona hasta que se encuentre de forma horizontal teniendo cuidado de no defórmala. Una vez que se encuentre templada la cinta se registran la distancia entre los dos puntos.



Ilustración 8-3: Control de cinta para el levantamiento topográfico con cinta y brújula.

Fuente: Calvopiña, Jhosimar, 2023

Toma de datos con brújula

La ejecución de la toma de datos con la brújula brunton se realiza de forma muy cuidadosa, puesto que esta práctica es susceptible a muchos errores al momento de registrar estos ángulos. Para la captura de estos datos el operador deberá de tomar el jalón A y apuntar con el visor de este instrumento hacia el jalón B, haciendo uso del bloqueo de mano con el que cuenta esta misma, se procederá a registrar la medida angular que existe en la sección.

Control de libreta de campo

Se ocupa una libreta de campo para hacer el registro escrito de todas las medidas en ángulos y distancias obtenidas en el levantamiento topográfico con cinta y brújula, en esta se prepara una tabla en la cual se detallan diferentes parámetros obtenidos en esta medición.

- Nombre del punto
- Distancia
- Acimut

3.2.3 Topografía con estación total

3.2.3.1 Método de medición ejecutado para el levantamiento topográfico con estación total

El proceso ejecutado para la realización del levantamiento topográfico con estación total consiste en establecer la configuración del instrumento por cada estación planteada, con la finalidad de lograr establecer una nueva orientación con los puntos de control obtenidos previamente en punto estacionario de referencia. (Estruch y Tapia, 2003, p.113)

Al momento que la estación total este orientada se procederá a ejecutar el registro de datos de las secciones del túnel de acceso principal que componen a la mina artesanal La Zamorana, no obstante, se debe de tener en cuenta que se priorizara la toma de datos de los puntos de control ya que con estos se aplicarán diversos procedimientos estadísticos matemáticos con el fin de conseguir resultados precisos. (Estruch y Tapia, 2003, p.113)

3.2.3.2 Materiales usados para el levantamiento topográfico con estación total

- Estación total

- Prisma
- Bastón de prisma
- Brújula Bruton
- Clavos de acero
- Spray de pintura
- Linterna
- Trípode
- Plomada
- EPPs

3.2.3.3 *Ajuste de los equipos para el levantamiento topográfico con estación Total*

Calibración de la estación total

Antes de realizar cualquier medición con la estación total es necesario un mantenimiento previo el cual se basa en la limpieza y calibración del instrumento de medición.

La calibración de una estación total se basa en el ajuste de los componentes internos que posee el instrumento de medición, su propósito es recuperar la precisión de fábrica, mejorando los resultados obtenidos. El proceso para calibrar una estación total consiste en medir los ángulos y distancias con el instrumento sin calibrar, posteriormente el técnico ajusta y calibra el instrumento dando correcciones numéricas importantes para este instrumento. (McCormac, 2007, p.3)

El certificado de calibración de la estación total Trimble C5 se encuentra en el anexo E.

3.2.3.4 *Montaje de los equipos para el levantamiento topográfico con estación total*

Para el montaje del instrumento de medición se tomaron los siguientes parámetros (Jiménez & Prado, 2017, p.14 - 15):

- Estabilidad de los equipos al momento de ejecutar el levantamiento topográfico.
- Evitar las estaciones donde el túnel tenga filtraciones de agua.
- Plantar correctamente el trípode, teniendo en consideración la inclinación del terreno.

Cabe recalcar que el montaje de los equipos se realizará en la parte exterior de la mina, esto se debe a que la zona donde se encuentra la empresa Sociedad de Hecho Minero La Zamorana es un

depósito polimetálico por lo que al momento que se requiera orientar la estación total con una brújula Brunton al norte magnético los metales de las galerías no afecten la orientación de esta. (Jiménez & Prado, 2017, p.14 - 15)

Verificar los componentes necesarios para ejecutar el método de medición con estación total

En necesario verificar todos los materiales necesarios que se encuentran detallados en la sección 3.2.3.2. antes de acceder hacia la zona de estudio, dado que esta es una mina de difícil acceso como se puede apreciar en la sección 2.1.3.



Ilustración 9-3: Instrumento necesario para el levantamiento topográfico con estación total.

Fuente: Calvopiña, Jhosimar, 2023

Montaje del trípode

Se planta el trípode en punto de control, posteriormente a esto se abrirá cada uno de los seguros que posee este accesorio dejando caer las tres patas con puntas de acero anclándolo finamente al suelo (Zacatenco & Meléndez, 2008, p.50).



Ilustración 10-3: Montaje del trípode de la estación total.

Fuente: Calvopiña, Jhosimar, 2023

Anclaje de la estación total a él trípode

Se procederá a retirar la estación total fuera de su rack transportador y ubicarla sobre el trípode en la zona de base triangular de este mismo, este proceso se deberá de realizar en el punto de control que se encuentra en la bóveda central de la galería.

Para estacionar el equipo la estación total debajo de una plomada suspendida desde el punto de control y se tomara la medida del instrumento como referencia la distancia que existe entre este punto y el instrumento. (Estruch & Tapia, 2003, p.104)



Ilustración 11-3: Anclaje de la estación total al trípode.

Fuente: Calvopiña, Jhosimar, 2023

Ajuste del nivel circular

A un costado de la estación total se puede encontrar el nivel circular, el cual tiene que ser nivelado con ayuda de los seguros del trípode para mejorar la estabilidad del instrumento en terrenos irregulares.

Nivelación electrónica

Para la nivelación electrónica solo se debe de encender el instrumento y este mismo accede al módulo que ejecuta la función de plomada laser, esta opción proyecta una luz roja en el suelo que servirá como guía del instrumento nivelante. Se consigue una buena estabilidad de este instrumento girando los tornillos niveladores para centrar los ejes de puntería y el de los muñones. Entre menos sea la desviación del muñón visualizado en pantalla de la estación total mejor será su precisión al momento del registro de datos.(Trimble Inc, 2009, p.511)



Ilustración 12-3: Ajuste de la nivelación electrónica.

Fuente: Calvopiña, Josimar, 2023

Armado del prisma

Se atornilla el prisma en la parte superior del bastón, el cual cuenta con medidas métricas exactas y una nivelación basculante para asegurar su verticalidad.

Orientación de la estación total

Para la orientación de la estación total se ejecuta el método de medición antes propuesto en la sección 3.2.2.1. de presente trabajo técnico. Este método de estación libre permite orientar la estación total con puntos ya conocidos, para ello se ocupa el GPS de mano, la libreta de campo y el registro escrito para capturar estas coordenadas de referencia. (Jiménez & Prado, 2017, p.63)

Se usa la brújula para orientar la estación total perfectamente al norte magnético, posterior a esto se indica al cadenero la orden de ubicar el prisma en el primer punto conocido y se procede a medir obtenido los ángulos y distancia de esta referencia, así mismo se realiza procedimiento con el segundo punto de referencia. (Jiménez & Prado, 2017, p.63)



Ilustración 13-3: Orientación de la estación total al norte magnético.

Fuente: Calvopiña, Jhosimar, 2023

3.2.3.5 *Ejecución de levantamiento topográfico con estación total*

Encendido de la estación total

Para empezar con la adquisición de datos es necesario encender el instrumento de medición, se presiona tecla roja que se encuentra en el panel frontal de la estación total. Al haber ejecutado esto se visualiza en la pantalla principal el logo de la empresa Trimble, dando a entender que el equipo se encuentra funcionando. (Zacatenco & Meléndez Eduardo, 2008, p.50)



Ilustración 14-3: Encendido de la estación total Trimble C5.

Fuente: Calvopiña, Jhosimar, 2023

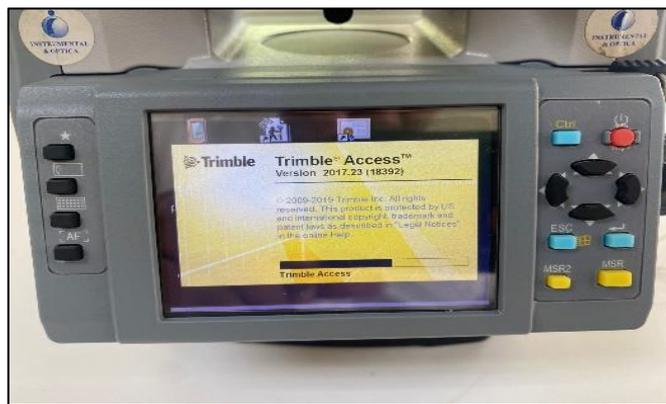


Ilustración 15-3: Acceso automático a la aplicación Trimble Access de la estación total Trimble C5.

Fuente: Calvopiña, Jhosimar, 2023

Navegación y configuración de la aplicación Trimble Access

Para iniciar la configuración de la estación total es necesario entrar al apartado de topografía general, en este se despliega un menú que permite realizar diferentes tareas de ajuste en el equipo como:

- Ajuste de la topografía general
- Configuraciones generales
- Configuración de internet
- Manejo de archivos
- Acceso a internet
- Soporte técnico



Ilustración 16-3: Pantalla principal de Trimble Access de la estación total Trimble C5.

Fuente: Instrumental & Óptica, 2019

Se selecciona el apartado de topografía general, se despliega una nueva ventana con un menú distinto, se escoge la opción de trabajos con el fin acceder al menú de configuración de este mismo.

El menú trabajos posee características principales como:

- Crear trabajos
- Abrir trabajos
- Modificar las propiedades de los trabajos
- Revisar trabajos
- Administrar trabajos
- Mapa



Ilustración 17-3: Menú de topografía general de Trimble Access de la estación total Trimble C5.

Fuente: Instrumental & Óptica, 2019

Desplegado el menú de trabajos, se selecciona la opción de trabajo nuevo. Con esto se accede a una plantilla en la que se ingresan diferentes características que tiene el instrumento de medición en la estación.(Jiménez & Prado, 2017, p.63)



Ilustración 18-3: Menú de trabajos de aplicación Trimble Access de la estación total Trimble C5.

Fuente: Instrumental & Óptica, 2019

Posterior a esto se desplegará una ventana en la cual se puede configurar los primeros parámetros y las características que se usarán para el levantamiento topográfico como:

- Nombre del trabajo
- Plantilla (en caso de hablarla)
- Escala para trabajar
- Unidades

- Archivos vinculados (en caso de haberlo)
- Mapa activo (en caso de haberlo)
- Biblioteca de características (en caso de haberlo)

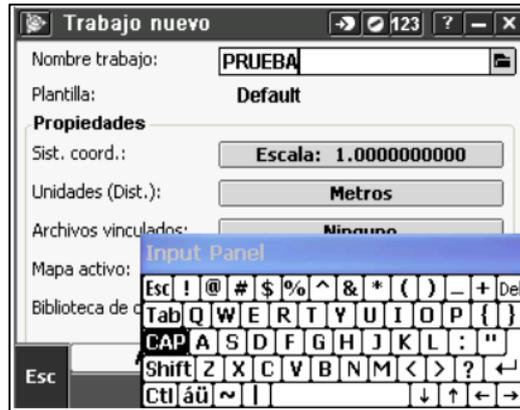


Ilustración 19-3: Ajuste de parámetros para el levantamiento topográfico con estación total.

Fuente: Instrumental & Óptica, 2019

Al momento que se hayan establecidos estos parámetros, la aplicación Trimble Access hará un retorno a la ventana de la figura 3-11, en este apartado se debe que acceder a la pestaña medir. En esta se desplegarán diferentes opciones, se selecciona configurar estación para empezar a ingresar los datos con los que se empezará la medición.



Ilustración 20-3: Menú de medir de la aplicación Trimble Access de la estación total Trimble C5.

Fuente: Instrumental & Óptica, 2019

En esta ventana desplegada se registran las características que tiene el instrumento con respecto a su estación donde está ubicada y así como los parámetros de los accesorios. Se debe de tener en cuenta los siguientes parámetros:

- Nombre del punto del instrumento
- Código
- Altura del instrumento
- Coordenadas norte, este y elevación



Ilustración 21-3: Ajuste de puntos de referencia para el levantamiento topográfico con estación total.

Fuente: Instrumental & Óptica, 2019

Al momento de haber dado enter la estación total ejecuta su primera medición la cual se tendrá que almacenar.



Ilustración 22-3: Visualización de puntos medidos en la estación total Trimble C5.

Fuente: Instrumental & Óptica, 2019

Habiendo realizado esta primera medición la aplicación Trimble Access retornara a la plantilla de la figura 3-11, en este estado guardado por el instrumento al dar clic sobre el botón medir se despliega una nueva opción la cual es medir topo.



Ilustración 23-3: Menú medir de la aplicación Trimble Access de la estación total Trimble C5.

Fuente: Instrumental & Óptica, 2017

Para configurar la estación dos se debe de tener ubicado el punto de referencia conocido con el fin orientar el instrumento de medición con respecto al norte magnético, ingresando los parámetros que se muestran en la siguiente ilustración se puede tener un buen resultado al momento de ejecutarse el levantamiento topográfico.(Museros et al. 2008)



Ilustración 24-3: Visualización de puntos medidos en la estación total Trimble C5.

Fuente: Instrumental & Óptica, 2019

Para medir el área de estudio dentro de las labores mineras subterránea se debe de encender el láser del instrumento de medición como también se debe de activar la opción de disparo directo

puesto que las galerías de la mina La Zamorana son muy pequeñas y el prisma no cabe en su longitud más mínima.



Ilustración 25-3: Activación de láser de la estación total Trimble C5.

Fuente: Instrumental & Óptica, 2019

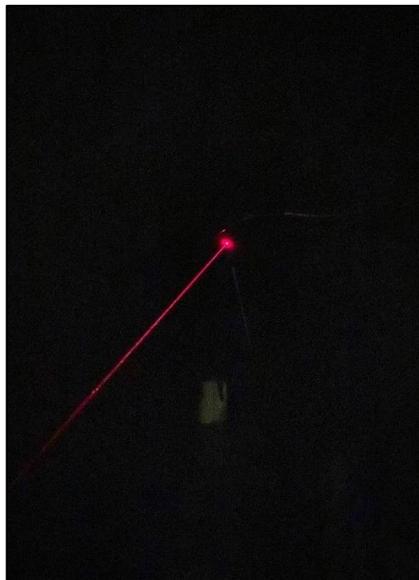


Ilustración 26-3: Verificación de encendido del láser de la estación total Trimble C5.

Fuente: Calvopiña Jhosimar, 2023

Obtención de los puntos de control con Estación Total

Para la obtención de las coordenadas de control en la mina artesanal La Zamorana con Estación Total es necesario ubicar todos los puntos de referencia antes del levantamiento topográfico, con ayuda de clavos de acero, materiales reciclados y spray de pintura roja se puede generar puntos de control eficientes para este método de medición. (Jiménez & Prado, 2017, p.7)

Obtención de los puntos de cuneta con Estación Total

La cuneta de la mina La Zamorana se encuentra en la parte inferior central de la galería, es decir que el agua filtrada por el mismo macizo rocoso sigue su curso hasta el exterior del túnel gracias a la inclinación que tienen estas galerías. (Jiménez & Prado, 2017, p.7)

Con ayuda del cadenero y clavos de acero se ubican los puntos a medir de la cuneta, estos datos son obtenidos y guardados en la estación total con el código Cu que hace referencia a su nombre. Este código es escogido puesto que es mucho más sencillo ubicar un punto por su código antes que por alguna otra característica. Se hace uso de la opción de disparo directo para la captura de estos datos. (Jiménez & Prado, 2017, p.7)

Obtención de los puntos de pared con Estación Total

La captura de los puntos de paredes se realiza con la opción de disparo directo, este registro de datos se complica para el caso de la mina La Zamorana, puesto que estas áreas poseen codos post voladura, es decir que hay fragmentos de rocas que no alcanzaron a ser desprendidos del macizo rocoso durante la ejecución de esta práctica explosiva. (Jiménez & Prado, 2017, p.7)

Los puntos de pared en las galerías son objetivos que se pueden identificar a simple vista, para los casos en los que no se pueda reconocer estas áreas se la tomó mitad de la altura de la galería total y se planta un clavo de acero justo en esta sección a levantar. (Jiménez & Prado, 2017, p.7)

Obtención de los puntos de hastiales con Estación Total

Para capturar los hastiales con este instrumento de medición se establecieron clavos de acero en cada una de estas, esto se realiza para tener guía de donde se tiene que realizar la captura de estos datos topográficos. Los datos se guardan con el código Ax en la estación total, se ocupa esta abreviatura para tener un mejor desempeño en el trabajo de gabinete. (Jiménez & Prado, 2017, p.7)

Obtención de los puntos de bóvedas con Estación Total

Para obtención de los puntos de bóvedas con estación total se debe colocar un clavo de acero en el centro de la bóveda es decir en la parte central del techo de la galería, esto es para poder capturar las medidas que existen en derecha e izquierda de esta misma. Los códigos usados al guardar estos puntos son (Jiménez & Prado, 2017, p.7):

- Bc para la bóveda central
- Bd para la bóveda derecha
- Bi para la bóveda izquierda

3.2.3.6. Exportación de datos de la estación total Trimble C5

La exportación de los datos registrados en el área de estudio desde la estación total a un formato entendible por los softwares de dibujo es necesario que el instrumento se encuentre con el trabajo abierto y en estado de medición. Se debe tener conectado un dispositivo de almacenamiento externo en el cual se guardan los datos obtenidos en el área de estudio, para esta práctica con el instrumento de medición se accede a la plantilla de trabajos y seguir una secuencia de pasos que se muestran a continuación. (Galarraga et al., 2015, p.10)



Ilustración 27-3: Pantalla principal de la aplicación Trimble Access.

Fuente: Calvopiña Jhosimar, 2023

En este menú se accede a la opción exportar, esto despliega una ventana con múltiples opciones a elegir para escoger el formato que más se adapte a las características de lectura de los softwares de gabinete.



Ilustración 28-3: Menú de trabajos de la aplicación Trimble Access de la estación total Trimble C5.

Fuente: Calvopiña Jhosimar, 2023

En esta plantilla se debe escoger la opción de exportar con formato fijo, esta opción permite exportar los archivos de la estación total con mayor seguridad, evitando que se corrompan es decir que no se alteren los archivos al momento de visualizarlos en los softwares.



Ilustración 29-3: Selección para acceso al menú de importar/exportar de la aplicación Trimble Access.

Fuente: Calvopiña Jhosimar, 2023

En esta plantilla ofrece exportar los datos en multiples tipos. El fomato escogido para este archivo es CVV puesto que con este se depura la informacion de manera mas sencilla.



Ilustración 30-3: Pantalla de exportación de la aplicación Trimble Access.

Fuente: Calvopiña Jhosimar, 2023

La opción nombre de archivo da la posibilidad de escoger el directorio donde se requiere guardará la información, como es mencionado en la presente sección se da uso a un dispositivo de almacenamiento externo o flash memory.

Esta exportación en este formato CSV permite llevar varios campos con la información recolectada, es decir que en cada campo se puede colocar la información que se requiera. Los campos de para esta exportación son los siguientes:

- Nombre del punto
- Coordenada X
- Coordenada Y
- Coordenada Z
- Elevación

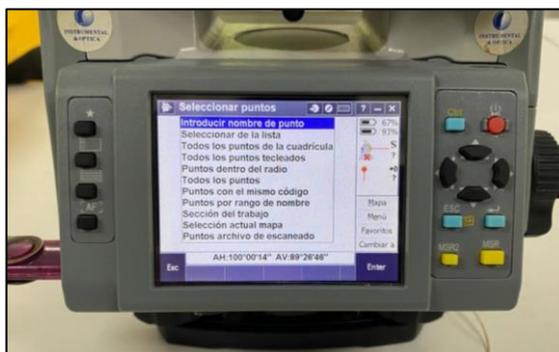


Ilustración 31-3: Menú de exportación de la aplicación Trimble Access de la estación total Trimble C5.

Fuente: Instrumental & Óptica, 2017

Al momento de dar clic en aceptar se puede visualizar una plantilla desplegable en la cual se escoge cuanto de la información se quiere exportar. En este caso se dará prioridad a la opción de todos los puntos y así los datos topográficos ya estarían en la unidad de almacenamiento externo para su posterior procesamiento en gabinete.



Ilustración 32-3: Verificación de la exportación de datos de la estación total.

Fuente: Instrumental & Óptica, 2017

3.2.4 *Topografía con sensor LiDAR*

3.2.4.1 *Método de medición ejecutado para el levantamiento topográfico con sensor LiDAR*

Para aplicar el método de mapeo del levantamiento topográfico con sensor LiDAR móvil se tomó el dispositivo con una lámpara de luz led, tomando como referencia el primero punto de control que se encuentra en la bocamina se procedió a activar todas opciones de la interfaz de la aplicación Scanner 3D App para iniciar con la medición y registro de los puntos en el espacio tridimensional.



Ilustración 33-3: Levantamiento topográfico con sensor LiDAR

Fuente: Calvopiña Jhosimar, 2023

3.2.4.2 *Materiales*

Los materiales usados para el levantamiento topográfico con sensor LiDAR son los siguientes (Galarraga et al., 2015, p.20):

- Dispositivo móvil con sensor LiDAR
- Puntos de control
- Linterna
- Clavos de acero
- Spray de pintura
- EPPs

3.2.4.3 *Ajuste de los equipos para el levantamiento topográfico con sensor LiDAR*

Ajuste de parámetros de la App para el levantamiento

El escaneo de las labores mineras con el sensor LiDAR móvil son realizadas con un software libre, este se encuentra instalado digitalmente en el equipo de medición. Esta App se ajusta con parámetros que han sido probados y evaluados en anteriores ocasiones.



Ilustración 34-3: Ajuste de la aplicación 3D Scanner App.

Fuente: Calvopiña Jhosimar, 2023

Al momento de abrir la aplicación se puede visualizar la interfaz de inicio, esta aplicación móvil llamada Scaner3D App cuenta con diferentes tipos de métodos para escanear espacios. En el caso del presente proyecto técnico se usa la opción LiDAR AVANZADO la cual genera nube de puntos en un espacio tridimensional.

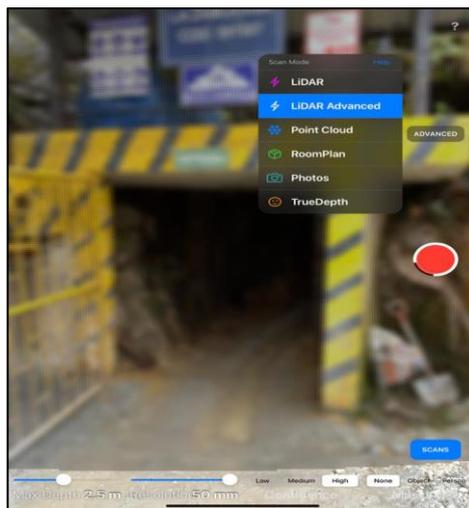


Ilustración 35-3: Selección del modo de escaneo para la aplicación 3D Scanner App.

Fuente: Calvopiña Jhosimar, 2023

Con esta aplicación se puede controlar parámetros que son importantes para el escaneo de las galerías, entre ellos están:

- Distancia de alcance que puede tener el sensor LiDAR
- Resolución espacial
- Calidad de escaneo
- Tipo de objeto a escanear

Para el escaneo de las labores mineras se seleccionaron las opciones de escaneo que se muestran a continuación.

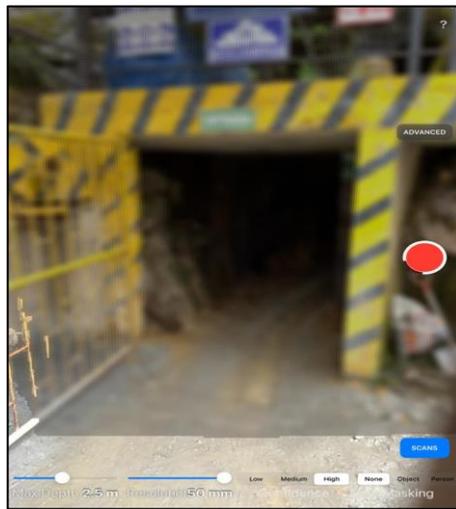


Ilustración 36-3: Ajuste de la distancia del sensor LiDAR en la aplicación 3D Scanner App.

Fuente: Calvopiña Jhosimar, 2023

3.2.4.4 Ejecución de levantamiento topográfico con sensor LiDAR

Ya ajustado el equipo con los parámetros antes mencionados en la pasada sección se procede a empezar con el escaneo de las galerías de la mina artesanal La Zamorana, para ello se debe de hacer clic en el botón que está ubicado en la zona central derecha de la pantalla de este dispositivo. Con esto se empieza a obtener los datos en 3D de las labores mineras del área de estudio.

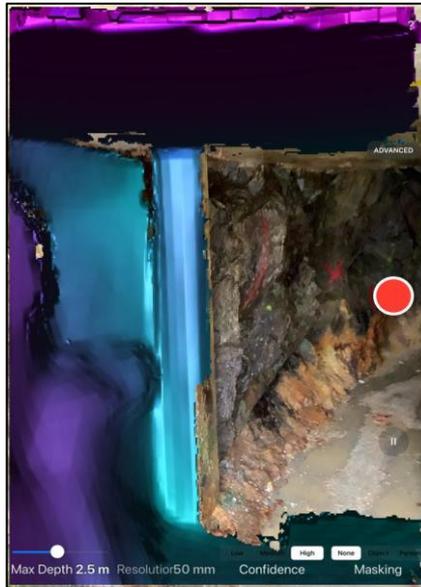


Ilustración 37-3: Verificación de funcionalidad del sensor LiDAR.

Fuente: Calvopiña Jhosimar, 2023

Es necesario que al momento de ejecución de este método de medición se lleve una lámpara de luz, dado que este sensor LiDAR captura un valor RGB por cada punto escaneado. Esto ayuda posteriormente en el trabajo de gabinete a tener una mejor guía de cómo son las labores mineras de esta empresa.

