FACULTAD TECNOLOGICA

SEDE VALLENAR.

LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO GEORREFERENCIADO EN LA MINA MAILY.

Trabajo de titulación presentado en conformidad a los requisitos para obtener el título de Técnico universitario en Minas.

Profesor guía: Enrique Andrés Veragua Guerra.

Profesor Co-guía: Richard Oswald Cubillos Bolados.

Geraldine Michell Bordones Araya.

Vallenar, Chile 2024.

DEDICATORIA

Quiero dedicar este proyecto primeramente a mi madre que sin ella este sueño no hubiera sido posible, fue la persona que estuvo desde el minuto uno dándome su amor y apoyo incondicional, estaré eternamente agradecida por lo buena madre y por ser una mujer tan luchadora que hizo todo lo posible para ayudarme a sacar adelante mi carrera. A mi hermana que es el motorcito que me inspiro a no dejar todo a medias, quiero que vea que así como yo pude lograrlo ella también podrá. A mi familia por aconsejarme y apoyarme en este largo proceso. Y por último pero no menos importante a mi pareja por aconsejarme y darme apoyo emocional en todo este tiempo. A todos los que mencione anteriormente muchísimas gracias, sin ustedes este proyecto hubiera sido aún más difícil, muchísimas gracias por creer en mí cuando ni yo lo hacía y por sentirse orgullosos de la persona que me estoy convirtiendo.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por darme la oportunidad de vivir esta experiencia. A mis profesores que fueron parte de todo este proceso en el transcurso de mi carrera, especialmente al profesor co-guia Richard Cubillos que fue una pieza fundamental en este proyecto, brindándome su sabiduría, apoyo y confianza. Además de su tiempo y las herramientas necesarias para poder llevar a cabo este proyecto, gracias por ser un profesor con vocación. También agradecer a mi profesor de cohorte Enrique Veragua que con su experiencia y conocimiento logro la formación de esta futura minera. Fue una pieza fundamental desde el comienzo hasta el fin de mi proceso académico.

Infinitas gracias a todos los profesores y a la Universidad de Atacama por brindarme lo necesario para defenderme en un futuro.

INDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....ii

AGRADECIMIENTOS.....iii

INDICE DE CONTENIDO.....iv

INDICE DE FIGURAS.....vi

RESUMEN.....viii

ABSTRACT. ix

CAPÍTULO I: MARCO INTRODUCTORIO. x

1.2 Objetivo general: x

1.3 Objetivo específico:.....x

1.4 Planteamiento del problema xi

1.5 Antecedentes xi

1.6 Alcance.....xi

1.6 Justificación.....xii

CAPÍTULO II: MARCO TEORICO xiii

2.1 Levantamiento topográfico: xiii

2.2 Objetivo Principal de un levantamiento topográfico.....xiii

2.3 Principales tipos de levantamientos xiii

2.4 Tipo de levantamiento topográfico utilizado.....xiv

2.5 Instrumentos para un levantamiento topográfico xiv

2.6 Coordenadas xv

2.6.1 Coordenadas UTM.....xv

2.7 GPS.....xv

2.7.1 Tipos de sistemas de GPS. xvi

2.8 Función de GPS geodésico xx

2.8.1 Como se usa un GPS geodésico. xxi

3 RTK (Real Time Kinematic) xxii

3.1 Doble frecuencia xxiii

4 AutoCAD CIVIL 3D xxiv

CAPÍTULO III: METODOLOGIA. xxv

3.1 Tipo de metodología xxv

3.2 Recopilación de información de los levantamientos topográficos actuales y los instrumentos que se utilizaron. xxvi

3.3 Reconocimiento en terreno de las características de la mina a levantar y determinar los equipos a utilizar xxvii

3.4 Levantamiento exterior mina. xxviii

3.5 Modelado exterior mina. xxxvii

CAPITULO IV: PRESENTACIÓN Y ANALISIS DE RESULTADO xliii

4.1 Análisis del proyecto xliii

4.2 Análisis del resultado xliii

CAPÍTULO V: CONCLUSIÓN xlvii

INDICE DE FIGURAS

Figura 2.7.1 GPS xvi

Figura 2.7.2 Sistema Glonass de la Federación Rusa. xvii

Figura 2.7.3 Sistema Galileo de Europa..... xviii

Figura 2.7.4 Sistema BeiDou de la República de China xviii

Figura 2.7.5 Trípode + GPS SANDING R5 xix

Figura 2.7.6 Colectora SANDING H6, ANDROID xx

Figura: 3.1 GPS RKT..... xxiii

Figura 4.1 CIVIL 3D.....xxiv

Figura: 3.2 GPS Geodesico.....xxv

Figura: 3.4.1 Hm “punto de amarre”..... xxviii

Figura 3.4.2 GPS doble frecuencia xxix

Figura: 3.4.3 Creación del proyecto.....xxx

Figura: 3.4.4 Paso a paso con la colectora xxxi

Figura: 3.4.5 Paso a paso colectora..... xxxii

Figura: 3.4.6 Paso a paso colectora..... xxxii

Figura: 3.4.7 Paso a paso colectora..... xxxiii

Figura: 3.4.8 Paso a paso plataforma de Excel xxxiv

Figura: 3.4.9 Paso a paso plataforma de Excel xxxiv

Figura: 3.4.10 Paso a paso plataforma de Excel xxxv

Figura: 3.4.11 Paso a paso xxxv

Figura: 3.4.12 Paso a paso plataforma Block de notas xxxvi

Figura: 3.4.13 Paso a paso plataforma Block de notas xxxvi

Figura 3.5.1 Paso a paso Software CIVIL 3D..... xxxvii

Figura 3.5.2 Paso a paso Software CIVIL 3D..... xxxviii

Figura 3.5.3 Paso a paso Software CIVIL 3D.....xxxix

Figura 3.5.4 Paso a paso Software CIVIL 3D.....xxxix

Figura 3.5.5 Paso a paso Software CIVIL 3D.....xl

Figura 3.5.7 Paso a paso Software CIVIL 3D.....xl

Figura 3.5.8 Paso a paso Software CIVIL 3D..... xli

Figura 3.5.9 Paso a paso Software CIVIL 3D..... xlii

Figura 3.5.9 Paso a paso Software CIVIL 3D..... xlii

Figura 4.2 Curvas de nivel. xlv

Figura 4.3 Perfiles trasversales xlv

Figura: 4.4 Perfil longitudinal. xlvi

RESUMEN

Esta tesis aborda la implementación de técnicas avanzadas de georreferencia en el levantamiento topográfico de la Mina Maily, ubicada en Alto del Carmen, provincia del Huasco, Chile. Se ejecutó un reconocimiento del terreno para determinar los equipos necesarios y se empleó una metodología mixta que es la cualitativa y cuantitativa, esta combinación aseguró una actualización precisa y eficiente del sistema geodésico de la mina, considerando tanto los aspectos técnicos y contextuales del terreno como las tecnologías empleadas. Durante el levantamiento, se tomaron 242 puntos, que fueron procesados y almacenados en Excel para su posterior análisis.

El objetivo de esta tesis fue un levantamiento topográfico georreferenciado que permitió una mejor planificación y delimitación de las áreas de explotación minera. A través del uso de tecnología avanzada de última generación, como lo es el GPS geodésico de doble frecuencia y el software especializado, para el procesamiento y modelado de los datos, se buscó obtener mediciones certeras de la topografía, además del mejoramiento en la precisión de los estudios geológicos y la eficiencia en la planificación minera, reduciendo así los costos y optimizando los recursos de la mina.

El mayor problema que enfrento este estudio fue la falta de información precisa sobre la localización y desplazamiento de las formaciones minerales, lo que puede generar errores en la delimitación de áreas productivas, afectando la viabilidad del proyecto y aumentando los costos operativos. En esta tesis se propuso una solución mediante el uso de sistemas de posicionamiento global (GPS) y otras herramientas geodésicas para obtener datos topográficos y geológicos de alta precisión.

Finalmente Los datos obtenidos se exportaron al software para generar un modelado 3D preciso de la superficie de la mina, actualizando su sistema geodésico.

Palabras claves:

Georreferencia – Levantamiento - Doble frecuencia – Topografía – Planificación – Software- Modelado.

ABSTRACT.

This thesis addresses the implementation of advanced georeferencing techniques in the topographic survey of the Maily Mine, located in Alto del Carmen, Huasco province, Chile. A terrain reconnaissance was carried out to determine the necessary equipment and a mixed qualitative and quantitative methodology was used. This combination ensured a precise and efficient update of the mine geodetic system, considering both the technical and contextual aspects of the terrain and the technologies used. During the survey, 242 points were taken, which were processed and stored in Excel for later analysis.

The objective of this thesis was a georeferenced topographic survey that allowed better planning and delimitation of the mining exploitation areas. Through the use of advanced technology of the latest generation, such as dual-frequency geodetic GPS and specialized software, for data processing and modeling, we sought to obtain accurate measurements of the topography, in addition to improving the precision of geological studies and efficiency in mining planning, thus reducing costs and optimizing mine resources.