En la ilustración anterior se muestra cómo el sensor LiDAR con buena iluminación cubre todas las áreas de las galerías, es decir que la densidad de los puntos y datos obtenidos en las labores mineras es grande.

Al momento que se llegue al último punto de control se finaliza el levantamiento topográfico, para esto solo se tiene que presionar el botón estop en la aplicación móvil. La misma aplicación procesa los datos del escaneo ofreciendo una vista previa y ofrece la opción de exportar esta nube de puntos en diferentes formatos. (Jiménez & Prado, 2017, p.78)

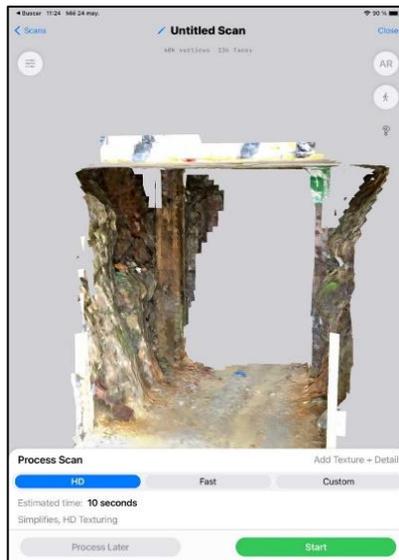


Ilustración 38-3: Configuración para el procesamiento de datos del sensor LiDAR.

Fuente: Calvopiña Jhosimar, 2023

El formato para escoger será **LAS**, dado que este permite realizar un buen trabajo de gabinete en diferentes aplicaciones como Cloud Compare. (Jiménez & Prado, 2017, p.78)

Para exportar la nube de puntos desde el equipo de medición hasta un dispositivo que sea capaz de interpretar estos datos se aplica la opción share, esta despliega un menú con la finalidad de seleccionar un canal de envío de datos de un dispositivo a otro. (Jiménez & Prado, 2017, p.78)

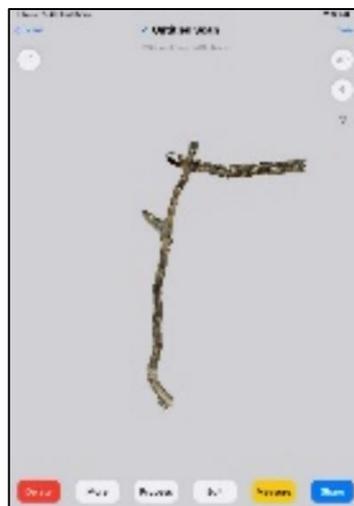


Ilustración 39-3: Modelado 3D creado por la ampliación 3D Scanner App.

Fuente: Calvopiña Jhosimar, 2023

Luego de haber escogido la clase de exportación se deberá seleccionar en que formato se requiere exportar la nube de puntos, se selecciona Point Cloud. (Jiménez & Prado, 2017, p.78)

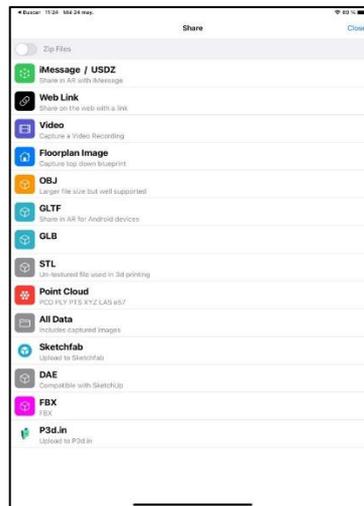


Ilustración 40-3: Selección del tipo de datos a exportar desde la aplicación 3D Scanner App.

Fuente: Calvopiña Jhosimar, 2023

Al momento de entrar a la ventana de exportación se selecciona la opción LAS como se muestra en la siguiente ilustración, esta opción es compatible con la aplicación Cloud Compare. (Jiménez & Prado, 2017, p.78)

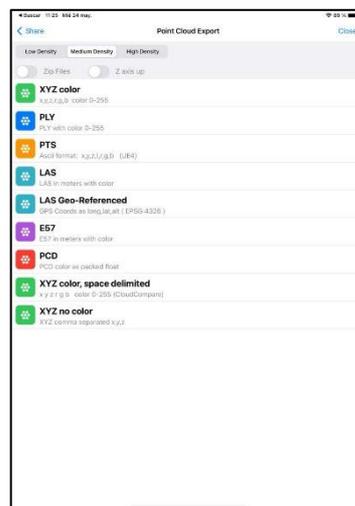


Ilustración 41-3: Selección del formato de la nube de puntos a exportar desde la aplicación 3D Scanner App.

Fuente: Calvopiña Jhosimar, 2023

Por último, se envía la nube de puntos por el medio de mensajería instantánea, de esto modo posteriormente descargarlo en el computador personal donde se realiza todo el trabajo de gabinete con las nubes de puntos. (Jiménez & Prado, 2017, p.78)

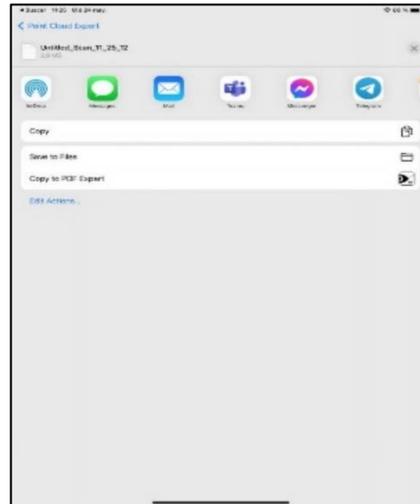


Ilustración 42-3: Selección del método de transferencia de datos a exportar desde la aplicación 3D Scanner App.

Fuente: Calvopiña Jhosimar, 2023

CAPÍTULO IV

4. PROCESAMIENTO DE DATOS

4.1 Trabajo de gabinete

Al momento de haber realizado los respectivos levantamientos topográficos con diferentes métodos de mediciones, se procesa los datos obtenidos en el área de estudio. Para esto se hace uso de distintos softwares como Excel, AutoCAD y CloudCompare, los cuales ayudan a tabular, depurar, limpiar, corregir, calcular y modelar la información adquirida en campo.

Esta sección se divide en tres partes, cada una de ellas describe los levantamientos topográficos realizados.

4.2 Procesamiento de datos del levantamiento topográfico con cinta y brújula

4.2.1 *Tabulación y análisis de datos obtenidos con el método topográfico de cinta y brújula*

Es necesario tabular los datos obtenidos puesto que de esta depende su facilidad de uso al momento de trasladar la información a un software como es AutoCAD. La información del levantamiento topográfico con cinta y brújula es obtenida de manera análoga, es decir se ocupa diferentes materiales y herramientas ya antes mencionados en la sección 3.2.2.2. del presente proyecto técnico.

Se usa el programa de Microsoft Excel con el fin de tabular y manejar la información de manera sencilla y ordenada. Una vez obtenidos los datos tabulados se transcribe la información recolectada en la zona de estudio, estos se detallan en una hoja de cálculo de Excel desde la libreta de campo.

4.2.2 *Manejo de la información del levantamiento topográfico con cinta y brújula en el software AutoCAD*

Para el ingreso de los datos obtenidos en campo como son ángulos y distancias de cada sección levantada topográficamente en las galerías de la mina artesanal La Zamorana, se importan los

datos desde Excel a AutoCAD. El ingreso de la información recolectada en el área de estudio a AutoCAD se debe de realizar de forma ordenada.

4.2.2.1 Manejo de AutoCAD para el levantamiento topográfico con cinta y brújula

El manejo de la información recolectada en campo se realiza en el software AutoCAD puesto que esta aplicación es una de las mejores del mercado para ejecutar trabajos de gabinetes con información topográfica.

Una vez ingresadas las coordenadas desde Excel se debe de ubicar el primer vértice de la sección en el origen del plano o la coordenada de control del túnel. En este punto se ingresa la orientación y la distancia que se obtuvo de jalón a jalón al momento de ejecutar el levantamiento topográfico con cinta y brújula.

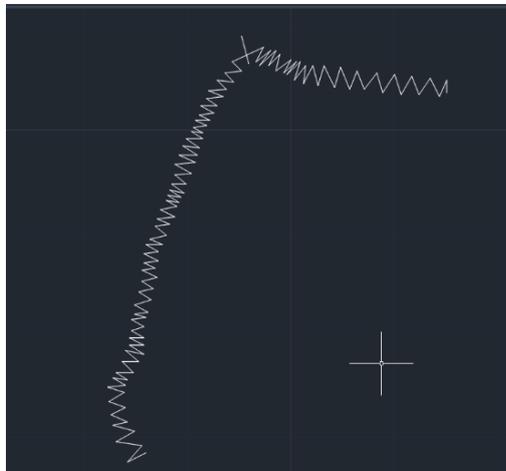


Ilustración 43-4: Líneas de secciones obtenidas en el procesamiento de datos del levantamiento topográfico con cinta y brújula.

Fuente: Calvopiña Jhosimar, 2023

Al momento de que las secciones estén dibujadas se debe plasmar los puntos de control que se obtuvieron en campo. Se aplica la misma metodología expuesta anteriormente en la presente sección.

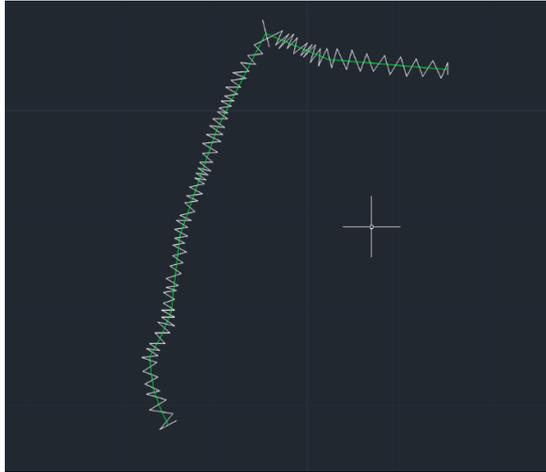


Ilustración 44-4: Líneas control obtenidas en el procesamiento de datos del levantamiento topográfico con cinta y brújula.

Fuente: Calvopiña Jhosimar, 2023

Se procede a dibujar las paredes de las galerías de la mina La Zamorana uniendo cada vértice que forman estos datos.

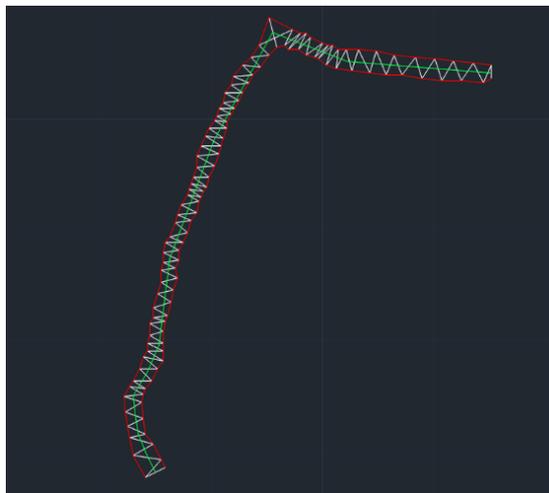


Ilustración 45-4: Líneas paredes obtenidas en el procesamiento de datos del levantamiento topográfico con cinta y brújula.

Fuente: Calvopiña Jhosimar, 2023

4.3 Procesamiento de datos del levantamiento topográfico con estación total

El procesamiento de datos del levantamiento topográfico con estación total se combina con un extenso trabajo de gabinete compuesto por tabulación de la información exportada del instrumento de medición y manipulación de los puntos de cada sección al software AutoCAD.

4.3.1 Tabulación y análisis de datos obtenidos con el método de medición con estación total

La tabulación de los datos obtenidos del levantamiento topográfico con estación total permite realizar una combinación entre las coordenadas Norte, Este y elevación obtenida en campo, puesto que ingresar esta información individualmente al software AutoCAD sería un proceso muy demorado. Los pasos para la exportación de los datos obtenidos con el instrumento de medición se encuentran en la sección 3.2.3.7. del presente proyecto técnico.

4.3.1.1 Importación de datos a Exel.

Para importar la información obtenida en el área de estudio a Exel se debe de manejar un archivo de trabajo que se obtiene mediante la exportación de los puntos desde la estación total.

Abrir el archivo

En el momento que el software Exel este abierto se accede al módulo de búsqueda de archivos, este permite ubicar ficheros dentro del equipo de trabajo. Se busca el archivo exportado desde la estación total en el computador y se hace clic en el botón abrir como se muestra en la **ilustración 47-4**.

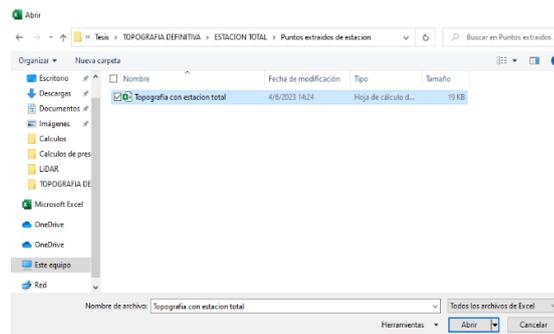


Ilustración 46-4: Abrir archivo CVV proveniente del levantamiento topográfico con estación total.

Fuente: Calvopiña Jhosimar, 2023

Se despliega una ventana indicando ciertos parámetros de importación, estos indican como se requiere importar el archivo extraído desde la estación total. Para que se cumpla la orden además de tener una información detallada y ordenada como se muestra a continuación. Los parámetros de separadores deben ser tabulación y coma.

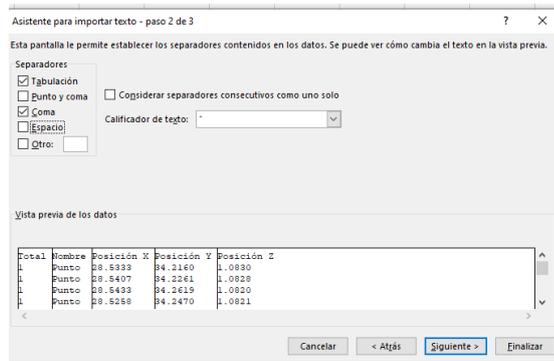


Ilustración 47-4: Tabulación de archivo CVV proveniente del levantamiento topográfico con estación total.

Fuente: Calvopiña Jhosimar, 2023

Como se puede apreciar en la **ilustración 49-4** la información se encuentra tabulada y ordenada con los siguientes parámetros.

- Nombre del punto
- Coordenada Norte
- Coordenada Este
- Elevación
- Código

	A	B	C	D	E	F
	Nombre del Punto	Coordenadas X	Coordenadas Y	Coordenadas Z	Código del Punto	
1						
2	Cu1	-2.493	5.565	0.335	Cu	
3	Cu2	-2.477	4.998	0.213	Cu	
4	Cu3	-2.474	5.727	0.29	Cu	
5	Cu4	-2.464	5.332	0.194	Cu	
6	Cu5	-2.462	5.152	0.205	Cu	
7	Cu6	-2.429	5.93	0.197	Cu	
8	Cu7	-2.425	6.254	0.234	Cu	
9	Cu8	-2.394	4.674	0.21	Cu	
10	Cu9	-2.391	5.132	0.145	Cu	
11	Cu10	-2.39	5.316	0.144	Cu	
12	Cu11	-2.384	4.99	0.14	Cu	
13	Cu12	-2.361	5.587	0.145	Cu	
14	Cu13	-2.353	4.688	0.135	Cu	
15	Cu14	-2.351	5.756	0.15	Cu	
16	Cu15	-2.341	5.926	0.159	Cu	
17	Cu16	-2.262	3.874	0.189	Cu	
18	Cu17	-2.254	6.248	0.163	Cu	
19	Cu18	-2.12	3.802	0.124	Cu	
20	Cu19	-2.108	3.107	0.22	Cu	
21	Cu20	-2.095	3.362	0.126	Cu	
22	Cu21	-2.095	3.364	0.126	Cu	
23	Cu22	-2.039	2.699	0.192	Cu	
24	Cu23	-2.033	3.45	0.075	Cu	
25	Cu24	-1.99	3.176	0.076	Cu	
26	Cu25	-1.972	5.185	0.145	Cu	
27	Cu26	-1.928	5.758	0.139	Cu	
28	Cu27	-1.922	5.364	0.143	Cu	
29	Cu28	-1.916	5.629	0.15	Cu	
30	Cu29	-1.91	4.725	0.138	Cu	
31	Cu30	-1.908	2.397	0.126	Cu	
32	Cu31	-1.9	5.029	0.141	Cu	
33	Cu32	-1.889	2.811	0.069	Cu	
34	Cu33	-1.808	1.868	0.216	Cu	
35	Cu34	-1.789	1.892	0.226	Cu	
36	Cu35	-1.722	2.459	0.057	Cu	
37	Cu36	-1.621	3.523	0.087	Cu	
38	Cu37	-1.576	1.968	0.059	Cu	

Ilustración 48-4: Datos tabulados en Excel proveniente del levantamiento topográfico con estación total.

Fuente: Calvopiña Jhosimar, 2023

Se procede a unir las coordenadas para su posterior manipulación en el software AutoCAD, el comando a usar en la hoja de cálculo ofrecida por Excel es (=concatenar((celda de coordenada Norte);",";(celda de coordenada Este);",";(celda de Elevación))). Luego de haber presionado enter a este comando se observa como las coordenadas están combinadas y separadas por una coma.

	A	B	C	D	E	F
	Nombre del Punto	Coordenadas X	Coordenadas Y	Coordenadas Z	Codigo del Punto	coordenadas unidas
1						
2	Cu1	-2.493	5.365	0.335	Cu	-2.493,5.365,0.335
3	Cu2	-2.477	4.596	0.213	Cu	-2.477,4.596,0.213
4	Cu3	-2.474	5.727	0.29	Cu	-2.474,5.727,0.29
5	Cu4	-2.464	5.332	0.194	Cu	-2.464,5.332,0.194
6	Cu5	-2.462	5.152	0.205	Cu	-2.462,5.152,0.205
7	Cu6	-2.429	5.93	0.197	Cu	-2.429,5.93,0.197
8	Cu7	-2.425	6.254	0.234	Cu	-2.425,6.254,0.234
9	Cu8	-2.394	4.674	0.21	Cu	-2.394,4.674,0.21
10	Cu9	-2.391	5.132	0.145	Cu	-2.391,5.132,0.145
11	Cu10	-2.39	5.316	0.144	Cu	-2.39,5.316,0.144
12	Cu11	-2.384	4.99	0.14	Cu	-2.384,4.99,0.14
13	Cu12	-2.361	5.587	0.145	Cu	-2.361,5.587,0.145
14	Cu13	-2.353	4.688	0.135	Cu	-2.353,4.688,0.135
15	Cu14	-2.351	5.756	0.15	Cu	-2.351,5.756,0.15
16	Cu15	-2.341	5.926	0.159	Cu	-2.341,5.926,0.159
17	Cu16	-2.262	3.574	0.189	Cu	-2.262,3.574,0.189
18	Cu17	-2.254	6.248	0.163	Cu	-2.254,6.248,0.163
19	Cu18	-2.12	3.802	0.124	Cu	-2.12,3.802,0.124
20	Cu19	-2.108	3.107	0.22	Cu	-2.108,3.107,0.22
21	Cu20	-2.095	3.362	0.126	Cu	-2.095,3.362,0.126
22	Cu21	-2.095	3.364	0.126	Cu	-2.095,3.364,0.126
23	Cu22	-2.039	2.699	0.192	Cu	-2.039,2.699,0.192
24	Cu23	-2.033	3.45	0.075	Cu	-2.033,3.45,0.075
25	Cu24	-1.99	3.176	0.076	Cu	-1.99,3.176,0.076
26	Cu25	-1.972	5.185	0.145	Cu	-1.972,5.185,0.145
27	Cu26	-1.928	5.758	0.139	Cu	-1.928,5.758,0.139
28	Cu27	-1.922	5.364	0.143	Cu	-1.922,5.364,0.143
29	Cu28	-1.916	5.629	0.15	Cu	-1.916,5.629,0.15
30	Cu29	-1.91	4.725	0.138	Cu	-1.91,4.725,0.138
31	Cu30	-1.908	2.397	0.126	Cu	-1.908,2.397,0.126
32	Cu31	-1.9	5.029	0.141	Cu	-1.9,5.029,0.141
33	Cu32	-1.889	2.811	0.069	Cu	-1.889,2.811,0.069
34	Cu33	-1.808	1.868	0.216	Cu	-1.808,1.868,0.216
35	Cu34	-1.789	1.892	0.226	Cu	-1.789,1.892,0.226
36	Cu35	-1.722	2.459	0.057	Cu	-1.722,2.459,0.057
37	Cu36	-1.621	3.523	0.087	Cu	-1.621,3.523,0.087
38	Cu37	-1.576	1.968	0.059	Cu	-1.576,1.968,0.059

Ilustración 49-4: Coordenadas combinadas en Excel proveniente del levantamiento topográfico con estación total.

Fuente: Calvopiña Jhosimar, 2023

4.3.2 Manejo de la información del levantamiento topográfico con estación total en el software AutoCAD

Se procede a trasladar la combinación de los puntos tomados con la estación total al software AutoCAD, para esto se copia la columna que contiene los más de ochocientos puntos obtenidos de los datos tabulados.

Con el uso del comando punto pegamos en la barra de comandos los datos antes copiados desde el libro de Excel, al momento de hacer este proceso se visualiza todos los puntos provenientes de la estación total en la ventana de trabajo. (Autodesk, 2010, p.272)

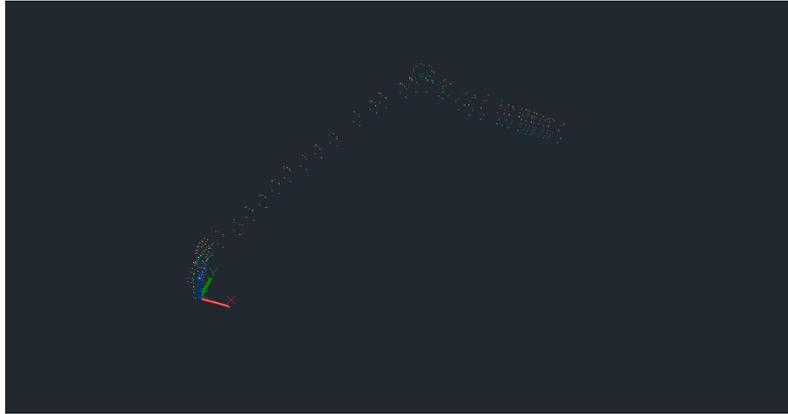


Ilustración 50-4: Visualización de coordenadas en AutoCAD proveniente del levantamiento topográfico con estación total.

Fuente: Calvopiña Jhosimar, 2023

4.3.3 *Moldado 3D del levantamiento topográfico con estación total.*

Con el propósito de generar un modelado 3D del área levantada topográficamente en la mina artesanal La Zamorana es necesario cerrar cada sección medida haciendo uso de líneas que unan todos los puntos capturados por este instrumento de medición, así formando anillos por cada corte ejecutado en las galerías, esto se realiza con el propósito para crear una malla en el plano isométrico con el fin de generar un sólido de cada una de estas secciones.

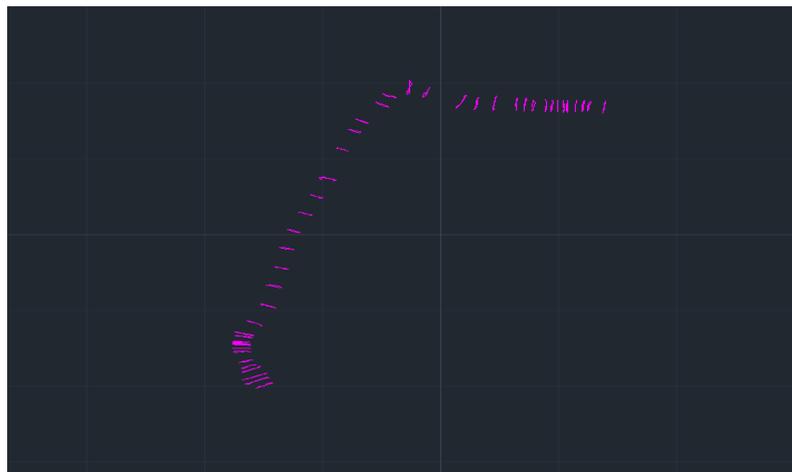


Ilustración 51-4: Visualización de cortes de cada sección en AutoCAD proveniente del levantamiento topográfico con estación total.

Fuente: Calvopiña Jhosimar, 2023

Aplicando el comando **solevar** se puede crear una malla entre cada sección de corte, para activar esta herramienta se debe de escribir el comando con el mismo nombre y se marcan todas las

secciones que se requieran modelar en 3D. También se debe de activar la opción realismo para mejorar la apariencia de las mallas generadas por el comando solevar.

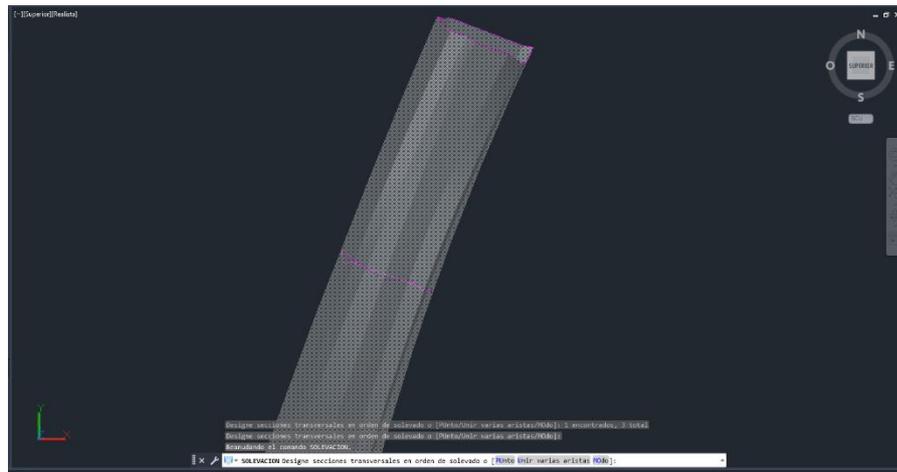


Ilustración 52-4: Visualización de mallas generadas en AutoCAD proveniente del levantamiento topográfico con estación total.

Fuente: Calvopiña Jhosimar, 2023

Al momento que la malla este creada se tiene que cerrar el polígono abierto, es decir de cada extremo del modelado 3D no tenga puntos de fuga, para ello se hace uso de la herramienta **parche**. Para activar su función se selecciona el objeto con el cual se está trabajando y se presiona enter.

Con la herramienta esculpir se procede a transformar la malla en un sólido. Al activarse se selecciona todas las partes de las mallas y se procede a presionar enter.



Ilustración 53-4: Visualización del modelado 3D en AutoCAD proveniente del levantamiento topográfico con estación total.

Fuente: Calvopiña Jhosimar, 2023

4.4 Procesamiento de datos del levantamiento topográfico con sensor LiDAR

El procesamiento de la información obtenida en campo con el sensor LiDAR se debe de manejar de forma detenida y ordenada puesto que esta información es propensa a errores en el trabajo de gabinete.

Este proceso se realiza haciendo uso del software libre CloudCompare, la cual permite manipular y manejar nube de puntos de manera fluida.

4.4.1 Tabulación y análisis de datos obtenidos del método topográfico con sensor LiDAR

La tabulación de este tipo de datos puede llegar a ser muy extensa ya que la nube de puntos guarda mucha información de coordenadas en el espacio tridimensional, para esta ejecución se hace uso de la aplicación CloudCompare puesto que esta integra un módulo que facilita este proceso.

El tabulador de CloudCompare es automático, solo basta con abrir el archivo y seleccionar la información que se quiere mostrar en la interfaz de trabajo, esta puede llegar a ser diferente para distintos tipos de archivos. Los parámetros ocupados son:

- Coordenada X
- Coordenada Y
- Coordenada Z
- Red
- Green
- Blue

Fuente: C:/Users/59393/Desktop/Tesis/TOPOGRAFIA DEFINITIVA/LIDAR/Nube de puntos LIDAR mina La Zamorana.xyz

Choose an attribute for each column:

1	2	3	4	5	6
X coord. X	Y coord. Y	Z coord. Z	Red (0-255)	Green (0-255)	Blue (0-255)
5.5574	-0.8803	4.8163	162	144	120
5.5938	-0.8829	4.8259	174	153	122
5.5605	-0.8806	4.8160	159	143	118
5.5997	-0.8821	4.8570	150	126	88
5.5997	-0.8820	4.8587	152	128	92
5.5947	-0.8822	4.8455	166	142	96
5.5977	-0.8833	4.8233	171	151	116
5.5705	-0.8812	4.8212	170	154	129
5.5829	-0.8825	4.8125	152	132	99
5.5662	-0.8810	4.8166	163	147	122
5.5821	-0.8818	4.8292	173	154	124
5.5707	-0.8813	4.8181	158	143	120
5.5784	-0.8816	4.8270	167	148	118
5.5536	-0.8798	4.8325	165	139	102
5.5528	-0.8794	4.8500	157	137	100

Separador: (ASCII code: 32) |whitespace|

use comma as decimal character Mostrar etiquetas en 2D

Saltear líneas: 0 extraer de la primera línea los nombres de los campos escalares

Número máximo de puntos por nube: 2000.00 Millones

Aplicar Aplicar a todos Cancelar

Ilustración 54-4: Módulo de tabulación automática en CloudCompare proveniente del levantamiento topográfico con sensor LiDAR.

Fuente: Calvopiña Jhosimar, 2023

4.4.2 Manejo de la información del levantamiento topográfico con sensor LiDAR en el software CloudCompare

Al abrir el archivo proveniente del levantamiento topográfico sensor LiDAR en CloudCompare se observa como los puntos se grafican en el espacio, cada uno de estos está compuesto por una coordenada X, coordenada Y, coordenada Z y combinación RGB.

4.4.2.1 Depuración de nube de puntos

En CloudCompare la depuración de nube de puntos es necesaria, con esta práctica se logra limpiar y reducir el ruido generado por puntos mal escaneados o recortar zonas con las que no se necesita interactuar. Para depurar la nube de puntos en este software se usan diferentes herramientas ofrecidas por el programa, como son filtro de ruido y segmentar.

Filtro de ruido

Se usa la herramienta filtrar ruido para depurar la nube de puntos, esta se encuentra en el menú principal del software, específicamente en el apartado de herramientas. Su función es reducir el porcentaje de los puntos en el espacio tridimensional sin perder la calidad de la resolución espacial. (CloudCompare, 2022, p.90)

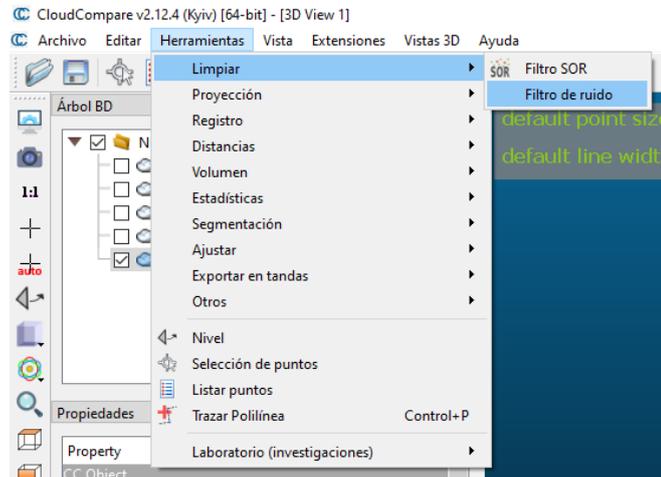


Ilustración 55-4: Herramienta limpiar en CloudCompare proveniente del levantamiento topográfico con sensor LiDAR.

Fuente: Calvopiña Jhosimar, 2023

El manejo de esta herramienta es sencillo puesto que solo se debe de configurar diversos parámetros con el fin de que la nube de puntos sea más manejable para su posterior proceso. Los parámetros que se deben de tomar en cuenta son los siguientes:

- Numero de reducción de puntos
- Error máximo
- Remover puntos aislados

Estableciendo los parámetros que se muestran a continuación se puede reducir el grupo de puntos de cuatro millones a aproximadamente ciento veinte mil puntos en el espacio. La mejor configuración para este caso de estudio es la que se muestra en la **ilustración 57-4**.

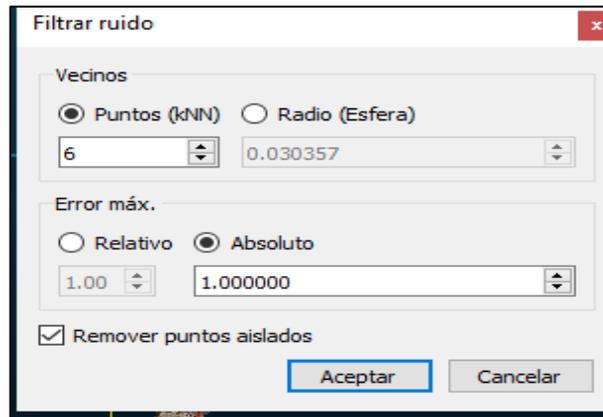


Ilustración 56-4: Parámetros de la herramienta limpiar en CloudCompare proveniente del levantamiento topográfico con sensor LiDAR.

Fuente: Calvopiña Jhosimar, 2023

Segmentar

Esta herramienta permite eliminar zonas y puntos con los que no se necesita trabajar, creando un polígono con el cual se puede cortar zonas de la nube de puntos que son relevantes en este proyecto técnico. Para hacer uso de esta herramienta se debe de presionar el visto verde en la barra de ítems que se visualiza en la parte superior derecha de la interfaz de trabajo.

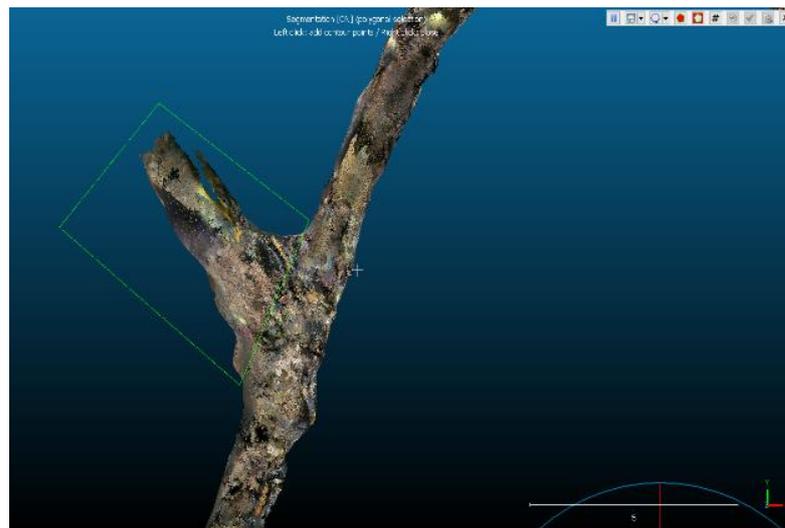


Ilustración 57-4: Uso de la herramienta segmentar en CloudCompare proveniente del levantamiento topográfico con sensor LiDAR.

Fuente: Calvopiña Jhosimar, 2023

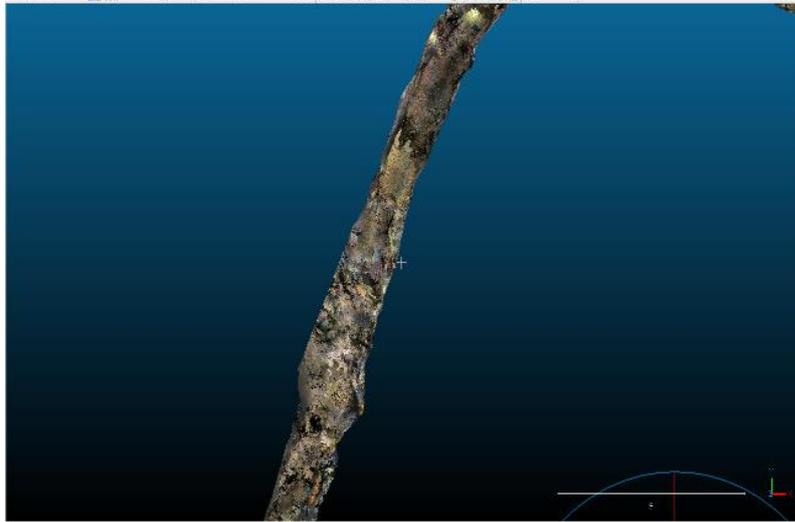


Ilustración 58-4: Uso terminado de la herramienta segmentar en CloudCompare proveniente del levantamiento topográfico con sensor LiDAR.

Fuente: Calvopiña Jhosimar, 2023

Obtencion de puntos de control con CloudCompare

Para la obtencion de las coordenadas de los puntos de control en CloudCompare es necesario usar la heramienta segmentar, en este caso particular se emplea el cálculo de centroide de un conjunto de puntos. Por medio de este procedimiento se encuentra las coordenadas centrales de cada punto de control, depurando los puntos innecesarios que se encuentran en la superficie donde se realizo el escaneo.

.

Para obtener el centroide de cada nube de puntos, se segmenta los puntos de control con el fin de poder trabajar con cada uno de estos de manera individual.

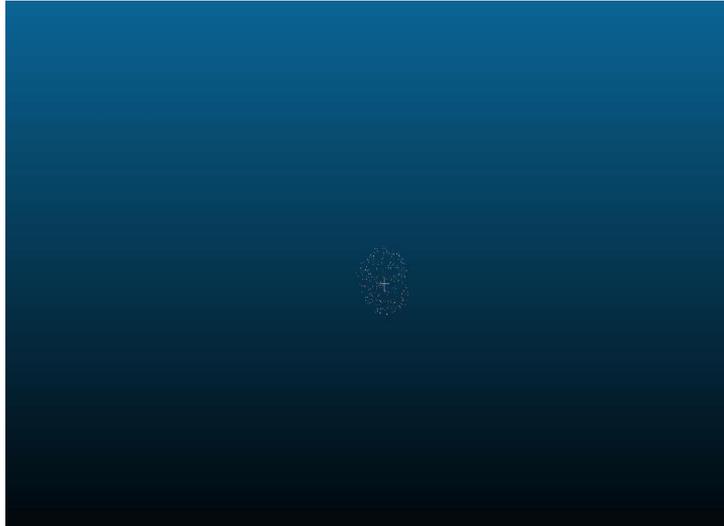


Ilustración 59-4: Uso de la herramienta segmentar para extracción de puntos de control en CloudCompare proveniente del levantamiento topográfico con sensor LiDAR.

Fuente: Calvopiña Jhosimar, 2023

Para poder importar los puntos de control de CloudCompare a AutoCAD es necesario exportarlos en DXF, puesto que este formato es compatible para ambos programas.

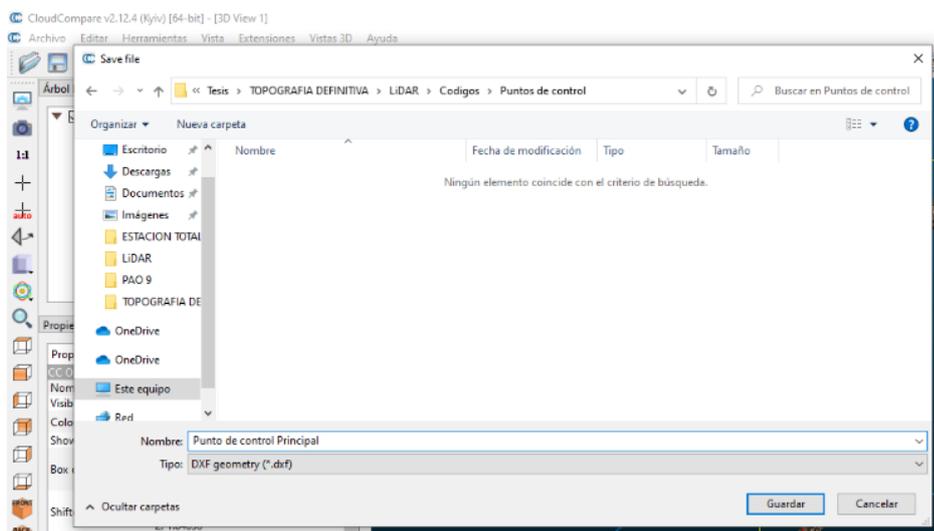


Ilustración 60-4: Exportación de puntos de control en formato DXF desde CloudCompare proveniente del levantamiento topográfico con sensor LiDAR.

Fuente: Calvopiña Jhosimar, 2023

Se hace uso del comando EXTRACDAT para exportar la información que contiene este fichero DXF, en la plantilla de exportación se selecciona la opción de .csv para su posterior uso en Excel.

Al momento de tener exportado este archivo de tipo .csv se debe de tabular esta informacion de la forma explicada en la pasada seccion 4.2.1.1.

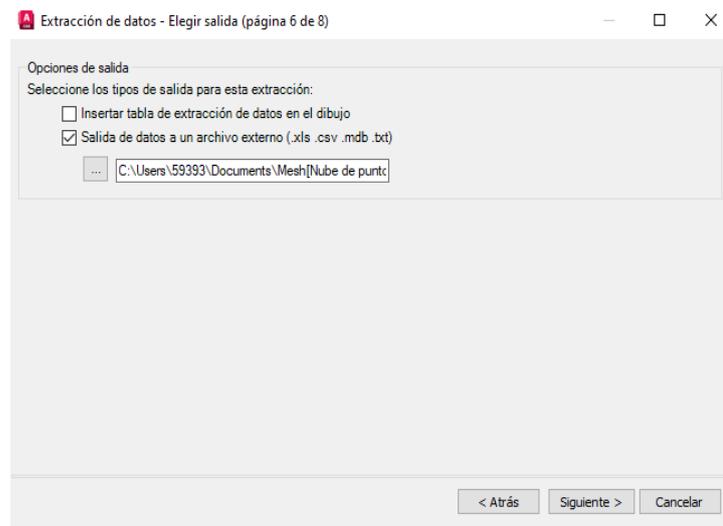


Ilustración 61-4: Exportación de información desde AutoCAD proveniente del levantamiento topográfico con sensor LiDAR.

Fuente: Calvopiña Jhosimar, 2023

Posterior a esto se emplea la ecuacion (2) la cual permite calcular el centroide promedio de un conjunto de coordenandas en el espacio, cabe recalcar que el promedio de cada una de estas coordenadas se calculan de forma individual.

Los cálculos obtenidos fueron realizados con ayuda del programa Microsoft Excel:

Por medio de la ecuacion (2) se calcula el centroide promedio del conjunto de puntos de las coordenadas en el eje X.

$$x_c = \frac{x_1 + x_2 + x_3 \dots + x_n}{n} \quad (2)$$

Por medio de la ecuacion (3) se calcula el centroide promedio del conjunto de puntos de las coordenadas en el eje Y.

$$y_c = \frac{y_1 + y_2 + y_3 \dots + y_n}{n} \quad (3)$$

Por medio de la ecuación (4) se calcula el centroide promedio del conjunto de puntos de las coordenadas en el eje Z.

$$z_c = \frac{z_1 + z_2 + z_3 \dots + z_n}{n} \quad (4)$$

	A	B	C	D	E
133	P132	-0.6209	5.496	0.0978	
134	P133	-0.6106	5.4791	0.0971	
135	P134	-0.6046	5.5032	0.0983	
136	P135	-0.6322	5.4843	0.097	
137	P136	-0.6139	5.4723	0.0967	
138	P137	-0.599	5.4606	0.0964	
139	P138	-0.6149	5.513	0.0986	
140	P139	-0.6012	5.4644	0.0966	
141	P140	-0.6008	5.4746	0.0971	
142	P141	-0.613	5.4595	0.096	
143	P142	-0.6126	5.4421	0.0949	
144	P143	-0.6134	5.4533	0.0956	
145	P144	-0.5989	5.454	0.096	
146	P145	-0.6116	5.4597	0.096	
147	P146	-0.602	5.536	0.0991	
148	P147	-0.6117	5.5044	0.0983	
149	P148	-0.6156	5.438	0.0946	
150	P149	-0.6277	5.4505	0.095	Coordenada del centroide promediopromedio
151	Ppromedio	-0.59088524	5.48797517	0.09749463	-0.590885234899329,5.48797516778524,0.0974946308724832

Ilustración 62-4: Cálculo del centroide promedio de un conjunto de puntos proveniente del levantamiento topográfico con sensor LiDAR.

Fuente: Calvopiña Jhosimar, 2023

4.4.3 Moldado 3D del levantamiento topográfico con sensor LiDAR

En este apartado se hace uso del software CloudCompare, el cual ofrece un módulo que simplifica el proceso de obtención de un modelado 3D en cuestión de minutos. Para esto se debe de seguir una secuencia de pasos que se muestran a continuación.

4.4.3.1 Normalización de la nube de puntos

La normalización de la nube de puntos no es más que calcular los vértices que existen en este espacio. Esta herramienta se encuentra en la barra del menú principal, específicamente en el submenú editar como se muestra en la **ilustración 65-4**.

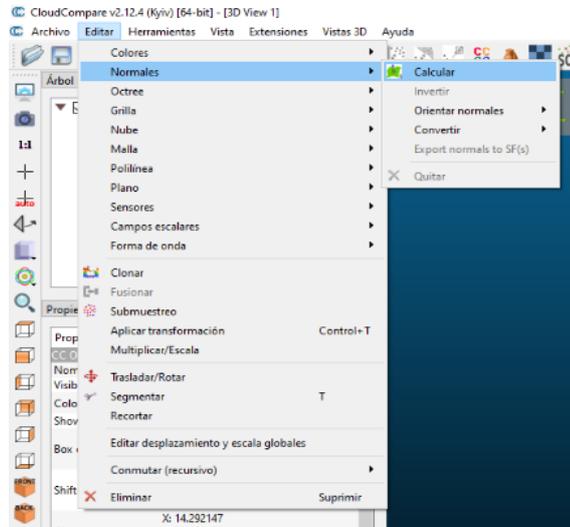


Ilustración 63-4: Uso de la herramienta calcular vértices en CloudCompare proveniente del levantamiento topográfico con sensor LiDAR.

Fuente: Calvopiña Jhosimar, 2023

Los parámetros que se deben de tomar en cuenta para la ventana de la herramienta “calcular” de la nube de puntos son:

- Modelo local de superficie
- Orientacion (usar el árbol de retribución mínima)
- Ajustar el Knn (vecinos más cercanos) del mismo valor con el se limpió la nube de puntos

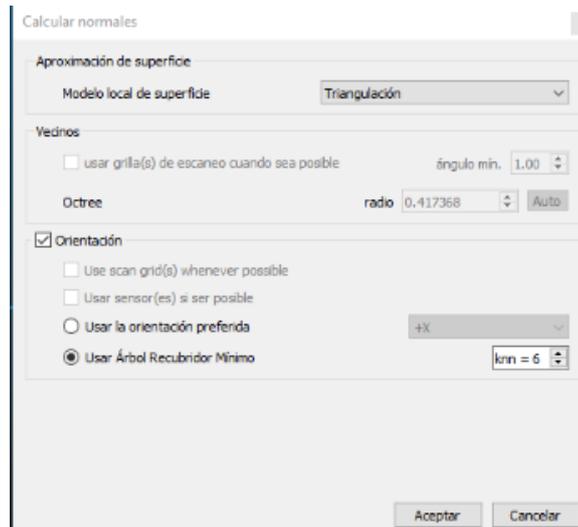


Ilustración 64-4: Ajuste de parámetros de la herramienta calcular vértices en CloudCompare proveniente del levantamiento topográfico con sensor LiDAR.

Fuente: Calvopiña Jhosimar, 2023

Después de este paso se procede a generar el mallado del modelado con cada punto en el espacio 3D, para esto se hace uso de la herramienta PositionRecon la cual permite generar el sólido de las galerías levantadas topográficamente con el sensor LiDAR. Esta herramienta se la puede encontrar en la dirección tal y como se muestra en la **ilustración 67-4**.

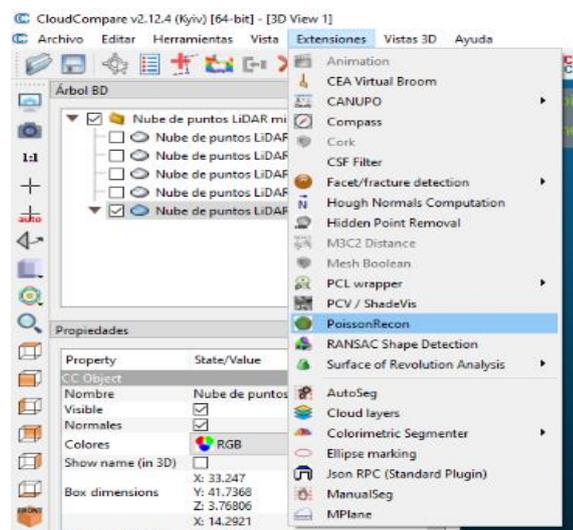


Ilustración 65-4: Uso de la herramienta PositionRecon en CloudCompare proveniente del levantamiento topográfico con sensor LiDAR.

Fuente: Calvopiña Jhosimar, 2023

Los parámetros que se deben de tomar en cuenta para generar el mallado dentro de la ventana de PositionRecon son los siguientes:

- Profundidad de Octree
- Frontera
- Muestra por nodo
- Peso de punto
- Linear fit

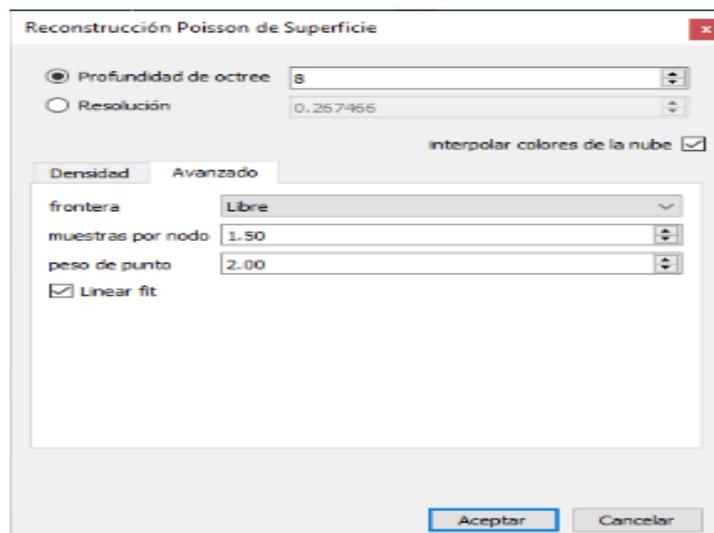


Ilustración 66-4: Ajuste de parámetros de la herramienta PositionRecon en CloudCompare proveniente del levantamiento topográfico con sensor LiDAR.

Fuente: Calvopiña Jhosimar, 2023

Una vez configurados los parámetros señalados en la **ilustración 68-4**, el resultado del modelado 3D se muestra en el área de trabajo del software CloudCompare como se aprecia en la **ilustración 69-4**.