The biggest problem that this study faced was the lack of precise information on the location and displacement of mineral formations, which can generate errors in the delimitation of productive areas, affecting the viability of the project and increasing operating costs. In this thesis, a solution was proposed through the use of global positioning systems (GPS) and other geodetic tools to obtain high-precision topographic and geological data.

Finally, the data obtained was exported to the software to generate an accurate 3D modeling of the mine surface, updating its geodetic system.

Keywords:

Georeference – Surveying – Double frequency – Topography – Planning – Software – Modeling.

CAPÍTULO I: MARCO INTRODUCTORIO.

1.1 Introducción.

La presente tesis se enfoca en la implementación de técnicas avanzadas de georreferencia para la determinación de emplazamientos siendo así un apoyo a la concesión minera definiendo los emplazamientos mineralógicos que existen a base de un levantamiento georreferenciado, se trabajará con equipos de última tecnología una de ellas es el GPS geodésico, está herramienta es súper útil, ya que su tecnología nos permite obtener información sobre su posición las 24 horas del día y en cualquier punto de la Tierra. Para tales efectos se requiere materializar dentro del área de estudio un monolito o vértices de apoyo topográficos con el fin de poder realizar un levantamiento topográfico georreferenciado.

1.2 Objetivo general:

Realizar un levantamiento topográfico en el exterior de la mina, así permitiendo obtener una visión precisa y detallada del terreno. Con el fin de obtener datos precisos de la ubicación exacta de puntos con el sistema de georreferencia en la Mina Maily

1.3 Objetivo específico:

1. Realizar coordinación entre el área topográfica y el encargado de la mina para ver las áreas que se van a trabajar
2. Verificar el terreno de la mina para saber si está apto para poder trabajar en la zona.
3. Confeccionar la materialización de los vértices de apoyo para facilitar las mediciones que se realizan en terreno
4. Crear y levantar todo el dato con GPS para así lograr obtener la información requerida para la realización del plano geológico

5. Verificar los datos obtenidos en terreno para garantizar que la información topográfica obtenida sea precisa y adecuada para el proyecto

1.4 Planteamiento del problema

El problema que se presenta mayormente en los proyectos mineros es la falta de información precisa sobre la localización exacta y los desplazamientos de las formaciones minerales, pueden llevar a imprecisiones en la delimitación de áreas de explotación, afectando directamente la planificación, eficiencia y viabilidad de los proyectos mineros. La falta de información nos arroja a ubicaciones incorrectas por lo cual ocurren atrasos en la ejecución, en algunos casos estos errores lleva a la pérdida de yacimientos con un gran potencial en productividad, la falta de datos es una gran pérdida ya que genera costos adicionales y reduce enormemente la productividad.

1.5 Antecedentes

Concesión minera denominada Mina Maily, su ubicación se encuentra en Alto del Carmen, en la ruta c-46 a 26 km Sur Oriente de la ciudad de Vallenar, Provincia de Huasco, Región de Atacama, Chile. Su localización geográfica es latitud 28°40’10.64”S, longitud 70°36’2.96”O con una elevación de 770 m.s.n.m.

1.6 Alcance

Se realizara un levantamiento topográfico en Mina Maily, con el fin de abarcar una superficie de 1 hectárea, en estas se incluirán mediciones precisas de altitud y pendientes con herramientas de alta tecnología como lo es el GPS geodésico entre otras herramientas complementarias. El objetivo de esta tesis es poder crear un plano georreferenciado con una gran precisión de datos.

1.6 Justificación

La Mina Maily no cuenta con un estudio topográfico geodésico por lo tal se dará apoyo al área geológica en el emplazamiento de estructuras mineras con el fin de definir zonas de explotación La colaboración entre la topografía y la geología permite una integración de datos que asegura una evaluación más precisa de las áreas potencialmente productivas.

CAPÍTULO II: MARCO TEORICO

2.1 Levantamiento topográfico:

Un levantamiento topográfico es la primera etapa del estudio técnico y descriptivo del terreno en el que se estudian características físicas, geográficas y geológicas. Es el proceso de medir y representar gráficamente las características físicas de un terreno. Este procedimiento recopila datos sobre la altitud, la forma del terreno, la ubicación de ríos, caminos, edificaciones y otros elementos naturales y artificiales.

Es de suma importancia realizar un reconocimiento topográfico durante y después de la realización de algún proyecto de obras civiles como, por ejemplo: Minas, represas, puentes, carreteras, edificios, embalses, urbanización, etc. El levantamiento topográfico permite medir y obtener datos de un terreno y así representarlo gráficamente y obtener la diferencia de altura que existe entre los distintos relieves del terreno. (GROUP, 2024)

2.2 Objetivo Principal de un levantamiento topográfico

El objetivo principal es la elaboración de un mapa o plano que refleje con precisión la superficie de algún terreno, es fundamental para distintos campos laborales, tales como la ingeniería civil, la arquitectura, la planificación urbana y la gestión ambiental. Se utilizan diferentes técnicas y herramientas, como teodolitos, estaciones totales, sistemas de posicionamiento global (GPS) y, lo más recientemente, drones, para llevar a cabo estas mediciones de una manera rápida y certera.