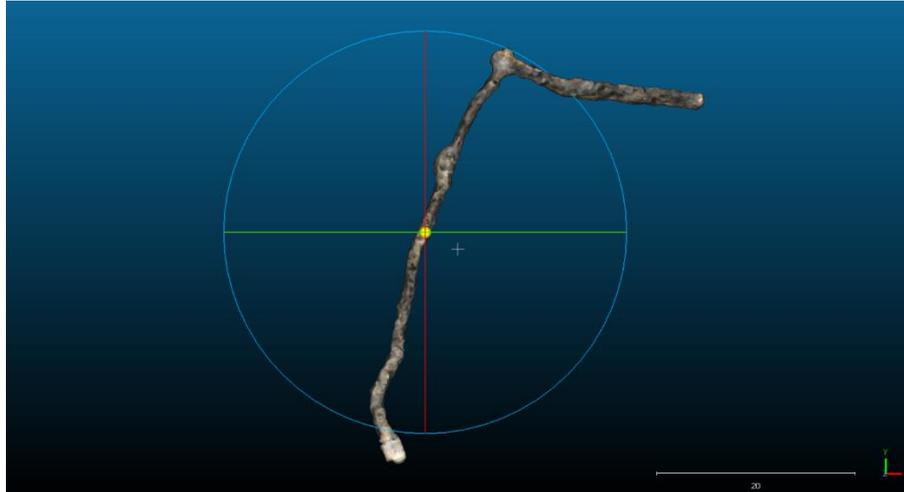


Ilustración 67-4: Modelado 3D procesado en CloudCompare proveniente del levantamiento topográfico con sensor LiDAR.

Fuente: Calvopiña Jhosimar, 2023

4.4.4. Obtención de secciones transversales por medio de modelado 3D a partir del método de medición con sensor LiDAR

Para obtener las secciones transversales en el software CloudCompare se debe de seguir una serie de pasos presentados a continuación. Este proceso se realiza con la nube de puntos mas no con el modelado 3D generado anteriormente.

4.4.3.2 Generar línea de referencia para obtención de secciones transversales

Se debe de generar una línea de referencia que permite mantener un sentido de cómo se obtendrán las secciones trasversales. Para esto se selecciona la nube de puntos y se hace uso de la herramienta extraer secciones como se indica en la **ilustración 70-4**.

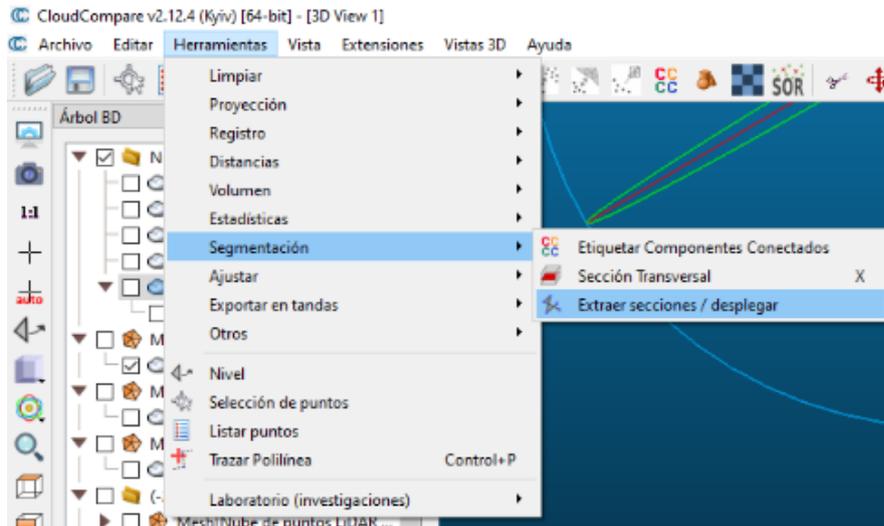


Ilustración 68-4: Uso de la herramienta extraer secciones en CloudCompare proveniente del levantamiento topográfico con sensor LiDAR.

Fuente: Calvopiña Jhosimar, 2023

La línea de referencia se puede situar donde más convenga dependiendo de la forma de la nube de puntos en la que se esté trabajando, en este caso se sitúa en el techo de las galerías levantadas topográficamente con el sensor LiDAR. Dando una serie de clics sobre la nube de puntos se empieza a dibujar una polilínea la cual permite obtener secciones transversales.



Ilustración 69-4: Línea de control para la obtención de secciones transversales en CloudCompare proveniente del levantamiento topográfico con sensor LiDAR.

Fuente: Calvopiña Jhosimar, 2023

4.4.3.3 Configuración de herramienta para obtener sesiones transversales

Al momento que la línea de control ya este dibujada sobre la nube de puntos daremos clic en el siguiente paso que nos señala la herramienta.



Ilustración 70-4: Generación de secciones ortogonales en CloudCompare proveniente del levantamiento topográfico con sensor LiDAR.

Fuente: Calvopiña Jhosimar, 2023

Se despliega una ventana en la cual se deben de definir ciertos valores que servirán para la obtención de mejores resultados en las secciones transversales. Los parámetros a configurar son los siguientes:

- Paso (indica cada cuántos metros se obtienen las secciones transversales)
- Ancho (indica cuanta área se necesita abarcar para que ninguna seccion transversal se quede fuera del pano.

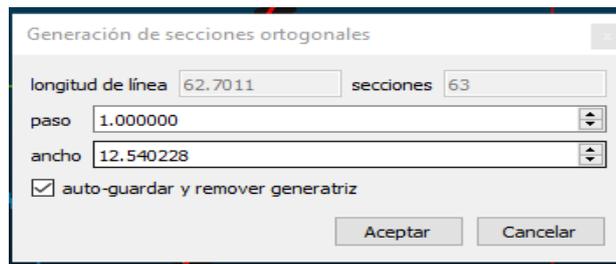


Ilustración 71-4: Configuración de parámetros de las secciones ortogonales en CloudCompare proveniente del levantamiento topográfico con sensor LiDAR.

Fuente: Calvopiña Jhosimar, 2023

Al moento de precionar el botón aceptar, se generarán líneas transversales de toda la zona que abarca la línea de referencia, separadas por un metro de distancia.

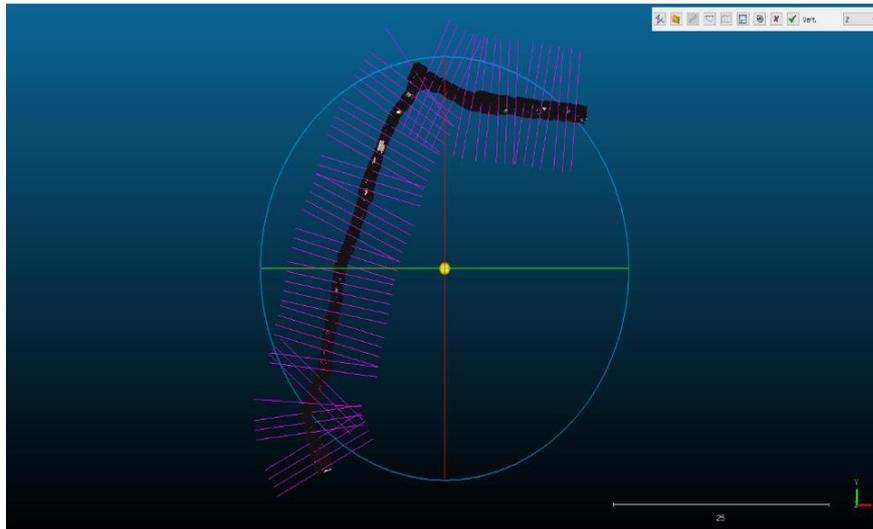


Ilustración 72-4: Secciones activas en CloudCompare proveniente del levantamiento topográfico con sensor LiDAR.

Fuente: Calvopiña Jhosimar, 2023

Para realizar múltiples secciones transversales de la galerías levantadas con sensor LiDAR se utiliza el comando tal y como se muestra en la **ilustración 75-4**.



Ilustración 73-4: Uso de extraer puntos de secciones activas en CloudCompare proveniente del levantamiento topográfico con sensor LiDAR.

Fuente: Calvopiña Jhosimar, 2023

Al dar clic en esta herramienta se desplegará una ventana la cual permitirá establecer parámetros de como se visualizarán las secciones transversales. Estos son los siguientes:

- Espesor de la secciones
- Extraccion de nubes de secciones
- Extraer perfiles de seccion
- Tipo de secciones
- Largo maximo de lado

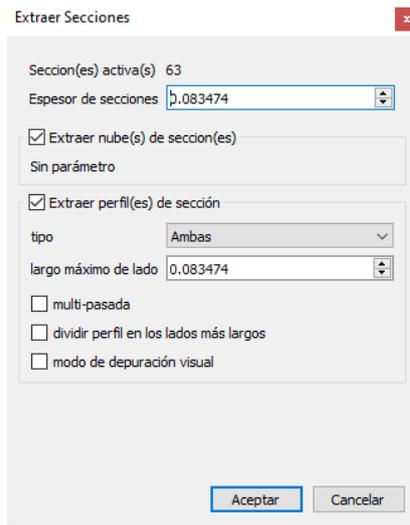


Ilustración 74-4: Ajuste de parámetros de secciones transversales en CloudCompare proveniente del levantamiento topográfico con sensor LiDAR.

Fuente: Calvopiña Jhosimar, 2023

Al haber definido estas características se puede visualizar los resultados, se apreciara que se obtuvieron secciones transversales alrededor de la labor minera levantada topograficamente con el sensor LiDAR. En este punto de puede exportar las secciones transversales obtenidas a un software de diseño como AutoCAD para obtener lo valores diferentes propiedades que son imposibles calcular con CloudCompare.

4.5 Cálculos de comparación entre los métodos de mapeo

Esta sección se basa en describir el proceso que se ocupa para comparar cada método de levantamiento topográfico propuesto en el presente proyecto técnico. Se realiza con la información obtenida en el área de estudio, es decir, en la mina artesanal La Zamorana. Con el fin de conseguir estos resultados de comparación se aplican diferentes ecuaciones matemáticas mencionadas en el capítulo dos.

4.5.1 Cálculos de rapidez en la obtención de datos ente los métodos de mapeos topográficos subterráneos

Se analiza, evalúa y calcula la velocidad de adquisición y procesamiento de datos que tiene cada método topográfico propuesto en el actual proyecto técnico, estos se realizan tomando en cuenta una serie de parámetros y datos obtenidos en el área de estudio.

Los parámetros que se consideran para calcular la rapidez en la adquisición de datos son los siguientes:

- Tiempo de adquisición de datos
- Tiempo en el procesamiento de datos
- Equipo y tecnología utilizada

Estos datos de rapidez son obtenidos en campo de trabajo haciendo uso del registro escrito. El instrumento que se ocupa para medir el tiempo que tarda cada levantamiento topográfico es el cronómetro del Smartphone.

4.5.2 Cálculos de precisión entre las coordenadas obtenidas de los métodos de mapeos topográficos subterráneos

El propósito de calcular estos datos es identificar cuál de los métodos es más preciso con respecto al levantamiento topográfico con estación total, dado que, este método de medición se toma como referencia real de las coordenadas para su posterior cálculo matemático.

4.5.3 Cálculos de presión con puntos de control

En el desarrollo de esta sección se calcula diferentes parámetros matemáticos, con el propósito de obtener la precisión en función de las diferencias de coordenadas obtenidas. Los parámetros que se toman en cuenta son los siguientes:

- Distancia euclidiana
- Error absoluto
- Diagramas de dispersión.
- Coeficientes de correlación

Distancia euclidiana

El concepto de distancia euclidiana se encuentra redactado en la sección 2.2.19. del presente trabajo técnico.

Para el cálculo de esta variable se usa la ecuación (5)

$$d_e = \sqrt{(x^2 - x^1) + (y^2 - y^1) + (z^2 - z^1)} \quad (5)$$

Donde:

- d_e = distancia euclidiana
- x_1 = Valor inicial del punto
- x_2 = Valor final del punto

Error absoluto

Los conceptos de error absoluto están detallados en la pasada sección 2.2.31. Para el cálculo de esta variable se debe de tomar en cuenta que el resultado siempre es positivo.

Para el cálculo de esta variable se usará la ecuación (6)

$$E_a = |V_{real} - V_{aproximado}| \quad (6)$$

Donde:

- E_a = Error absoluto
- V_{real} = Valor real de la coordenada

- $V_{aproximado}$ =Valor aproximado de la coordenada

Diagramas de dispersión y coeficiente de correlación

Este concepto estadístico se encuentra explicado en la sección 2.2.20. Se utiliza el programa Excel para procesar un par ordenado de muestras con cada una de estas medidas obtenidas en campo.

Cabe recalcar que los datos de estos diagramas se analizaran por separado, es decir en un apartado solo se cuantificaran las coordenadas del eje X de cada levantamiento topográfico y en un diferente apartado se cuantificaron las coordenadas del eje Y de estos mismos.

Para el cálculo del coeficiente de correlación se usa la ecuación (7):

$$r = \frac{\sum(x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x - \bar{x})^2 \sum(y - \bar{y})^2}} \quad (7)$$

Donde:

- r : coeficiente de correlación
- x, \bar{y} : son los valores individuales de cada muestra
- \bar{x}, \bar{y} : son los valores promedios de cada muestra

Cabe recalcar que esta variable se lo realiza en Excel mediante el comando (=COEF.DE.CORREL).

4.5.4 Cálculos de costos entre los métodos de mapeos topográficos subterráneos

Se basa en recaudar cada uno de los costos que conlleva mantener una operación de medición en una mina de bajo presupuesto con el fin de que esta empresa minera pueda implementar el método de medición que más se adapte a sus necesidades.

Al hablar de costos entre los levantamientos topográficos ya mencionados se debe de tomar en consideración los instrumentos de medición, puesto que de estos depende si se ejecuta o no los métodos de mapeo.

Los parámetros a tomar en cuenta al momento de hacer el análisis del levantamiento topográfico con los métodos de mediciones propuestos son los siguientes:

- Identificación de costos directos
- Estimación de costos indirectos
- Cálculo de costos por metro de labor de cada método topográfico propuesto

Para los cálculos de costos se evalúa un escenario, este se basa en el cálculo de cuánto cuesta el levantamiento topográfico por día, sin contar los valores de adquisición de los equipos, se toma este proceso ya que sería costos pasivos para la empresa.

4.5.4.1 Cálculo de costo del método topográfico con cinta y brújula

El levantamiento topográfico con cinta y brújula es uno de los más económicos que pueden existir. En realidad si se habla de topografía ningún método de medición es económico para una persona natural, sin embargo, en el caso de una empresa minera puede ser asequible puesto que estas manejan mucho capital de inversión y una remuneración económica grande en muchos casos.

4.5.4.2 Cálculo de costo del método topográfico con estación total

Para el caso de los cálculos de costo del levantamiento topográfico con estación total se toma en cuenta el precio del instrumento en el mercado, se lo realiza con el fin de obtener el valor real del instrumento en el establecimiento donde fue adquirido. Se consideran los costos indirectos de este levantamiento puesto que se debe de calibrar y realizar un mantenimiento preventivo.

4.5.4.3 Cálculo de costo del método topográfico de con sensor LiDAR

El sensor LiDAR ocupado para el presente proyecto técnico es un instrumento de medición proveniente de la empresa tecnológica Apple, entre los levantamientos topográficos propuestos este es el menos costoso en lo que conlleva a adquisición económica, también es una buena herramienta ya que los resultados obtenidos pueden procesarse en softwares de licencia libre por lo que no se requiere un gasto adicional en aplicaciones de gabinete.

CAPÍTULO V

5. RESULTADOS

El análisis de resultado de los levantamientos topográficos realizados en la mina artesanal La Zamorana se basa en el cálculo cuantitativo y la interpretación cualitativa de cada método de medición aplicado.

Con los cálculos de precisión se busca identificar que tan exacto son los métodos de medición con sensor LiDAR, cinta y brújula respecto a el método topográfico con estación total dado que este es el más usado por múltiples industrias.

Los cálculos de rapidez son analizados individualmente por cada método topográfico aplicado, cada método de medición tiene un tiempo de adquisición de datos, tiempo de ajuste de los equipos y tiempo de configuración. Este análisis se realiza con el fin de obtener una duración de operación y trabajo de gabinete por cada levantamiento topográfico.

Al hablar de costos se podrá tener una idea clara de cuánto puede valer un levantamiento topográfico mencionados anteriormente para el caso de una mina de bajo presupuesto.

Cabe recalcar que los puntos obtenidos con los métodos de mapeo propuestos tales como estación total y sensor LiDAR no se los presenta en el actual proyecto técnico dado que esta lista de puntos excede a más de cuatro millones en el espacio, por lo que solo se plasmaron los once puntos de control que se obtuvieron con cada levantamiento topográfico.

5.1 Levantamientos topográficos

5.1.1 *Análisis de levantamiento topográfico con cinta y brújula*

Para la interpretación de los datos registrados del levantamiento topográfico con cinta y brújula se considera como parámetros importantes los puntos de control que se obtuvieron con este método de mapeo, puesto que de estas coordenadas dependen los cálculos de precisión que se presentaran a continuación.

En la tabla 1-5 se presentan los puntos de control obtenidos en campo, cuyas coordenadas fueron calculadas en los ejes X y Y ya que este levantamiento topográfico se lo ejecutó de forma planimétrica.

Tabla 1-5: Puntos de control obtenidos del levantamiento topográfico con cinta y brújula.

Puntos de control obtenidos con el levantamiento topográfico con Cinta y Brújula		
Nombre de Punto	Coordenada X	Coordenada Y
Pc1	769285	9552680
Pc2	769283.8161	9552682.153
Pc3	769283.3035	9552683.265
Pc4	769282.9347	9552684.864
Pc5	769282.8549	9552686.235
Pc6	769283.292	9552687.64
Pc7	769284.8224	9552690.737
Pc8	769289.7385	9552709.169
Pc9	769295.1648	9552719.483
Pc10	769300.7705	9552717.47
Pc11	769312.8242	9552716.037

Realizado por: Calvopiña Jhosimar, 2023

5.1.1.1 Levantamiento planimétrico con cinta y brújula

El levantamiento planimétrico con cinta y brújula se encuentra en el anexo F.

5.1.2 Análisis de levantamiento topográfico con estación total

En la tabla 2-5 se registra una serie de coordenadas usadas para el análisis y cálculos de los resultados. Estas coordenadas se usan como referencia de la realidad con la finalidad de calcular la precisión que existe entre los métodos de mapeo propuestos.

Tabla 2-5: Puntos de control obtenidos del levantamiento topográfico con estación total.

Puntos de control obtenidos con el levantamiento topográfico con Estación Total			
Nombre de Punto	Coordenada X	Coordenada Y	Elevación
Pc1	769285	9552680	1680
Pc2	769283.996	9552682.187	1680.038
Pc3	769283.586	9552683.384	1680.058
Pc4	769283.373	9552684.995	1680.093
Pc5	769283.461	9552686.404	1680.084
Pc6	769284.044	9552687.718	1680.116
Pc7	769285.857	9552690.66	1680.293

Pc8	769287.625	9552700.475	1680.53
Pc9	769296.093	9552719.558	1680.955
Pc10	769301.823	9552717.461	1681.072
Pc11	769313.845	9552716.522	1681.121

Realizado por: Calvopiña Jhosimar, 2023

5.1.2.1 *Obtención de secciones transversales por medio del método de medición con estación total*

Las secciones transversales obtenidas del levantamiento topográfico con estación total se encuentran en el anexo G.

5.1.2.2 *Levantamiento planimétrico con estación total*

El levantamiento planimétrico del método de medición con estación total se encuentra en el anexo H.

5.1.3 *Análisis de levantamiento topográfico con sensor LiDAR*

El levantamiento topográfico con sensor LiDAR es el método de mapeo más sencillo de ejecutar entre los propuestos en el presente proyecto técnico. Los puntos obtenidos con el sensor LiDAR no se encuentran en el presente proyecto técnico puesto que estos superan la cantidad de cuatro millones de puntos capturados en manera de escáner.

Los puntos de control del presente levantamiento topográfico, como se muestra en la tabla 3-5, se los obtuvo mediante las ecuaciones (2) (3) (4) del centroide promedio para nube de puntos.

Tabla 3-5: Puntos de control obtenidos del levantamiento topográfico con sensor LiDAR.

Puntos de control obtenidos con el levantamiento topográfico con sensor LiDAR			
Nombre de Punto	Coordenada X	Coordenada Y	Elevación
Pc1	769285	9552680	1680
Pc2	769283.8004	9552682.325	1680.0374
Pc3	769283.4831	9552683.524	1680.0526
Pc4	769282.9674	9552684.857	1680.1139
Pc5	769283.8089	9552686.585	1680.1079

Pc6	769285.5689	9552690.809	1680.148
Pc7	769285.5689	9552690.809	1680.3472
Pc8	769288.2806	9552700.84	1680.7487
Pc9	769296.7561	9552718.569	1680.9652
Pc10	769302.6817	9552717.96	1681.1079
Pc11	769314.8878	9552717.426	1681.1121

Realizado por: Calvopiña Jhosimar, 2023

5.1.4 Obtención de secciones transversales por medio del método de medición con sensor LiDAR

Las secciones transversales del levantamiento topográfico con sensor LiDAR se encuentran en el anexo I.

5.1.5 Levantamiento planimétrico con sensor LiDAR

El levantamiento planimétrico se encuentra del método de medición con sensor LiDAR se encuentra en el anexo J.

5.2 Análisis de precisión

En esta sección se analiza los resultados que se obtuvieron al calcular la distancia euclidiana, diagramas de dispersión, errores absolutos y coeficientes de correlación con las coordenadas de los puntos de control. Los resultados se pueden analizar de forma cuantitativa, entre estos se destacan valores que representan la distancia de separación espacial que existe de un punto a otro.

5.2.1 Análisis comparativo de precisión del levantamiento topográfico con estación total versus el levantamiento topográfico con cinta y brújula

5.2.1.1 Análisis de resultados del cálculo de la distancia euclidiana

Mediante la ecuación (5) de la distancia euclidiana para el levantamiento topográfico con cinta y brújula en calidad de muestra medida con respecto al levantamiento topográfico con estación total, en calidad de representación de la realidad, se calcula la distancia de separación que existe entre las coordenadas del eje X y del eje Y.

Los resultados alcanzados para el levantamiento topográfico con cinta y brújula son deficientes dado que en la sección 7, 8, 10 y 11 existe una desviación de las coordenadas de 1 hasta 8 metros de separación por punto tal y como se muestra en la tabla 4-5.

Tabla 4-5: Cálculo de la distancia euclidiana entre el levantamiento topográfico con estación total versus el levantamiento topográfico con cinta y brújula.

Cálculos de precisión aplicando la ecuación de distancia euclidiana entre el levantamiento topográfico con estación total versus el levantamiento topográfico con cinta y brújula					
Nombre de Punto	coordenadas del levantamiento topográfico con estación total		coordenadas del levantamiento topográfico con cinta y brújula		Distancia euclidiana ($d_e = \sqrt{(x^2 - x^1) + (y^2 - y^1)}$)
	Eje x	Eje y	Eje x	Eje y	
Pc1	769285	9552680	769285	9552680	0
Pc2	769283.996	9552682.19	769283.816	9552682.15	0.183084
Pc3	769283.586	9552683.38	769283.304	9552683.27	0.306540
Pc4	769283.373	9552685	769282.935	9552684.86	0.457458
Pc5	769283.461	9552686.4	769282.855	9552686.24	0.629220
Pc6	769284.044	9552687.72	769283.292	9552687.64	0.756034
Pc7	769285.857	9552690.66	769284.822	9552690.74	1.037461
Pc8	769287.625	9552700.48	769289.739	9552709.17	8.947207
Pc9	769296.093	9552719.56	769295.165	9552719.48	0.931225
Pc10	769301.823	9552717.46	769300.771	9552717.47	1.052538
Pc11	769313.845	9552716.52	769312.824	9552716.04	1.130158

Realizado por: Calvopiña Jhosimar, 2023

5.2.1.2 Análisis de resultados del cálculo de error absoluto en el eje X y eje Y

En las tablas 5-5 y 6-5 se pueden apreciar los cálculos de error absoluto que se ejecutaron para el levantamiento topográfico con estación total versus el levantamiento topográfico con cinta y brújula. Cabe recalcar que en el presente cálculo solo se analizan las coordenadas X, Y de los puntos de control registrados con estos levantamientos topográficos.

Los resultados de los cálculos de error absoluto entre las coordenadas registradas aplicando el método de mapeo con estación total versus las coordenadas obtenidas al ejecutar el método topográfico con cinta y brújula en el eje X de ambos indican una desviación significativa en diferentes secciones, las cuales son:

- La desviación de la sección 7 es mayor a 1.03 metro
- La desviación de la sección 8 es mayor a 2.11 metro
- La desviación de la sección 10 es mayor a 1.05 metro
- La desviación de la sección 11 es mayor a 1.02 metro

Sin embargo, al aplicar el mismo método en el eje Y solo la sección 8 tiene una desviación significativa de 8.69 metros.

Tabla 5-5: Cálculos de error absoluto del eje X entre levantamiento topográfico con estación total versus levantamiento topográfico con cinta y brújula.

Cálculos de precisión aplicando la ecuación de error absoluto entre coordenadas del eje X del levantamiento topográfico con estación total versus el levantamiento topográfico con cinta y brújula				
Nombre del Punto	Coordenada X de estación total	Coordenada X de Cinta y brújula	Ecuación de error absoluto $E_a = V_{real} - V_{aproximado} $	Resultado
Pc1	7692850	769285	 7692850 – 7692850 	0
Pc2	769283.996	769283.8161	 769283.996 – 769283.8161 	0.1799
Pc3	769283.586	769283.3035	 769283.586 – 769283.3035 	0.2825
Pc4	769283.373	769282.9347	 769283.373 – 769282.9347 	0.4383
Pc5	769283.461	769282.8549	 769283.461 – 769282.8549 	0.6061
Pc6	769284.044	769283.292	 769284.044 – 769283.292 	0.752

Pc7	769285.857	769284.8224	 769285.857 – 769284.8224 	1.0346
Pc8	769287.625	769289.7385	 769287.625 – 769289.7385 	2.1135
Pc9	769296.093	769295.1648	 769296.093 – 769295.1648 	0.9282
Pc10	769301.823	769300.7705	 769301.823 – 769300.7705 	1.0525
Pc11	769313.845	769312.8242	 769313.845 – 769312.8242 	1.0208

Realizado por: Calvopiña Jhosimar, 2023

Tabla 6-5: Cálculos de error absoluto del eje Y entre levantamiento topográfico con estación total versus levantamiento topográfico con cinta y brújula.

Cálculos de precisión aplicando la ecuación de error absoluto entre coordenadas del eje Y del levantamiento topográfico con estación total versus el levantamiento topográfico con cinta y brújula				
Nombre del Punto	Coordenada Y de estación total	Coordenada Y de Cinta y brújula	Ecuación de error absoluto $E_a = V_{real} - V_{aproximado} $	Resultado
Pc1	9552680	9552680	 9552680 – 9552680 	0
Pc2	9552682.187	9552682.153	 9552682.187 – 9552682.153 	0.034
Pc3	9552683.384	9552683.265	 9552683.384 – 9552683.265 	0.119
Pc4	9552684.995	9552684.864	 9552684.995 – 9552684.864 	0.131
Pc5	9552686.404	9552686.235	 9552686.404 – 9552686.235 	0.169
Pc6	9552687.718	9552687.64	 9552687.718 – 9552687.64 	0.078
Pc7	9552690.66	9552690.737	 9552690.66 – 9552690.737 	0.077
Pc8	9552700.475	9552709.169	 9552700.475 – 9552709.169 	8.694
Pc9	9552719.558	9552719.483	 9552719.558 – 9552719.483 	0.075
Pc10	9552717.461	9552717.47	 9552717.461 – 9552717.47 	0.009
Pc11	9552716.522	9552716.037	 9552716.522 – 9552716.037 	0.485

Realizado por: Calvopiña Jhosimar, 2023

5.2.1.3 *Análisis de resultados del diagrama de dispersión y coeficiente de correlación del eje X y eje Y*

Este diagrama de dispersión es realizado con el propósito de visualizar y entender cómo se esparcen las coordenadas del eje X y eje Y registradas por medio del levantamiento topográfico con cinta y brújula tomada como muestra medida versus el levantamiento topográfico con estación total en calidad de muestra referencial.

Habiendo calculado el coeficiente de correlación del eje X y del eje Y se sabe este valor entre más se acerque al 1 mejor es la distribución de las muestras analizadas. Partiendo de esto X tuvo un resultado de 0.996104335 y Y alcanzo un valor de 0.985992658, demostrando que las coordenadas ESTE están mejor distribuidas linealmente que las coordenadas NORTE.

Tabla 7-5: Coordenadas del eje X para diagrama de dispersión entre levantamiento topográfico con estación total versus levantamiento topográfico con cinta y brújula.

Coordenadas del eje X usadas para el diagrama de dispersión y coeficiente de correlación entre el levantamiento topográfico con estación total versus levantamiento topográfico con cinta y brújula		
Nombre de Punto	Coordenada del eje X del levantamiento topográfico con estación total	Coordenada del eje X del levantamiento topográfico con cinta y brújula
Pc1	769285	769285
Pc2	769283.996	769283.816
Pc3	769283.586	769283.304
Pc4	769283.373	769282.935
Pc5	769283.461	769282.855
Pc6	769284.044	769283.292
Pc7	769285.857	769284.822
Pc8	769287.625	769289.739
Pc9	769296.093	769295.165
Pc10	769301.823	769300.771
Pc11	769313.845	769312.824

Realizado por: Calvopiña Jhosimar, 2023



Ilustración 75-5: Diagrama de dispersión del eje X del levantamiento topográfico con cinta y brújula.

Fuente: Calvopiña Jhosimar, 2023

Tabla 8-5: Coordenadas del eje Y para diagrama de dispersión entre levantamiento topográfico con estación total versus levantamiento topográfico con cinta y brújula.

Coordenadas del eje Y usadas para el diagrama de dispersión y coeficiente de correlación entre el levantamiento topográfico con estación total versus levantamiento topográfico con cinta y brújula		
Nombre de Punto	Coordenada del eje Y del levantamiento topográfico con estación total	Coordenada del eje Y del levantamiento topográfico con cinta y brújula
Pc1	9552680	9552680
Pc2	9552682.19	9552682.15
Pc3	9552683.38	9552683.27
Pc4	9552685	9552684.86
Pc5	9552686.4	9552686.24
Pc6	9552687.72	9552687.64
Pc7	9552690.66	9552690.74
Pc8	9552700.48	9552709.17
Pc9	9552719.56	9552719.48
Pc10	9552717.46	9552717.47
Pc11	9552716.52	9552716.04

Fuente: Calvopiña Jhosimar, 2023

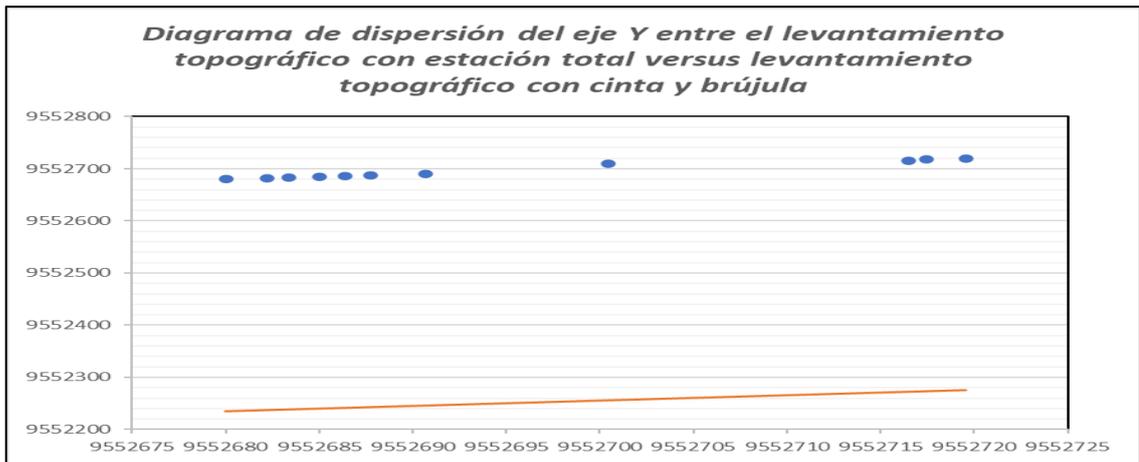


Ilustración 76-5: Diagrama de dispersión del eje Y del levantamiento topográfico con cinta y brújula.

Fuente: Calvopiña Jhosimar, 2023

5.2.2 *Análisis comparativo de precisión del levantamiento topográfico con estación total versus el levantamiento topográfico con sensor LiDAR*

5.2.2.1 *Análisis de resultados en el cálculo de distancia euclidiana*

Se aplicó la ecuación (5) de la distancia euclidiana para el levantamiento topográfico con sensor LiDAR en calidad de muestra medida con respecto al levantamiento topográfico con estación total en calidad de representación de la realidad, con el fin de conseguir la distancia de separación que existe entre estas coordenadas del eje X, eje Y y eje Z.

Los resultados obtenidos para el levantamiento topográfico con cinta y brújula son aceptables dado que en la sección 6, 9 y 11 existe una desviación de las coordenadas desde 1 hasta 3 metros de separación por punto como se detalla en la tabla 9-5.

Tabla 9-5: Cálculo de la distancia euclidiana entre el levantamiento topográfico con estación total versus el levantamiento topográfico con sensor LiDAR.

Cálculos de precisión aplicando la ecuación de distancia euclidiana entre el levantamiento topográfico con estación total versus el levantamiento topográfico con sensor LiDAR							
Nombre de Punto	Coordenadas del levantamiento topográfico con estación total			Coordenadas del levantamiento topográfico con sensor LiDAR			Distancia euclidiana ($d_e = \sqrt{(x^2 - x^1) + (y^2 - y^1) + (z^2 - z^1)}$)
	Eje X	Eje Y	Eje Z	Eje X	Eje Y	Eje Z	
Pc1	769285	9552680	1680	769285	9552680	1680	0
Pc2	769283.996	9552682.19	1680.038	769283.8	9552682.32	1680.0374	0.23920
Pc3	769283.586	9552683.38	1680.058	769283.483	9552683.52	1680.0526	0.17399
Pc4	769283.373	9552685	1680.093	769282.967	9552684.86	1680.1139	0.42903
Pc5	769283.461	9552686.4	1680.084	769283.809	9552686.59	1680.1079	0.39303
Pc6	769284.044	9552687.72	1680.116	769285.569	9552690.81	1680.148	3.44691
Pc7	769285.857	9552690.66	1680.293	769285.569	9552690.81	1680.3472	0.32889
Pc8	769287.625	9552700.48	1680.53	769288.281	9552700.84	1680.7487	0.78171
Pc9	769296.093	9552719.56	1680.955	769296.756	9552718.57	1680.9652	1.19060
Pc10	769301.823	9552717.46	1681.072	769302.682	9552717.96	1681.1079	0.99370
Pc11	769313.845	9552716.52	1681.121	769314.888	9552717.43	1681.1121	1.38024

Fuente: Calvopiña Jhosimar, 2023

5.2.2.2 Análisis de resultados del cálculo de error absoluto en el eje X, eje Y y eje Z

En las tablas 10-5, 11-5 y 12-5 se pueden apreciar los cálculos de error absoluto que se ejecutaron para el levantamiento topográfico con estación total versus el levantamiento topográfico con sensor LiDAR. Cabe recalcar que en el presente cálculo se analizan las coordenadas X, Y, Z de los puntos de control registrados con estos levantamientos topográficos.

Los resultados de los cálculos de error absoluto entre las coordenadas registradas aplicando el método de mapeo con estación total versus las coordenadas obtenidas al ejecutar el levantamiento topográfico con sensor LiDAR en el eje X no indican una desviación significativa, sin embargo, en las secciones 6 y 11 si presentan una perífrasis de un poco mas a 1 metro. Mientras que en el eje Y solo en el punto 6 presenta una desviación de 3 metros. El eje Z no presenta desviaciones significativas, estas son menores a 1 centímetro excepto la sección 8 que posee una desviación en la altitud de 21 centímetros.

Tabla 10-5: Cálculos de error absoluto del eje X entre levantamiento topográfico con estación total versus levantamiento topográfico con sensor LiDAR.

Cálculos de precisión aplicando la ecuación de error absoluto entre coordenadas del eje X del levantamiento topográfico con estación total versus el levantamiento topográfico con sensor LiDAR				
Nombre del Punto	Coordenada X de estación total	Coordenada X de sensor LiDAR	Ecuación de error absoluto $E_a = V_{real} - V_{aproximado} $	Resultado
Pc1	769285	769285	$ 769285 - 769285 $	0
Pc2	769283.996	769283.8004	$ 769283.996 - 769283.8004 $	0.1956
Pc3	769283.586	769283.4831	$ 769283.586 - 769283.4831 $	0.1029
Pc4	769283.373	769282.9674	$ 769283.373 - 769282.9674 $	0.4056
Pc5	769283.461	769283.8089	$ 769283.461 - 769283.8089 $	0.3479
Pc6	769284.044	769285.5689	$ 769284.044 - 769285.5689 $	1.5249
Pc7	769285.857	769285.5689	$ 769285.857 - 769285.5689 $	0.2881
Pc8	769287.625	769288.2806	$ 769287.625 - 769288.2806 $	0.6556
Pc9	769296.093	769296.7561	$ 769296.093 - 769296.7561 $	0.6631
Pc10	769301.823	769302.6817	$ 769301.823 - 769302.6817 $	0.8587
Pc11	769313.845	769314.8878	$ 769313.845 - 769314.8878 $	1.0428

Realizado por: Calvopiña Jhosimar, 2023

Tabla 11-5: Cálculos de error absoluto del eje Y entre levantamiento topográfico con estación total versus levantamiento topográfico con sensor LiDAR.

Cálculos de precisión aplicando la ecuación de error absoluto entre coordenadas del eje Y del levantamiento topográfico con estación total versus el levantamiento topográfico con sensor LiDAR				
Nombre de Punto	Coordenada Y de estación total	Coordenada Y de Cinta y brújula	Ecuación de error absoluto $E_a = V_{real} - V_{aproximado} $	Resultado
Pc1	9552680	9552680	 9552680 – 9552680 	0
Pc2	9552682.187	9552682.325	 9552682.187 – 9552682.325 	0.1377
Pc3	9552683.384	9552683.524	 9552683.384 – 9552683.524 	0.1402
Pc4	9552684.995	9552684.857	 9552684.995 – 9552684.857 	0.1383
Pc5	9552686.404	9552686.585	 9552686.404 – 9552686.585 	0.1813
Pc6	9552687.718	9552690.809	 9552687.718 – 9552690.809 	3.0911
Pc7	9552690.66	9552690.809	 9552690.66 – 9552690.809 	0.1491
Pc8	9552700.475	9552700.84	 9552700.475 – 9552700.84 	0.3653
Pc9	9552719.558	9552718.569	 9552719.558 – 9552718.569 	0.9888
Pc10	9552717.461	9552717.96	 9552717.461 – 9552717.96 	0.4988
Pc11	9552716.522	9552717.426	 9552716.522 – 9552717.426 	0.9042

Realizado por: Calvopiña Jhosimar, 2023

Tabla 12-5: Cálculos de error absoluto del eje Z entre levantamiento topográfico con estación total versus levantamiento topográfico con sensor LiDAR.

Cálculos de precisión aplicando la ecuación de error absoluto entre coordenadas del eje Z del levantamiento topográfico con estación total versus el levantamiento topográfico con sensor LiDAR				
Nombre de Punto	Elevación de estación total	Elevación de sensor LiDAR	Ecuación de error absoluto $E_a = V_{real} - V_{aproximado} $	Resultado
Pc1	1680	1680	1680-1680	0
Pc2	1680.038	1680.0374	 1680.038 – 1680.0374 	0.0006
Pc3	1680.058	1680.0526	 1680.058 – 1680.0526 	0.0054
Pc4	1680.093	1680.1139	 1680.093 – 1680.1139 	0.0209
Pc5	1680.084	1680.1079	 1680.084 – 1680.1079 	0.0239
Pc6	1680.116	1680.148	 1680.116 – 1680.148 	0.032
Pc7	1680.293	1680.3472	 1680.293 – 1680.3472 	0.0542
Pc8	1680.53	1680.7487	 1680.53 – 1680.7487 	0.0218
Pc9	1680.955	1680.9652	 1680.955 – 1680.9652 	0.0102
Pc10	1681.072	1681.1079	 1681.072 – 1681.1079 	0.0359
Pc11	1681.121	1681.1121	 1681.121 – 1681.1121 	0.0089

Realizado por: Calvopiña Jhosimar, 2023

5.2.2.3 Análisis de resultados del diagrama de dispersión y coeficiente de correlación del eje X, eje Y y eje Z

El diagrama de dispersión es realizado con el propósito de visualizar y entender cómo se esparcen las coordenadas del eje X, eje Y y eje Z registradas por medio del levantamiento topográfico con sensor LiDAR.

Mediante la ecuación (7) se calcula el coeficiente de correlación del eje X, Y y Z, conociendo que mientras más cerca de 1 se encuentre este valor, mejor es la distribución de las muestras analizadas. Partiendo de esto, el eje X tuvo un resultado de 0.998654126, Y alcanzó un valor de 0.99786806 y Z demostró un producto de 0.99017361 demostrando que las coordenadas ESTE están mejor distribuidas linealmente que las coordenadas NORTE y que las medidas de ELEVACION como se aprecian en las figuras 78-5, 79-5 y 80-5.

Tabla 13-5: Coordenadas del eje X para diagrama de dispersión entre levantamiento topográfico con estación total versus levantamiento topográfico con sensor LiDAR.

Coordenadas del eje X usadas para el diagrama de dispersión y coeficiente de correlación entre el levantamiento topográfico con estación total versus levantamiento topográfico con sensor LiDAR		
Nombre de Punto	Coordenada del eje X del levantamiento topográfico con estación total	Coordenada del eje X del levantamiento topográfico con sensor LiDAR
Pc1	769285	769285
Pc2	769283.996	769283.8
Pc3	769283.586	769283.483
Pc4	769283.373	769282.967
Pc5	769283.461	769283.809
Pc6	769284.044	769285.569
Pc7	769285.857	769285.569
Pc8	769287.625	769288.281
Pc9	769296.093	769296.756
Pc10	769301.823	769302.682
Pc11	769313.845	769314.888

Fuente: Calvopiña Jhosimar, 2023

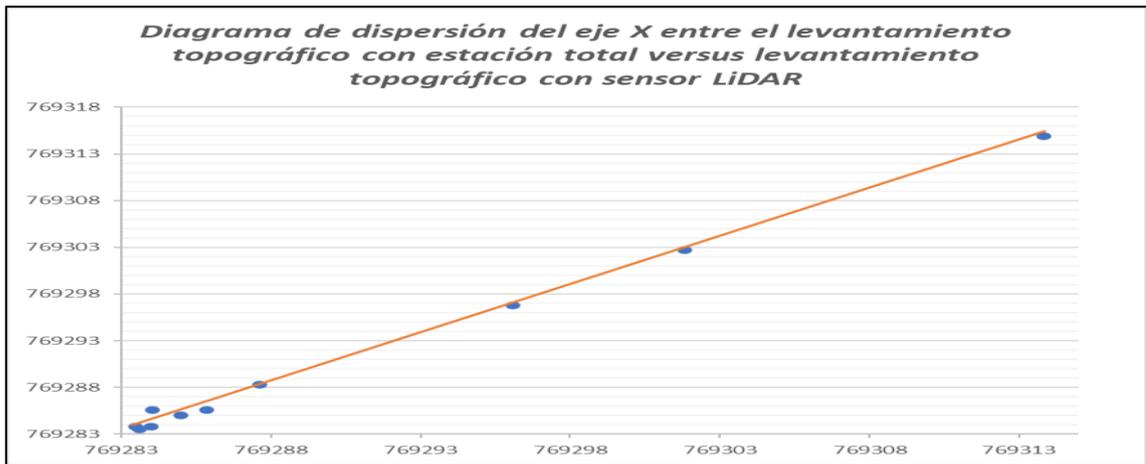


Ilustración 77-5: Diagrama de dispersión del eje X del levantamiento topográfico con sensor LiDAR.

Fuente: Calvopiña Jhosimar, 2023

Tabla 14-5: Coordenadas del eje Y para diagrama de dispersión entre levantamiento topográfico con estación total versus levantamiento topográfico con sensor LiDAR.

Coordenadas del eje Y usadas para el diagrama de dispersión y coeficiente de correlación entre el levantamiento topográfico con estación total versus levantamiento topográfico con sensor LiDAR		
Nombre de Punto	Coordenada del eje Y del levantamiento topográfico con estación total	Coordenada del eje Y del levantamiento topográfico con sensor LiDAR
Pc1	9552680	9552680
Pc2	9552682.19	9552682.32
Pc3	9552683.38	9552683.52
Pc4	9552685	9552684.86
Pc5	9552686.4	9552686.59
Pc6	9552687.72	9552690.81
Pc7	9552690.66	9552690.81
Pc8	9552700.48	9552700.84
Pc9	9552719.56	9552718.57
Pc10	9552717.46	9552717.96
Pc11	9552716.52	9552717.43

Fuente: Calvopiña Jhosimar, 2023

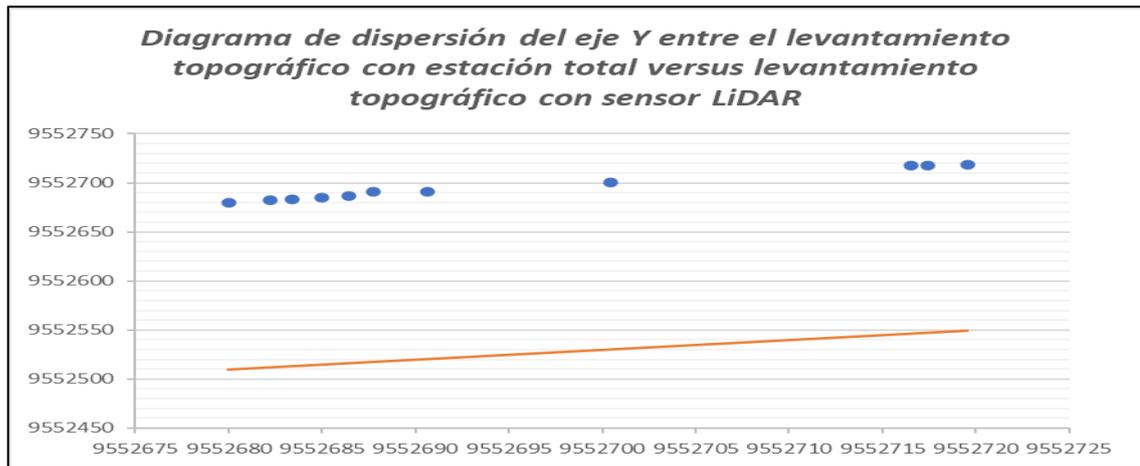


Ilustración 78-5: Diagrama de dispersión del eje Y del levantamiento topográfico con sensor LiDAR.

Fuente: Calvopiña Jhosimar, 2023

Tabla 15-5: Coordenadas del eje Z para diagrama de dispersión entre levantamiento topográfico con estación total versus levantamiento topográfico con sensor LiDAR.

Coordenadas del eje Z usadas para el diagrama de dispersión y coeficiente de correlación entre el levantamiento topográfico con estación total versus levantamiento topográfico con sensor LiDAR		
Nombre de Punto	Coordenada del eje Z del levantamiento topográfico con estación total	Coordenada del eje Z del levantamiento topográfico con sensor LiDAR
Pc1	1680	1680
Pc2	1680.038	1680.0374
Pc3	1680.058	1680.0526
Pc4	1680.093	1680.1139
Pc5	1680.084	1680.1079
Pc6	1680.116	1680.148
Pc7	1680.293	1680.3472
Pc8	1680.53	1680.7487
Pc9	1680.955	1680.9652
Pc10	1681.072	1681.1079
Pc11	1681.121	1681.1121

Fuente: Calvopiña Jhosimar, 2023

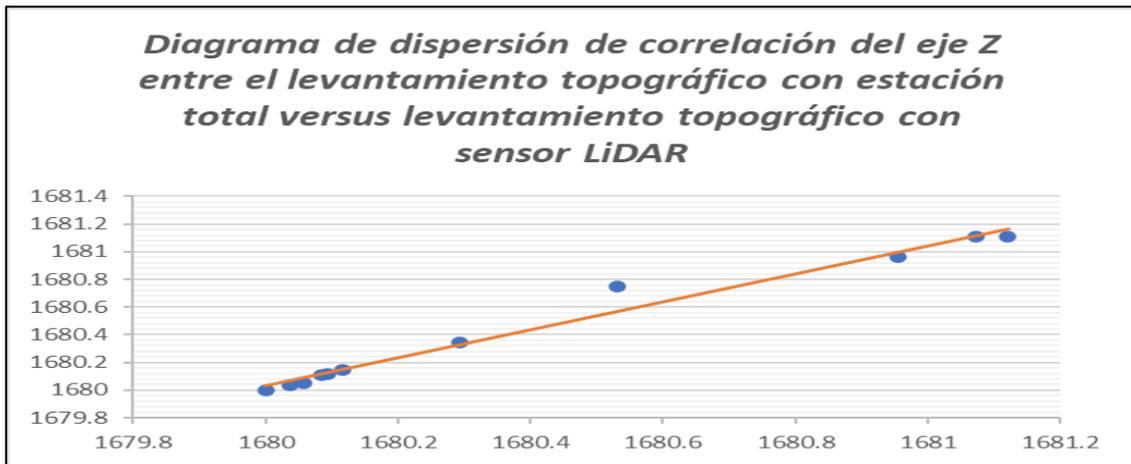


Ilustración 79-5: Diagrama de dispersión del eje Z del levantamiento topográfico con sensor LiDAR.

Fuente: Calvopiña Jhosimar, 2023

5.3 Análisis de rapidez

5.3.1 Análisis de rapidez en la adquisición y procesamiento de datos del levantamiento topográfico con cinta y brújula

Los tiempos que se tomaron para este levantamiento topográfico se basan cuanto se tarda en realizar este método de medición. Se puede apreciar en la tabla 16-5 que este levantamiento topográfico tuvo un tiempo de ejecución de 44.24 horas las cuales fueron ocupadas para elaborar diferentes actividades en la mina, 1 hora para la inspección del terreno, en la planificación del levantamiento se tardó 2 horas, 0.083 para el ajuste de los equipos, la configuración de los equipos se tardó 0.16 horas, la velocidad de adquisición de datos se realizó en 6 horas y el tiempo de procesamiento de datos en 35 horas.

Tabla 16-5: Análisis de rapidez del levantamiento topográfico con cinta y brújula.

Levantamiento topográfico con Cinta y Brújula	
Descripción	Tiempo (horas)
Inspección del terreno	1h
Planificación del levantamiento	2h
Ajuste de los equipos	0.083h
configuración de los equipos	0.16h
Velocidad de adquisición de datos	6h
Tiempo de procesamiento de datos	35h
Total	44.243h

Realizado por: Calvopiña Jhosimar, 2023

5.3.2 *Análisis de rapidez en la adquisición y procesamiento de datos del levantamiento topográfico con Estación Total*

El levantamiento topográfico con estación total tuvo una duración de 75.41 horas como detalla la tabla 17-5, las cuales se ocuparon para realizar la inspección del terreno, esto tuvo un tiempo de 1 hora, la planificación del levantamiento topográfico demoró 2 horas, 0.25 horas se ocuparon con el fin de ajustar los equipos de este método de medición, 0.16 horas para configurar los equipos, la velocidad de adquisición de datos tuvo 24 horas trabajo y el tiempo de procesamiento de datos tomó un tiempo de 48 horas ya que en esta parte se hizo uso del software AutoCAD.

Tabla 17-5: Análisis de rapidez del levantamiento topográfico con estación total.

Levantamiento topográfico con Estación Total	
Descripción	Tiempo (horas)
inspección del terreno	1h
planificación del levantamiento	2h
Ajuste de los equipos	0.25h
configuración de los equipos	0.16h
Velocidad de adquisición de datos	24h
Tiempo de procesamiento de datos	48h
Total	75.41h

Realizado por: Calvopiña Jhosimar, 2023

5.3.3 *Análisis de rapidez en la adquisición y procesamiento de datos del levantamiento topográfico con sensor LiDAR*

El levantamiento topográfico con sensor LiDAR tuvo una duración de 27.33 horas como se detalla en la tabla 18-5, este tiempo fue desglosado para ejecutar diversas actividades como la inspección del terreno la cual tuvo una duración de 1 hora, también se realizó una planificación para el levantamiento topográfico que tomó un tiempo de realización de 2 horas, el ajuste de los equipos no tuvo una duración como tal ya que el sensor LiDAR no tiene que ser ajustado de ninguna forma. Para la configuración del equipo antes de empezar con el levantamiento topográfico tomó una duración de 0.083 horas, la velocidad de adquisición de datos tomó 0.25 horas y por último el procesamiento de datos tuvo una duración de 24 horas.

Tabla 18-5: Análisis de rapidez del levantamiento topográfico con sensor LiDAR.

Levantamiento topográfico con Sensor LiDAR	
Descripción	Tiempo (horas)
Inspección del terreno	1h
Planificación del levantamiento	2h
Ajuste de los equipos	0h
Configuración de los equipos	0.083h
Velocidad de adquisición de datos	0.25h
Tiempo de procesamiento de datos	24h
Total	27.333h

Realizado por: Calvopiña Jhosimar, 2023

5.4 Análisis de costos

5.4.1 Análisis de costos del levantamiento topográfico con Cinta y Brújula

Los costos antes de ser analizados tuvieron que ser organizados en dos tipos de costos, directos e indirectos. Como se detalla en la tabla 19-5.

Tabla 19-5: Análisis de costos directos e indirectos del levantamiento topográfico con cinta y brújula.

Identificación de costos directos e indirectos del levantamiento topográfico con cinta y brújula		
Descripción	Directos	Indirectos
Cinta	X	
Brújula	X	
Jalones	X	
Operador	X	
Ayudantes		X
Clavos de acero		X
Libreta de campo		X
Pluma		X
GPS de mano	X	
EPPs	X	
Software (AutoCAD)		X
Computadora	X	

Realizado por: Calvopiña Jhosimar, 2023

Como se muestra en la tabla 20-5 el total del valor de adquisición de los equipos para este levantamiento topográfico con cinta y brújula es de \$2801.70, se llegó a este resultado evaluando cada precio de la lista de materiales e instrumentos necesarios para la ejecución de este método de medición.

Tabla 20-5: Precios de los materiales e instrumentos del levantamiento topográfico con cinta y brújula.

Análisis de costos del levantamiento topográfico con cinta y brújula				
Descripción	Unidad	Cantidad total	Precio unitario	Total
Cinta	u	1	\$8.50	\$8.50
Brújula	u	1	\$800	\$800
Jalones	u	2	\$15	\$30
Clavos de acero	lb	1	\$3	\$3
Libreta de campo	u	1	\$15	\$15
Pluma	u	1	\$0.20	\$0.20
GPS de mano	u	1	\$700.00	\$700.00
EPPs	kit	3	\$50	\$150
Software (AutoCAD)	u	1	\$245	\$245
Computadora	u	1	\$850	\$850
Total				\$2,801.70

Realizado por: Calvopiña Jhosimar, 2023

El valor de la mano de obra para este levantamiento topográfico con cinta y brújula asciende a los \$150, ya que se ocuparon 3 días de operaciones, este análisis se detalla en la tabla 21-5.

Tabla 21-5: Costos en la mano de obra para la ejecución del levantamiento topográfico con cinta y brújula.

Análisis de costos del levantamiento topográfico con cinta y brújula durante - Mano de obra				
Descripción	Unidad	Cantidad total	Precio unitario	Total
Operador	u	1	\$20	\$60
Ayudantes	u	2	\$15	\$90
Total				\$150.00

Realizado por: Calvopiña Jhosimar, 2023

El costo del levantamiento topográfico con cinta y brújula por día de labor está estimado en el avance diario que tuvo, este valor es 21.6 metros. Para calcular cuánto cuesta aplicar este método

de medición en la mina artesanal La Zamorana es necesario dividir el total de la mano de obra para los 21.6 metros de avance que se realizó, como resultado se tiene que el costo de levantamiento de \$2.31/metro. Como se detalla en la tabla 22-5.

Tabla 22-5: Cálculo de costo por metro de labor del levantamiento topográfico con cinta y brújula.

Análisis de costos del levantamiento topográfico con cinta y brújula por metro de labor diaria	
Descripción	Costo
Costo total de la mano de obra	\$50.00
Distancia del levantamiento por día	21.6m
Costo de levantamiento por metro	\$2.31/metro

Realizado por: Calvopiña Jhosimar, 2023

5.4.2 Análisis de costos del levantamiento topográfico con Estación Total

Los costos antes de ser analizados tuvieron que ser organizados en dos tipos de costos, directos e indirectos. Como se detalla en la tabla 23-5.

Tabla 23-5: Análisis de costos directos e indirectos del levantamiento topográfico con estación total.

Identificación de costos directos e indirectos del levantamiento topográfico con Estación Total		
Descripción	Directos	Indirectos
Estación Total	X	
Brújula	X	
Bastón de prisma	X	
Prisma	X	
Trípode		X
Clavos de acero		X
Libreta de campo		X
Sprite de pintura	X	
EPPs	X	
Software (AutoCAD)		X
Computadora	X	
Mantenimiento y calibración		X
Flexómetro		X

Realizado por: Calvopiña Jhosimar, 2023

El costo total de adquisición de los equipos para el levantamiento topográfico con Estación total es de \$11390.50, se llegó a este valor describiendo cada precio de la lista de materiales e instrumentos necesarios para este levantamiento topográfico, cada equipo adquirido en la ejecución de este método de medición se encuentra desglosado en la tabla 24-5.

Tabla 24-5: Precios de los materiales e instrumentos del levantamiento topográfico con estación total.

Análisis de costos del levantamiento topográfico con estación total				
Descripción	Unidad	Cantidad total	Precio unitario	Total
Estación Total	U	1	\$8,000.00	\$8,000.00
Brújula	U	1	\$800	\$800
Bastón de prisma	U	1	\$250	\$250
Prisma	Lb	1	\$110	\$110
Trípode	U	1	\$150	\$150
Clavos de acero	U	1	\$3	\$3
Libreta de campo	U	1	\$15.00	\$15.00
Sprite de pintura	Kit	1	\$3	\$3
EPPs	U	2	\$50.00	\$100
Flexómetro	U	1	\$5.00	\$5.00
GPS de mano	U	1	\$700.00	\$700.00
Software (AutoCAD)	U	1	\$245	\$245
Computadora	U	1	\$850	\$850
Mantenimiento y calibración	u	1	\$160	\$160
Total				\$11,390.50

Realizado por: Calvopiña Jhosimar, 2023

El valor de la mano de obra para este levantamiento topográfico con estación total asciende a los \$105, ya que se ocuparon 3 días de operaciones para la ejecución este método de medición. Como se puede apreciar en la tabla 25-5.

Tabla 25-5: Costos en la mano de obra para la ejecución del levantamiento topográfico con estación total.

Análisis de costos del levantamiento topográfico con estación total durante - Mano de obra				
Descripción	Unidad	Cantidad total	Precio unitario	Total
Operador	u	1	\$20	\$60
Ayudantes	u	1	\$15	\$45
Total				\$105.00

Realizado por: Calvopiña Jhosimar, 2023

El costo del levantamiento topográfico con estación total por día de labor está estimado en que cada jornada se midieron 21.6 metros, esto está dividido por el valor de la mano de obra diaria del operador y el ayudante, como resultado el costo de levantamiento de \$1.62/metro. Como se detalla en la tabla 26-5.

Tabla 26-5: Cálculo de costo por metro de labor del levantamiento topográfico con estación total.

Análisis de costos del levantamiento topográfico con estación total por metro de labor diaria	
Descripción	Costo
Costo total de la mano de obra	\$35.00
Distancia del levantamiento por día	21.6m
Costo de levantamiento por metro	\$1.62/metro

Realizado por: Calvopiña Jhosimar, 2023

5.4.3 *Análisis de costos del levantamiento topográfico con sensor LiDAR*

Los costos antes de ser analizados tuvieron que ser organizados en dos tipos de costos, directos e indirectos. Como se detalla en la tabla 27-5.

Tabla 27-5: Análisis de costos directos e indirectos del levantamiento topográfico con sensor LiDAR.

Identificación de costos directos e indirectos del levantamiento topográfico con sensor LiDAR		
Descripción	Directos	Indirectos
LiDAR (Dispositivo móvil)	X	
Lampara de luz	X	
Clavos de acero	X	
Sprite de pintura	X	
EPPs		X
GPS de mano		X
Computador	X	

Realizado por: Calvopiña Jhosimar, 2023

El total del valor de adquisición de los equipos del levantamiento topográfico con sensor LiDAR es de \$2556, se llegó a este valor describiendo cada precio de la lista de materiales, instrumentos y equipos necesarios. En la tabla 28-5 se detalla los costos del levantamiento topográfico.

Tabla 28-5: Precios de los materiales e instrumentos del levantamiento topográfico con sensor LiDAR.

Análisis de costos del levantamiento topográfico con sensor LiDAR				
Descripción	Unidad	Cantidad total	Precio unitario	Total
LiDAR (Dispositivo móvil)	u	1	\$800.00	\$800.00
Lampara de luz	u	1	\$150	\$150
Clavos de acero	lb	1	\$3	\$3
Sprite de pintura	u	1	\$3	\$3
EPPs	kit	1	\$50	\$50
GPS de mano	u	1	\$700.00	\$700.00
Computadora	u	1	\$850	\$850
Total				\$2,556

Realizado por: Calvopiña Jhosimar, 2023

El valor de la mano de obra para este levantamiento topográfico con sensor LiDAR es de \$35, ya que se ocupó tan solo una persona para la mano de obra y tan solo un día de operación.

Tabla 29-5: Costos en la mano de obra para la ejecución del levantamiento topográfico con sensor LiDAR.

Análisis de costos del levantamiento topográfico con sensor LiDAR durante - Mano de obra				
Descripción	Unidad	Cantidad total	Precio unitario	Total
Operador	u	1	\$20	\$20
Ayudante	u	1	\$15	\$15
Total				\$35.00

Realizado por: Calvopiña Jhosimar, 2023

El costo del levantamiento topográfico con sensor LiDAR por día de labor está estimada por los 70 metros levantados en la jornada, se divide por el valor de la mano de obra diaria del operador. Se tiene un costo de levantamiento de \$0.53/metro. Como se detalla en la tabla 30-5.

Tabla 30-5: Análisis de costos directos e indirectos del levantamiento topográfico con cinta y brújula.

Análisis de costos del levantamiento topográfico con sensor LiDAR por metro de labor diaria	
Descripción	Costo
Costo total de la mano de obra	\$35.00
Distancia del levantamiento por día	65m
Costo de levantamiento por metro	\$0.53/metro

Realizado por: Calvopiña Jhosimar, 2023

CONCLUSIONES

Analizando los resultados obtenidos se puede concluir que cada uno de los parámetros estudiados como análisis de precisión, costos y rapidez de cada método de levantamiento topográfico aplicado arrojaron resultados satisfactorios que permitieron establecer el método de mapeo más idóneo para las características de la mina artesanal La Zamorana.

El levantamiento topográfico con sensor LiDAR es el más rápido en ejecución y adquisición de datos, este método de mapeo se lo realizó en un periodo de 27 horas con 23 minutos con respecto a los otros métodos de medición, que en promedio demoraron 59.82 horas en ejecutar y procesar la información recolectada en el área de estudio.

La precisión que existe entre los levantamientos topográficos con cinta y brújula respecto a el levantamiento topográfico con estación total no es exacta. Al haber aplicado la ecuación de la distancia euclidiana se demuestra que los puntos de control 8, 10 y 11 se tiene una separación de 1 hasta 8 metros. Mediante la ecuación de error absoluto en las coordenadas ESTE y en las coordenadas NORTE se demostró que el eje X posee un desplazamiento significativo 1 de 1 hasta de 2 metros en los puntos de control 7, 8, 10 y 11, mientras que en el eje Y tiene una separación mayor a 8 metros en el punto de control 8. Al ejecutar el procedimiento para obtener el coeficiente de correlación en el eje X y en el eje Y se pudo demostrar que las coordenadas ESTE se encuentran mejor distribuidas según el resultado obtenido de 0.996104335, siendo el valor que más se acerca a 1 entre estos 2 ejes cartesianos.

Al comparar los resultados de la distancia euclidiana entre los levantamientos topográficos con sensor LiDAR respecto al levantamiento topográfico con estación total se llega la conclusión que este método de mapeo es mucho más eficiente que el método de medición con cinta y brújula, dado que en los puntos de control 6 y 11 existe una separación de 1 hasta 3 metros. Sin embargo, los resultados al ejecutar el proceso para obtener el error absoluto en los ejes X, Y, Z; demostró que en el punto de control 6 se obtuvo una separación de 1.5 metros en la coordenada ESTE y un poco más de 3 metros en la coordenada NORTE, mientras que la coordenada Z no presentó una diferencia significativa en cada uno de los puntos. Mediante el análisis del coeficiente de correlación del eje X, del eje Y y del eje Z se concluye que las coordenadas ESTE se encuentran mejor distribuidas respecto a las coordenadas analizadas con el método de mapeo de estación total, este valor es de 0.998654126 y es el que más se acerca a 1 entre estos 3 ejes cartesianos.

En los planos de secciones transversales del levantamiento topográfico con estación total presentado en el anexo G y el plano de secciones transversales obtenido del método de mapeo con el sensor LiDAR presentado en el anexo I se puede notar la diferencia en resolución espacial uno con respecto al otro. Con el uso de estación total la forma de la galería de acceso principal no se encuentra con una gran captura de detalles, sin embargo, el sensor LiDAR refleja una composición más realista.

Al analizar los costos para cada levantamiento topográfico aplicado en las galerías de la mina artesanal La Zamorana se pudo constatar que el método de medición más económico es la topografía con sensor LiDAR, este obtuvo un costo de \$0.29 dólares americanos por metro de labor, a comparación del método de mapeo con estación total que obtuvo un valor de \$1.5 dólares americanos y el levantamiento topográfico con cinta y brújula adquirió un incremento económico de \$2.15 dólares americanos por metros de labor. Se debe considerar que para el cálculo de costo se tomó como referencia la longitud de 70 metros de levantamiento de la galería de acceso principal.

Una vez analizados los parámetros antes mencionados, se concluye que el mejor método de mapeo topográfico subterráneo es con el sensor LiDAR debido a que este guarda una buena precisión, orientación al momento de ejecutar el levantamiento topográfico, posee una buena velocidad de adquisición de datos y los equipos necesarios para su ejecución son asequible para una mina de pequeña escala como es el caso de la empresa “SOCIEDAD DE HECHO MINERO LA ZAMORANA”.

RECOMENDACIONES

Leer el manual de usuario de cada equipo utilizado para los levantamientos topográficos propuestos con el fin de que no exista contratiempos al momento de ejecutar los métodos de mapeos.

Se recomienda a la mina artesanal La Zamorana a ocupar el levantamiento topográfico con sensor LiDAR para las labores de medición de sus galerías y frentes de avances dado que este método de mapeo guarda una buena precisión, su ejecución es rápida y el costo de estos equipos son significativamente económicos, con el fin de llevar un control actualizado de los frentes de avances.

Gestionar iluminación para las labores subterráneas de la mina La Zamorana con el fin de garantizar la seguridad e integridad de los operadores y de los equipos utilizados para los levantamientos topográficos.

Asegurar el cuidado de los equipos de medición utilizados en los diferentes levantamientos topográficos de los riesgos que pueden existir en la mina como filtraciones de agua y las irregularidades de altitud presentes en las galerías de trabajo.

Por consiguiente y como último punto, se recomienda a la empresa Sociedad de Hecho Minero La Zamorana a optimizar sus tareas de perforación y voladura puesto que las galerías de la mina presentan irregularidades, dificultando las tareas en la obtención de datos topográfico

BIBLIOGRAFÍA

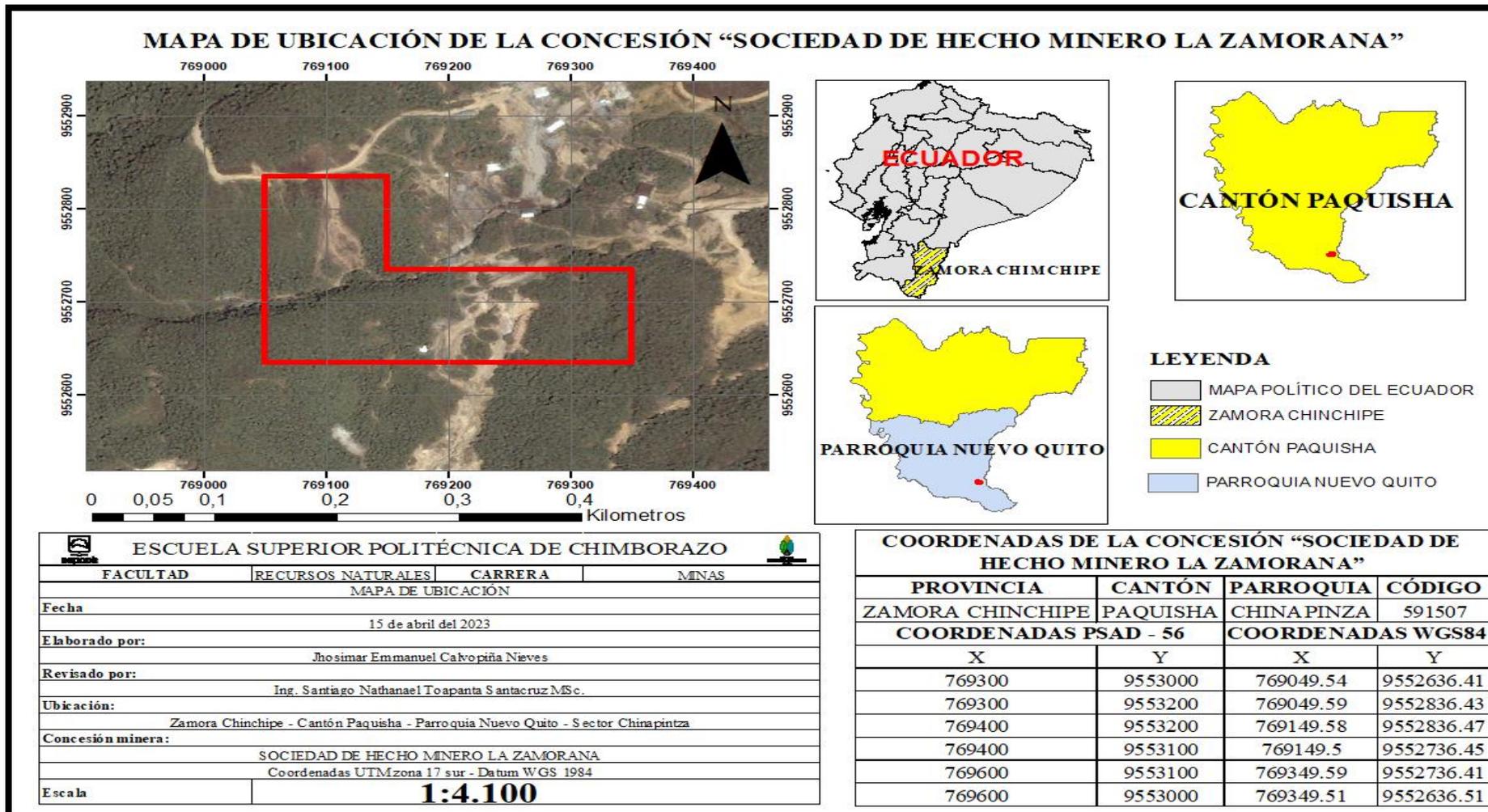
1. **AUTODESK, 2010**, Manual del usuario WindowBlinds: DirectSkin™ OCX © Stardock® AnswerWorks 4.0 [consultado 10 julio 2023].
2. **BOURBAKI, N.**, 1987. Topological Vector Spaces [consultado 10 julio 2023].
3. **BRENNER, K., W HÄNSCH, M.T., KAMIYA, G.T., KRAUSZ, T.F., MONEMAR, G.B., VENGHAUS, L.H., WEBER, B.H. and WEINFURTER, B.H.**, 2004. Springer Series in OPTICAL SCIENCES [consultado 11 julio 2023].
4. **CALERO, J., MARGARITA MAGAÑA MONGE, N. and OSWALDO SORIANO MELGAR, A.**, 2019. *ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS CON ESTACIÓN TOTAL COMO MÉTODO DIRECTO Y EL USO DE DRONES Y GPS COMO MÉTODOS INDIRECTOS* [consultado 12 julio 2023].
5. **CALLE, D.**, 2014. *Caracterización geológica y mineralógica de la zona minera La Herradura, área minera de Chinapintza, provincia de Zamora Chinchipe-Ecuador. S.l.: Universidad Técnica Particular de Loja* [consultado 13 julio 2023].
6. **CLOUDCOMPARE**, 2022. *CloudCompare* [consultado 13 julio 2023].
7. **CRUZ MELÉNDEZ, E.**, 2008. *Estación total aplicada al levantamiento topográfico de una comunidad rural* [consultado 14 julio 2023].
8. **DONG, P. and CHEN, Q.**, 2017. *LiDAR Remote Sensing and Applications* [consultado 15 julio 2023].
9. **Estación total C5 Series SOFTWARE Guía del usuario TRANSFORMING THE WAY THE WORLD WORKS.** [en línea], 2005. *Disponible en: <http://www.nikon->* [consultado 16 julio 2023].
10. **ESTRUCH SERRA, Miguel. and TAPIA GÓMEZ, Ana.**, 2003. *Topografía subterránea para minería y obras* [consultado 17 julio 2023].
11. **FUENTES, J.**, 2012. *Topografía* [consultado 18 julio 2023].

12. **GALARRAGA KEVIN, GONZALES ANTONY, JARA JULIAN, JULCA DALIA, LOPEZ NEISER and ROCHA ALEXANDER**, 2015. *LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO CON ESTACION TOTAL* [consultado 19 julio 2023].
13. **GIRARDEAU-MONTAUT, D.**, 2015. *CloudCompare version 2.6.1*. [consultado 20 julio 2023].
14. **GÓMEZ, G., GONZALO, G. and CLEVES, J.**, 2008. *Topografía Analítica Sexta Edición* [consultado 25 julio 2023].
15. **GONZÁLES, A., FALCÓN, L., DE LA CRUZ, M. and RAMÍREZ, C.**, 2013. *Topografía subterránea* [consultado 25 julio 2023].
16. **iPad Pro - Especificaciones - Apple**. [en línea] *Disponible en:* <https://www.apple.com/la/ipad-pro/specs/> [consultado 28 julio 2023].
17. **JIMENEZ, wilson and PRADO, jose**, 2017. *ANÁLISIS TÉCNICO COMPARATIVO ENTRE LOS MÉTODOS TOPOGRÁFICOS TRADICIONALES Y EL MÉTODO DE AEROFOTOGRAMETRÍA CON VEHÍCULO AÉREO NO TRIPULADO PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL MENCIÓN ESTRUCTURAS* [consultado 30 julio 2023].
18. **KAVANAGH, B.F. and MASTIN, T.B.**, 2013. *Surveying : principles and applications* [consultado 10 julio 2023].
19. **LEOPOLDO, M.I. and VALENCIA, H.**, 2012. *MANUAL DE OPERACIÓN DE LA ESTACIÓN TOTAL* [consultado 4 agosto 2023].
20. **M^a, B. and FORTUNY, Z.**, 2008. *Manual de Usuario Brunton* [consultado 7 agosto 2023].
21. **MADRE, S. and DE ZACATECAS, N.E.**, 2012. *UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA ESTUDIO GEOLÓGICO-ESTRUCTURAL DEL ANTICLINAL LA CAJA (ÁREA BONANZA-PROVIDENCIA)* [consultado 8 agosto 2023].
22. **MCCORMAC, J.**, 2007. *Topografía Jack McCormac. Topografía* [consultado 9 agosto 2023].

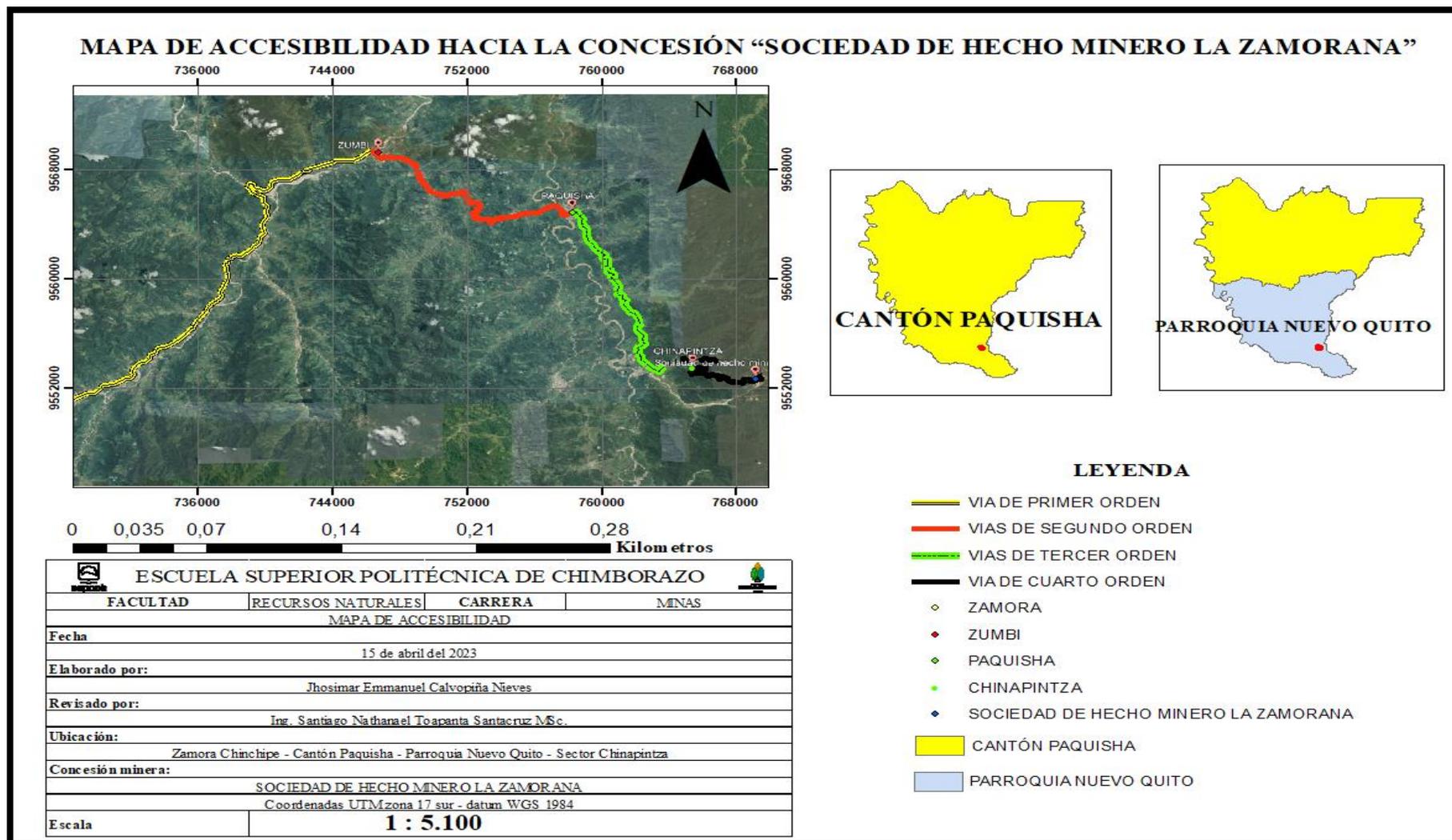
23. **MUSEROS, L., ESCRIG, M.T., NOGUERA, J.F., FUENTES, I. and MALLOL, G.,** 2008. *RECONOCIMIENTO DE FORMAS MEDIANTE EL EMPLEO DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL* [consultado 11 agosto 2023].
24. **NOAA Mobile Magnetic Declination Calculator.** [en línea], *Disponible en:* <https://www.ngdc.noaa.gov/geomag/calculators/mobileDeclination.shtml> [consultado 12 agosto 2023].
25. **PAQUISHA, G.A.D.M.,** 2014. *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Paquisha. Paquisha* [consultado 13 agosto 2023].
26. **PRIETO, D.,** 2010. *Levantamiento topografico "cinta y brujula."* Universidad distrital francisco jose caldas [consultado 15 agosto 2023].
27. **TIPPENS, P.,** 2004. *Física Conceptos y Aplicaciones* [consultado 16 agosto 2023].
28. **TRIMBLE INC., 2009.** *Trimble AccessTM Topografía general.* [en línea]. S.l.: *Disponible en:* www.trimble.com [consultado 16 agosto 2023].
29. **VALENCIA HERNÁNDEZ, L.,** 2011. *Manual De Operación De La Estación Total. Abreco.Com.Mx* [consultado 17 agosto 2023].
30. **ZACATENCO, U. and MELÉNDEZ EDUARDO, C.,** 2008. *Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura* [consultado 18 agosto 2023].

ANEXOS

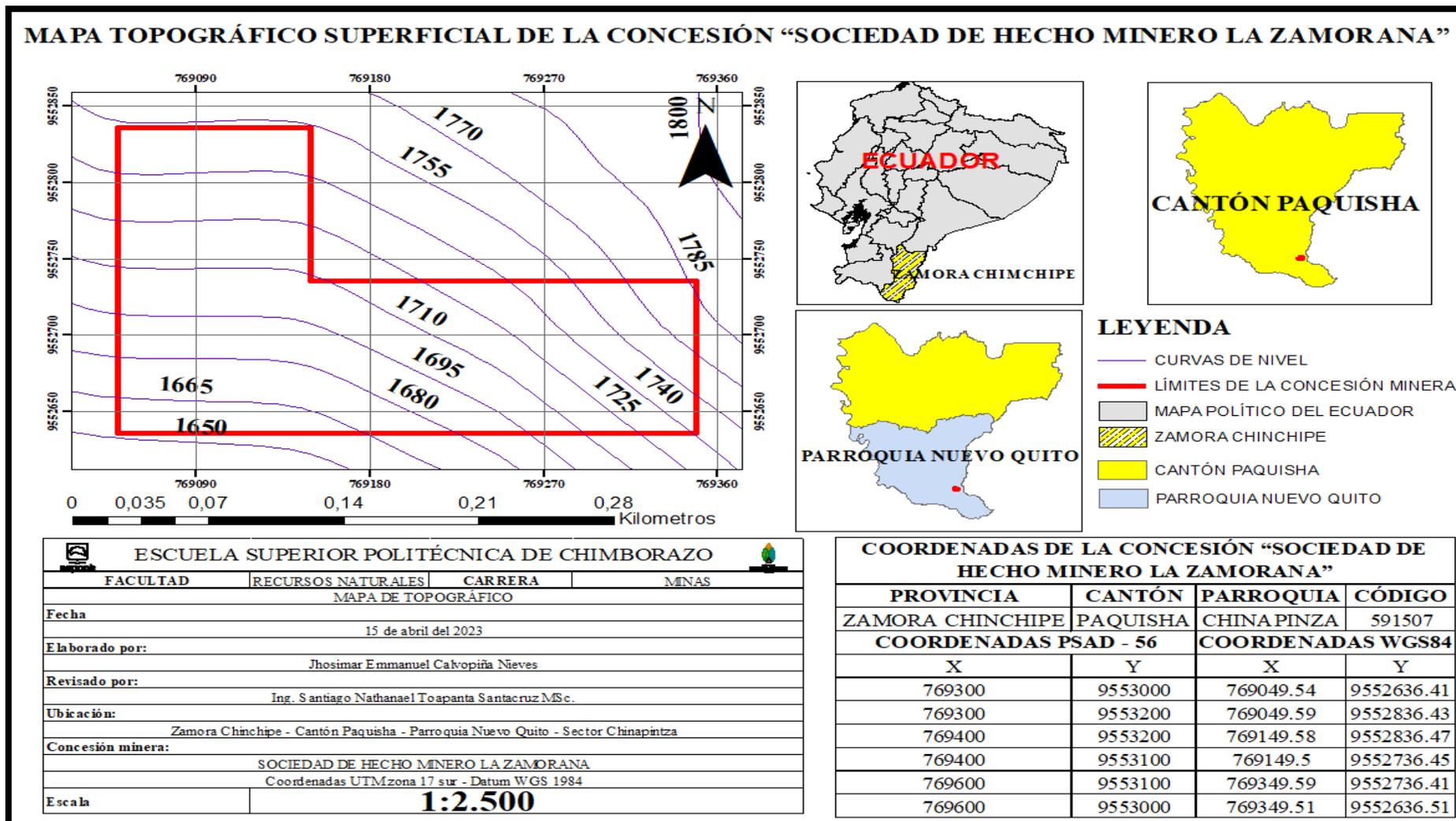
ANEXO A: MAPA DE UBICACIÓN DE LA CONCESIÓN “SOCIEDAD DE HECHO MINERO LA ZAMORANA”



ANEXO B: MAPA DE ACCESIBILIDAD HACIA LA CONCESIÓN “SOCIEDAD DE HECHO MINERO LA ZAMORANA”



ANEXO C: MAPA TOPOGRÁFICO DE LA CONCESIÓN “SOCIEDAD DE HECHO MINERO LA AMORANA”



ANEXO E: CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DE LA ESTACIÓN TOTAL



No. 0019-2023

Fecha: 04/03/2023

SERVICIO TÉCNICO CALIBRACIÓN

EQUIPO ESTACION TOTAL TRIMBLE MODELO C5 SERIE E091567

INGRESO	REPARACION	MANTENIMIENTO	CALIBRACION	FIRMNARE			
			<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
NIVEL CIRCULAR		CORREGIDO	REPLAZADO	NO FUE NECESARIO			
NIVEL TUBULAR		CORREGIDO	REPLAZADO	NO FUE NECESARIO			
PLOMADA ÓPTICA		CORREGIDO	REPLAZADO	NO FUE NECESARIO			
PLOMADA LASER		CORREGIDO	REPLAZADO	NO FUE NECESARIO			
INCLINACIÓN DEL RETÍCULO		CORREGIDO	REPLAZADO	NO FUE NECESARIO			
MIRA DE PUNTERÍA		CORREGIDO	REPLAZADO	NO FUE NECESARIO			
		VISTA DIRECTA	0° 00' 00"	AJUSTE MANUAL	TOLERANCIA	1"	
COLIMACION DEL EJE HORIZONTAL		VISTA INVERSA	180° 00' 01"	AJUSTE ELECTRONICO	<input checked="" type="checkbox"/>	TOLERANCIA	
		RESULTADO	180° 00' 01"				
		VISTA DIRECTA	89° 49' 15"	AJUSTE MANUAL		TOLERANCIA	
COLIMACION DEL EJE VERTICAL		VISTA INVERSA	270° 10' 43"	AJUSTE ELECTRONICO	<input checked="" type="checkbox"/>	TOLERANCIA	2"
		RESULTADO	359° 59' 58"				
COMPENSADOR VERTICAL		CORREGIDO	REPLAZADO	NO FUE NECESARIO	<input checked="" type="checkbox"/>		
LIMPIEZA EXTERNA		ESTRUCTURA	<input checked="" type="checkbox"/>	LENTE OBJETIVO	<input checked="" type="checkbox"/>	OCULAR	<input checked="" type="checkbox"/>
LIMPIEZA INTERNA		DISCO HORIZONT	<input checked="" type="checkbox"/>				
		MAINBOARD	<input checked="" type="checkbox"/>				
TORNILLO TANGENCIAL HORIZONTAL		CORREGIDO	REPLAZADO	NO FUE NECESARIO	<input checked="" type="checkbox"/>		
TORNILLO TANGENCIAL VERTICAL		CORREGIDO	REPLAZADO	NO FUE NECESARIO	<input checked="" type="checkbox"/>		
PUERTO SD			REPLAZADO	NO FUE NECESARIO	<input checked="" type="checkbox"/>		

NOMBRE TÉCNICO RESPONSABLE: ROBERTO C. ANRANGO

FIRMA:

GEO TOP - GEOLAB CUENCA
 Ordofiez Lasso Y Cesar Andrade y Cordero esquina
 072830708 0996755958 0984141536
 anrango@geotopecuador.com geotopcuencia@gmail.com





ESPOCH

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

LEVANTAMIENTO PLANIMÉTRICO DE LA MINA LA ZAMORANA

AUTOR:
JHOSIMAR EMMANUEL CALVOPIÑA NIEVES

REVISOR:
ING. SANTIAGO NATHANAEL TOAPANTA SANTACRUZ Msc.

PUNTOS DE CONTROL OBTENIDOS CON EL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO CON CINTA Y BRÚJULA

Nombre de Punto	Coordenada X	Coordenada Y
Pc1	769285	9552680
Pc2	769283.8161	9552682.153
Pc3	769283.3035	9552683.265
Pc4	769282.9347	9552684.864
Pc5	769282.8549	9552686.235
Pc6	769283.292	9552687.64
Pc7	769284.8224	9552690.737
Pc8	769289.7385	9552709.169
Pc9	769295.1648	9552719.483
Pc10	769300.7705	9552717.47
Pc11	769312.8242	9552716.037

UBICACIÓN

COORDENADAS DE LA CONCESIÓN "SOCIEDAD DE HECHO MINERO LA ZAMORANA"

COORDENADAS PSAD - 56		COORDENADAS WGS84	
X	Y	X	Y
769300	9553000	769049.54	9552636.41
769300	9553200	769049.59	9552836.43
769400	9553200	769149.58	9552836.47
769400	9553100	769149.5	9552736.45
769600	9553100	769349.59	9552736.41
769600	9553000	769349.51	9552636.51

PROVINCIA: ZAMORA CHINCHIPE

CANTÓN: PAQUISHA

PARROQUIA: NUEVO QUITO

SECTOR: CHINAPINTZA

CONCESIÓN:
SOCIEDAD DE HECHO MINERO
LA ZAMORANA

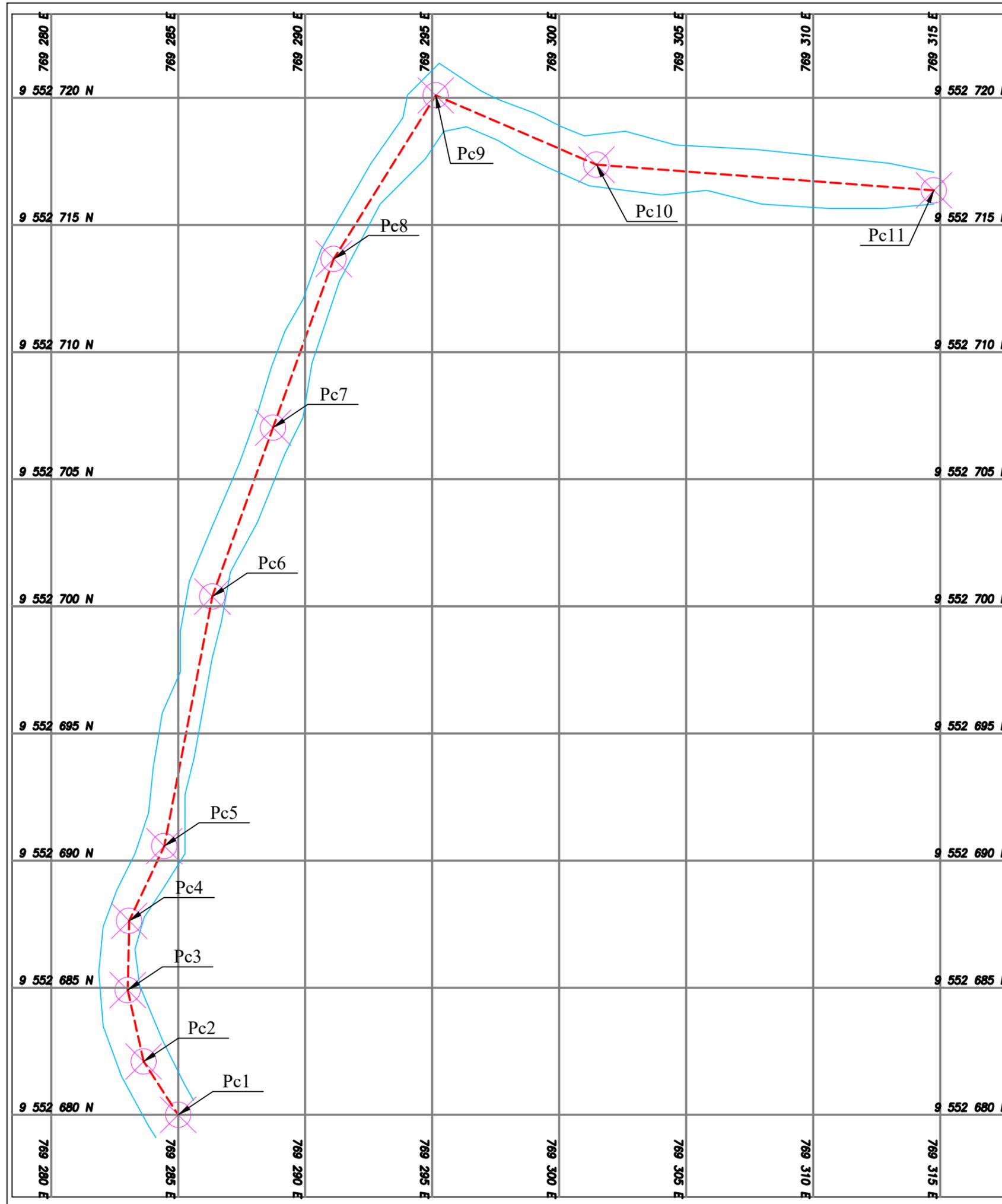


INFORMACIÓN DEL PLANO

TAMAÑO DEL PLANO: A3
 INSTRUMENTO: BRÚJULA BRUTON Y CINTA MÉTRICA
 FECHA: 31 DE JULIO DEL 2023
 ESCALA: 1:165
 DATUM: WGS-84 ZONA: 17S
 TIPO DE COORDENADAS: UTM

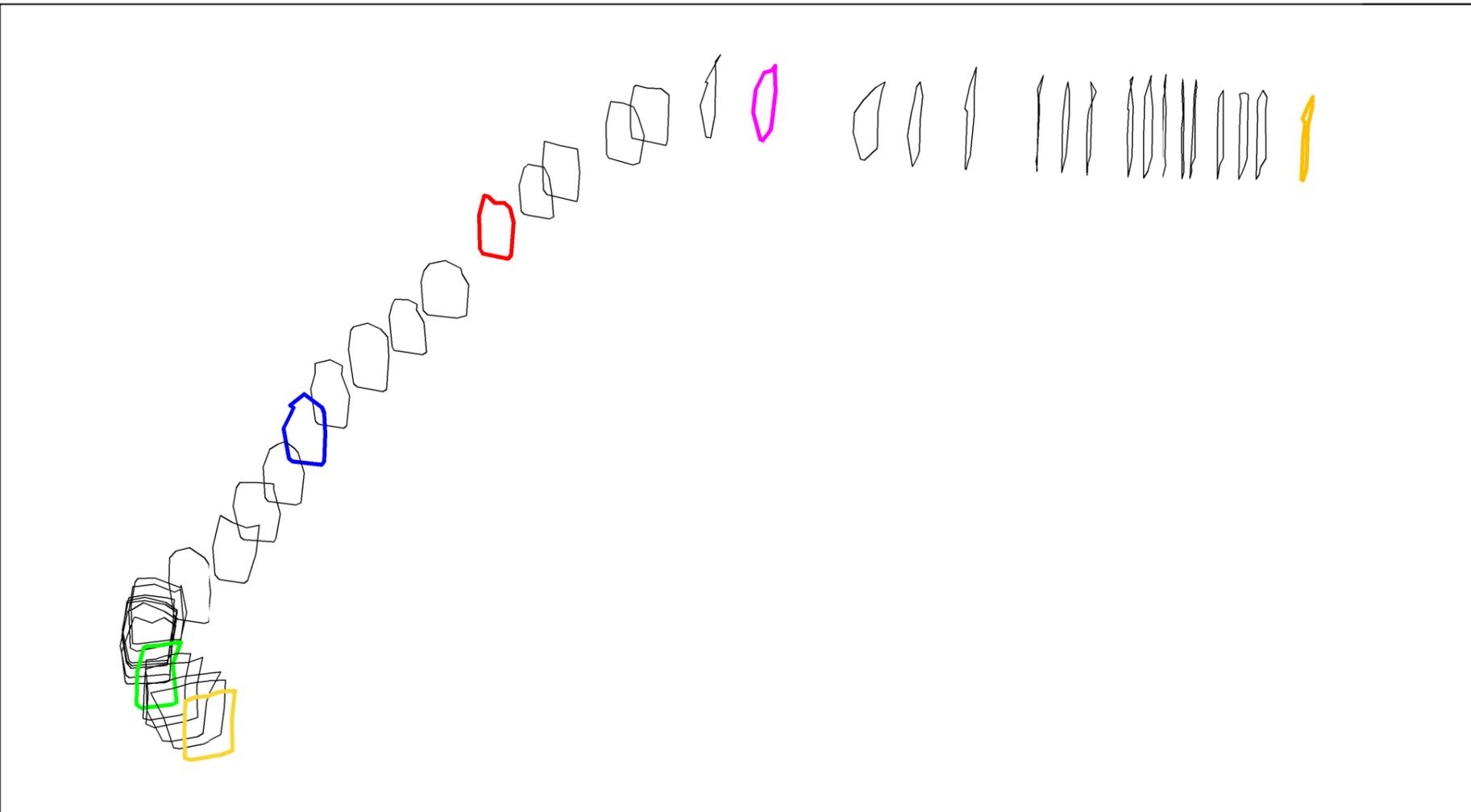
SIMBOLOGÍA

PAREDES 
 SECCIÓN DE CONTROL 
 PUNTOS DE CONTROL 





SECCIONES TRANSVERSALES DE LA MINA ARTESANAL LA ZAMORANA OBTENIDAS POR MEDIO DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO CON ESTACIÓN TOTAL, GALERÍA PRINCIPAL.

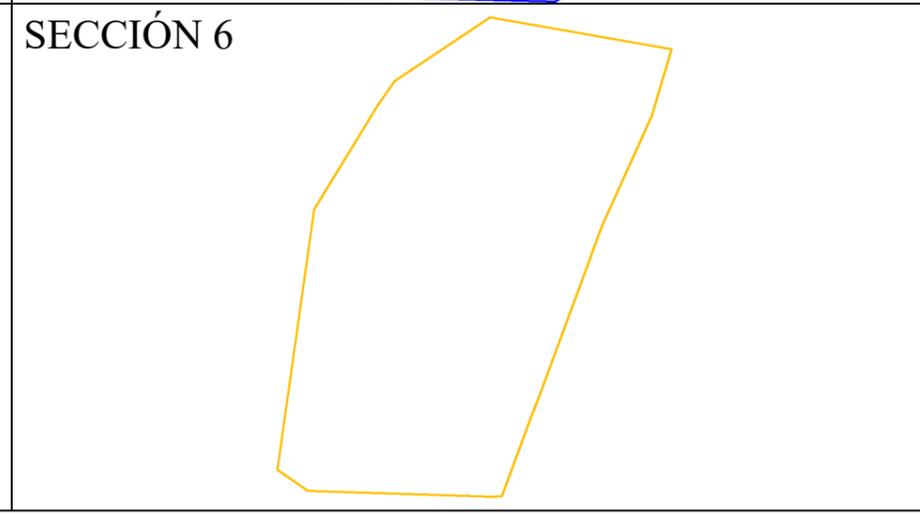
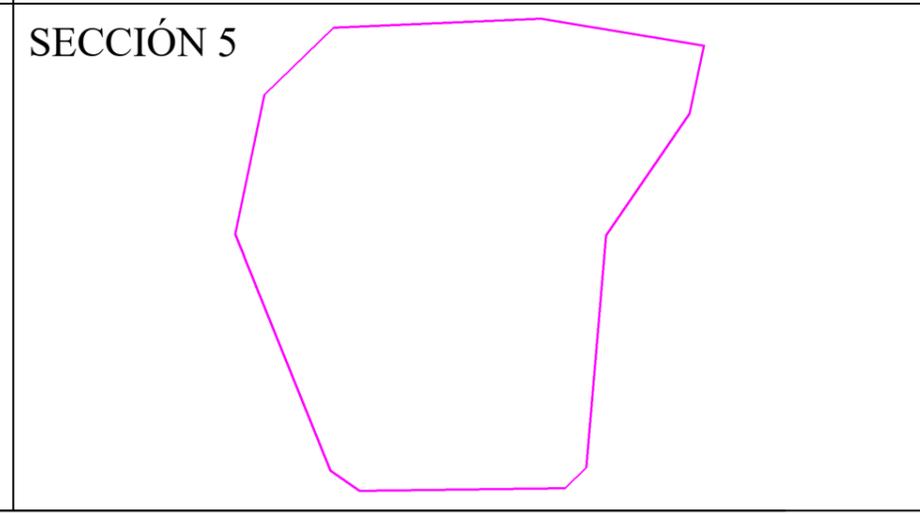
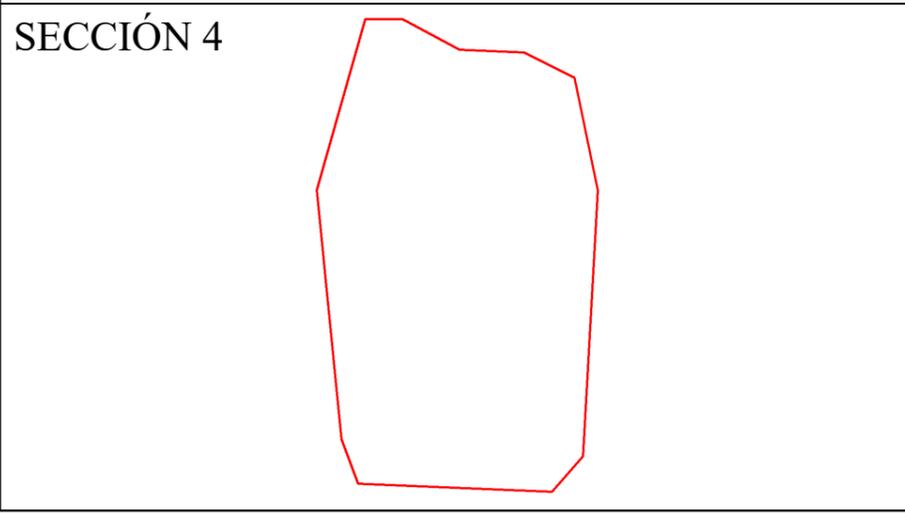
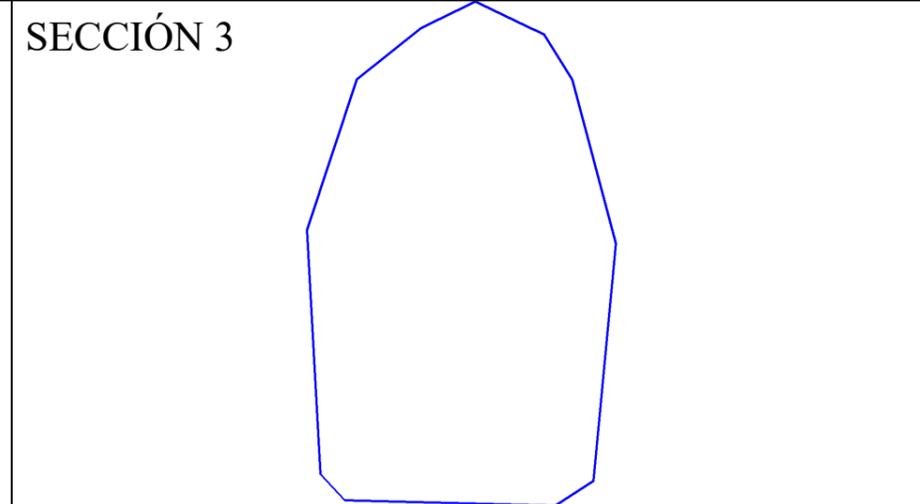
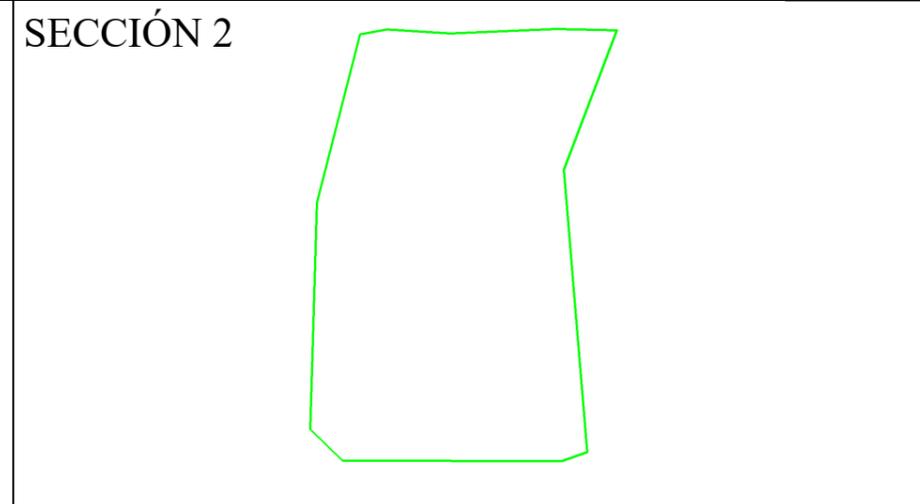
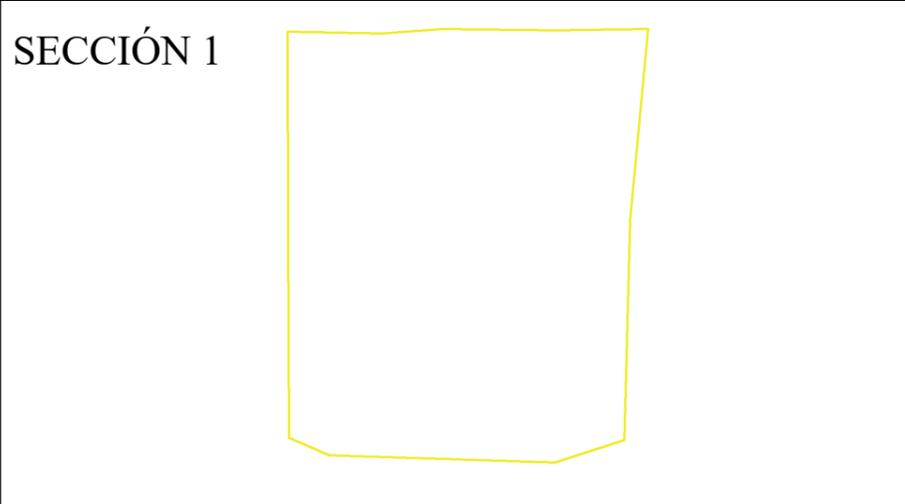


INFORMACIÓN DEL PLANO

SECCIÓN 1: ALTO: 1.85 m ANCHO: 1.48m ÁREA: 2.5m ²	SECCIÓN 2: ALTO: 1.87m ANCHO: 1.02m f TGC<406o
SECCIÓN 3: ALTO: 1.9m ANCHO: 1.16m f TGC<1.82o	SECCIÓN 4: ALTO: 1.61m ANCHO: 1.17m f TGC<1.66o
SECCIÓN 5: ALTO: 1.88m ANCHO: 1.48m f TGC<409o	SECCIÓN 6: ALTO: 2.009m ANCHO: 1.19m f TGC<2.39o

ESCALA: 1 : 200

ESCALA DE CADA SECCIÓN: 1 : 30



ANEXO H: LEVANTAMIENTO PLANIMÉTRICO USANDO EL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO CON ESTACION TOTAL



LEVANTAMIENTO PLANIMÉTRICO DE LA MINA LA ZAMORANA

AUTOR:
JHOSIMAR EMMANUEL CALVOPIÑA NIEVES

REVISOR:
ING. SANTIAGO NATHANAEL TOAPANTA SANTACRUZ Msc.

Puntos de control obtenidos con el levantamiento topografico con estacion total			
Nombre de Punto	Coordenada X	Coordenada Y	Elevacion
Pc1	769285	9552680	1680
Pc2	769283.996	9552682.187	1680.038
Pc3	769283.586	9552683.384	1680.058
Pc4	769283.373	9552684.995	1680.093
Pc5	769284.461	9552686.404	1680.084
Pc6	769284.044	9552687.718	1680.116
Pc7	769285.857	9552690.66	1680.293
Pc8	769287.625	9552700.475	1680.53
Pc9	769296.093	9552719.558	1680.955
Pc10	769301.823	9552717.461	1681.072
Pc11	769313.845	9552716.522	1681.121

UBICACIÓN

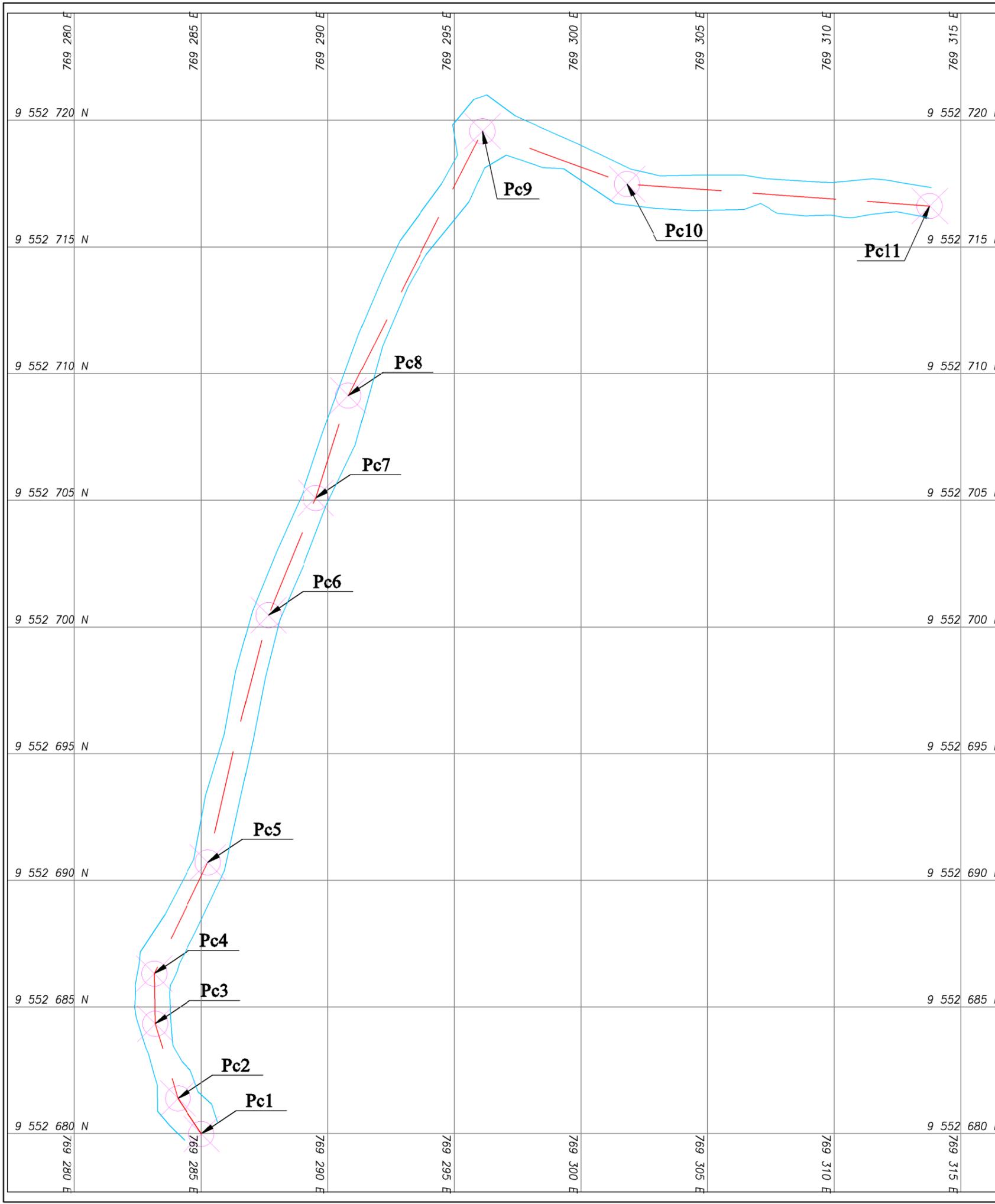
COORDENADAS DE LA CONCESIÓN "SOCIEDAD DE HECHO MINERO LA ZAMORANA"			
COORDENADAS PSAD - 56		COORDENADAS WGS84	
X	Y	X	Y
769300	9553000	769049.54	9552636.41
769300	9553200	769049.59	9552836.43
769400	9553200	769149.58	9552836.47
769400	9553100	769149.5	9552736.45
769600	9553100	769349.59	9552736.41
769600	9553000	769349.51	9552636.51

PROVINCIA: ZAMORA CHINCHIPE
CANTÓN: PAQUISHA
PARROQUIA: NUEVO QUITO
SECTOR: CHINAPINTZA
CONCESIÓN:
SOCIEDAD DE HECHO MINERO
LA ZAMORANA



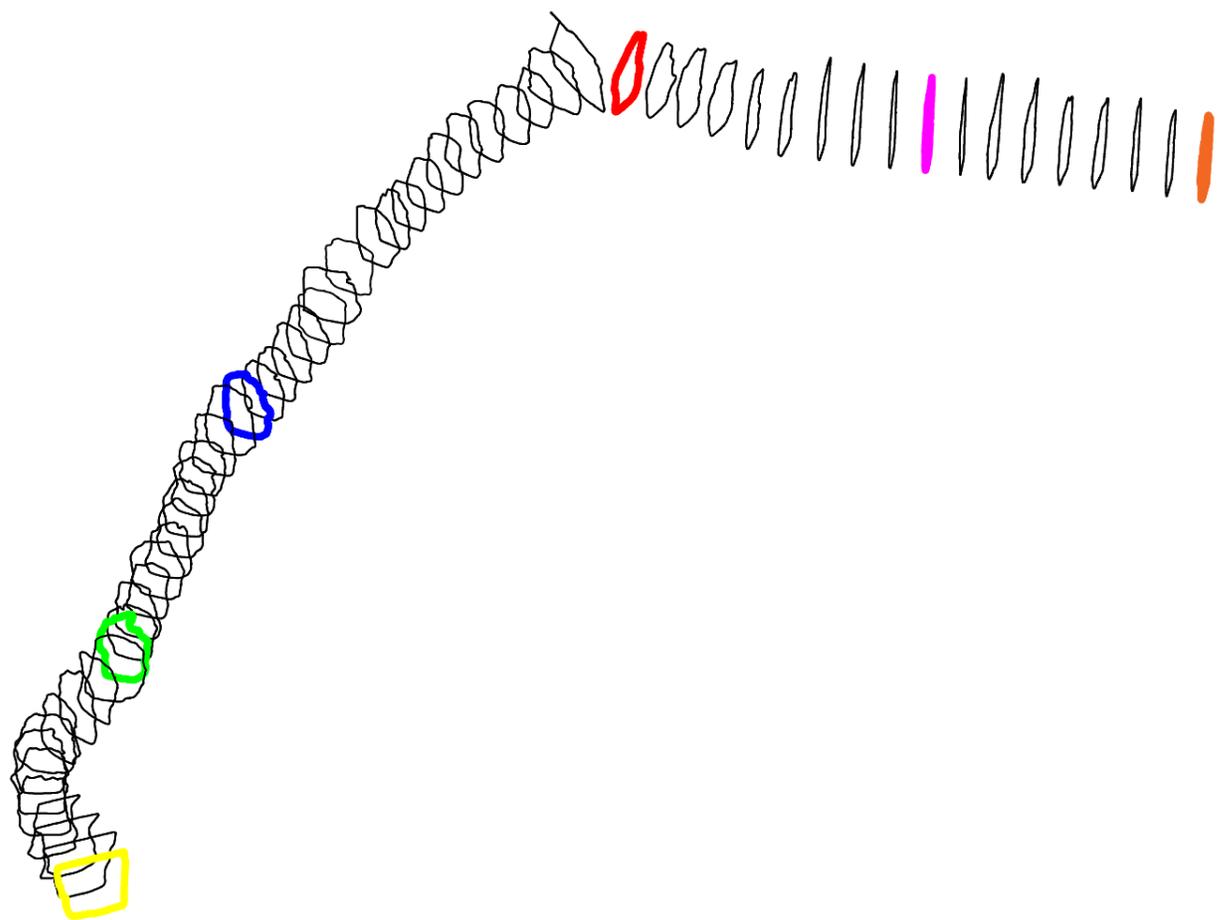
INFORMACIÓN DEL PLANO
TAMAÑO DEL PLANO: A3
INSTRUMENTO: **ESTACION TOTAL TRIMBLE C5**
FECHA: 31 DE JULIO DEL 2023
ESCALA: 1:165
DATUM: WGS-84 ZONA: 17S
TIPO DE COORDENADAS: UTM

SIMBOLOGÍA	
PAREDES	
SECCIÓN DE CONTROL	
PUNTOS DE CONTROL	





SECCIONES TRANSVERSALES DE LA MINA ARTESANAL LA ZAMORANA OBTENIDAS POR MEDIO DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO CON SENSOR LIDAR, GALERÍA PRINCIPAL.



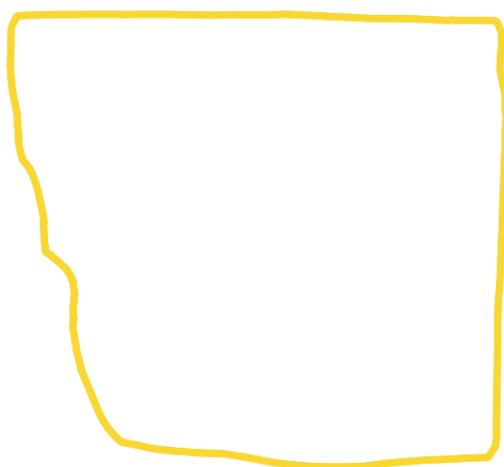
INFORMACIÓN DEL PLANO

SECCIÓN 1: ALTO: 1.93 m ANCHO: 1.78m ÁREA: 2.45m ²	SECCIÓN 2: ALTO: 2.27m ANCHO: 1.21m ÁREA: 1.33m ²
SECCIÓN 3: ALTO: 2.11m ANCHO: 1.26m ÁREA: 1.78m ²	SECCIÓN 4: ALTO: 2.06m ANCHO: 1.42m ÁREA: 2.21m ²
SECCIÓN 5: ALTO: 2.77m ANCHO: 1.42m ÁREA: 1.68m ²	SECCIÓN 6: ALTO: 2.22m ANCHO: 1.56m ÁREA: 2.52m ²

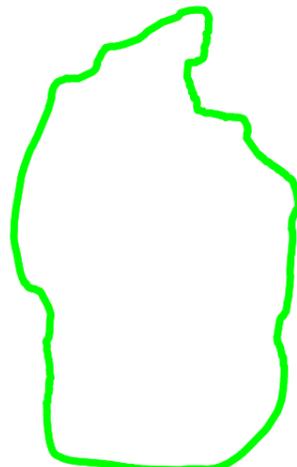
ESCALA: 1 : 200

ESCALA DE CADA SECCIÓN: 1 : 30

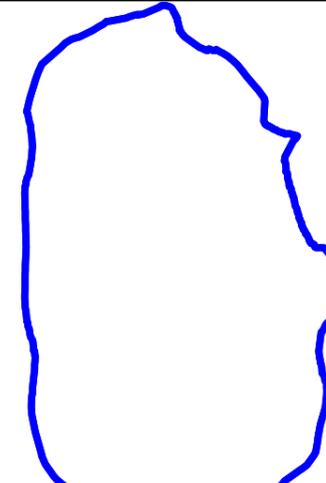
SECCIÓN 1



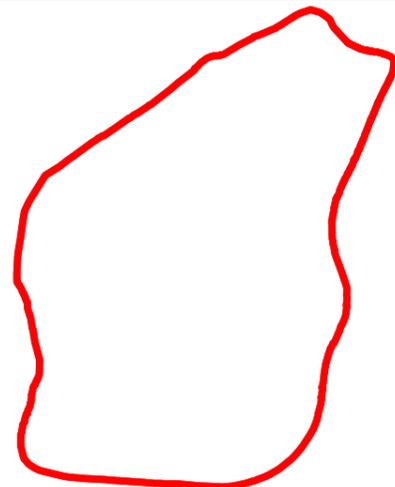
SECCIÓN 2



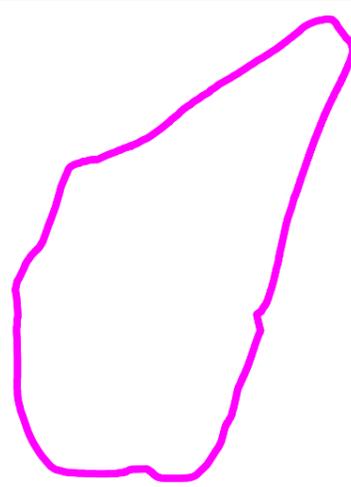
SECCIÓN 3



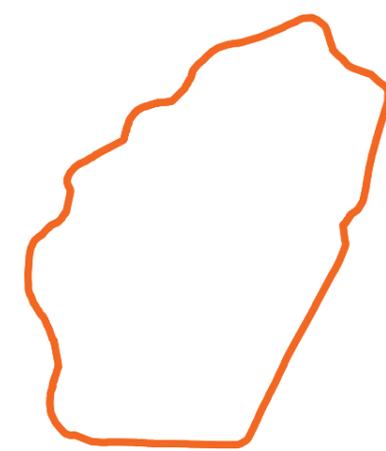
SECCIÓN 4



SECCIÓN 5



SECCIÓN 6





ESPOCH

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

LEVANTAMIENTO PLANIMÉTRICO DE LA MINA LA ZAMORANA

AUTOR:
JHOSIMAR EMMANUEL CALVOPIÑA NIEVES

REVISOR:
ING. SANTIAGO NATHANAEL TOAPANTA SANTACRUZ Msc.

Puntos de control obtenidos con el levantamiento topográfico con sensor LiDAR

Nombre de Punto	Coordenada X	Coordenada Y	Elevacion
Pc1	769285	9552680	1680
Pc2	769283.8004	9552682.325	1680.0374
Pc3	769283.4831	9552683.524	1680.0526
Pc4	769282.9674	9552684.857	1680.1139
Pc5	769283.8089	9552686.585	1680.1079
Pc6	769285.5689	9552690.809	1680.148
Pc7	769285.5689	9552690.809	1680.3472
Pc8	769288.2806	9552700.84	1680.7487
Pc9	769296.7561	9552718.569	1680.9652
Pc10	769302.6817	9552717.96	1681.1079
Pc11	769314.8878	9552717.426	1681.1121

UBICACIÓN

COORDENADAS DE LA CONCESIÓN "SOCIEDAD DE HECHO MINERO LA ZAMORANA"

COORDENADAS PSAD - 56		COORDENADAS WGS84	
X	Y	X	Y
769300	9553000	769049.54	9552636.41
769300	9553200	769049.59	9552836.43
769400	9553200	769149.58	9552836.47
769400	9553100	769149.5	9552736.45
769600	9553100	769349.59	9552736.41
769600	9553000	769349.51	9552636.51

PROVINCIA: ZAMORA CHINCHIPE

CANTÓN: PAQUISHA

PARROQUIA: NUEVO QUITO

SECTOR: CHINAPINTZA

CONCESIÓN:
SOCIEDAD DE HECHO MINERO
LA ZAMORANA



INFORMACIÓN DEL PLANO

TAMAÑO DEL PLANO: A3

INSTRUMENTO: SENSOR LiDAR DEL
iPAD 9 PRO

FECHA: 31 DE JULIO DEL 2023

ESCALA: 1:165

DATUM: WGS-84

ZONA: 17S

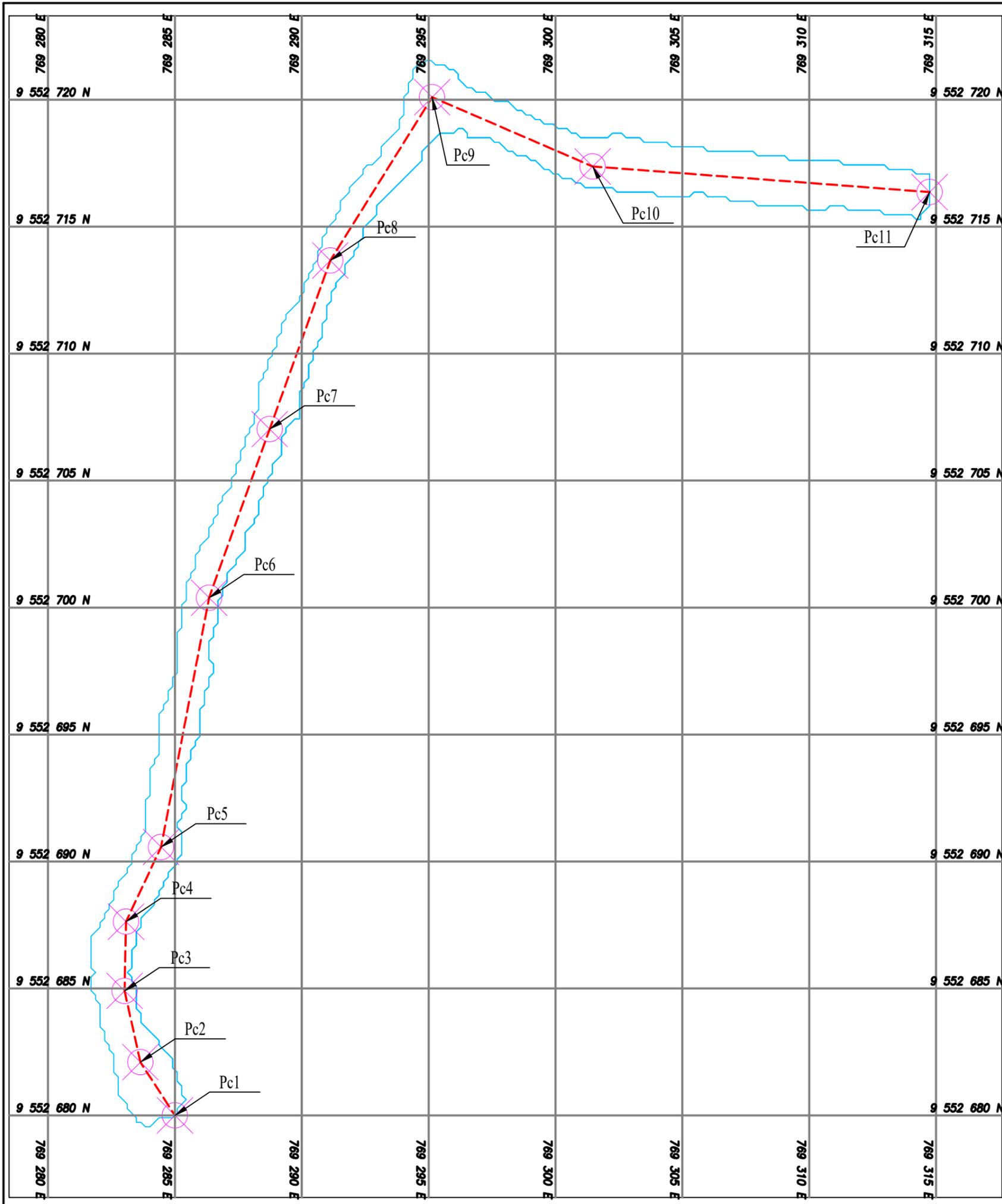
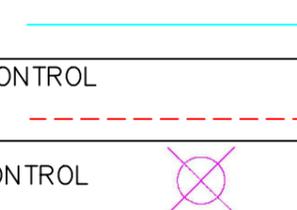
TIPO DE COORDENADAS: UTM

SIMBOLOGÍA

PAREDES

SECCIÓN DE CONTROL

PUNTOS DE CONTROL





epoch

**Dirección de Bibliotecas y
Recursos del Aprendizaje**

**UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y
DOCUMENTAL**

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 17 / 01 / 2024

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: JHOSIMAR EMMANUEL CALVOPIÑA NIEVES
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: RECURSOS NATURALES
Carrera: MINAS
Título a optar: INGENIERO EN MINAS
f. Analista de Biblioteca responsable: Ing. CPA. Jhonatan Rodrigo Parreño Uquillas. MBA.

14-12-2023 2221-DBRA-UPT-2023