2.3 Principales tipos de levantamientos

- **Levantamiento Planimétrico**: Este tipo de levantamiento se centra en la representación de las características horizontales del terreno, sin considerar

variaciones en la altitud. Se utiliza principalmente para delimitar propiedades y trazar rutas de infraestructura.

- **Levantamiento Altimétrico**: Enfocado en las elevaciones del terreno, el levantamiento altimétrico proporciona información sobre la topografía vertical. Este tipo de levantamiento es crucial para proyectos donde el relieve y la pendiente son factores determinantes, como en la construcción de carreteras o sistemas de drenaje. (GROUP, 2024)

2.4 Tipo de levantamiento topográfico utilizado

Cada uno de los tipos de levantamientos mencionados anteriormente posee características y aplicaciones específicas que los hacen adecuados para diferentes situaciones y requisitos de algún proyecto, contribuyendo a una planificación y ejecución eficiente. Para obtener la recopilación de datos en el terreno se tomó la decisión de optar por el levantamiento Geodésico, por ser un método eficiente que permite tomar medidas a gran escala y que logra llegar a lugares de difícil acceso así facilitando la obtención de los datos requeridos. Además este método considera la curvatura de la Tierra, lo que nos favorece para así conseguir datos exactos teniendo como resultado un mapeo certero.

2.5 Instrumentos para un levantamiento topográfico

En ciertos trabajos puede ser suficiente medir sólo ángulos, o solo distancias, pero, en general, suele ser necesario medir ambas magnitudes con equipos topográficos y geodésicos. En algunas operaciones puede bastar solo con medir ángulos rectos, utilizando las escuadras y las distancias con cintas metálicas. Pero en general, este tipo de mediciones no gozan de la suficiente precisión.

Son muchas las herramientas necesarias para realizar un levantamiento topográfico para medir ángulos, desniveles, distancias y coordenadas y así obtener un

trabajo óptimo, eficiente y eficaz. Entre las herramientas más relevantes utilizadas en este levantamiento son el GPS Geodésico que es una tecnología que permite a los usuarios obtener información sobre su posición, las 24 horas del día, en cualquier punto de la Tierra. (GROUP, 2024)

2.6 Coordenadas

La posición de un punto se determina mediante un par de coordenadas. Las coordenadas polares se determinan mediante una línea y un ángulo, mientras que las coordenadas cartesianas requieren de dos líneas en un sistema ortogonal. La estación total mide coordenadas polares, las cuales se pueden convertir a cartesianas bajo un sistema ortogonal determinado, ya sea mediante el propio instrumento o posteriormente en la oficina. (Topo tienda, 2024)

2.6.1 Coordenadas UTM

El sistema de coordenadas UTM (Universal Transverse Mercator) es un sistema de proyección cartográfica basado en cuadrículas con el cual se pueden referenciar puntos sobre la superficie terrestre. (Valencia, 2024)

2.7 GPS

El Sistema de Posicionamiento Global (Global Positioning System o GPS) es un sistema desarrollado, instalado y utilizado por el Departamento de Defensa de Estados Unidos, y actualmente es propiedad de la Fuerza Espacial de los Estados Unidos. Su objetivo es poder determinar la posición de un objeto en cualquier parte del mundo con una precisión que puede llegar a ser de centímetros si se utiliza el GPS diferencial, aunque por lo general suele ser de algunos metros.

Para ello se utiliza una red de varios satélites que están en órbita a 20.000 km de altura en la tierra. Cuando quieres saber tu posición, tu dispositivo con GPS localiza al menos cuatro de estos satélites, y recibes de ellos una señal que, midiendo cuánto tarda en llegar a ti desde cada satélite, mide la distancia a la que está en cada uno y con los datos de la posición de estos permite indicar tu posición tridimensional actual

Figura 2.7.1 GPS



Fuente: https://toposervis.com/sistemas-gnss-que-debes-conocer/

2.7.1 Tipos de sistemas de GPS.

Existen otros sistemas similares al GPS en el mundo, todos clasificados como sistemas globales de navegación por satélite (GNSS). GNSS es un término genérico que hace referencia a todos los sistemas de navegación por satélite. Este concepto agrupa a diferentes sistemas como son el GPS, Glonass, Galileo o Compass entre otros, permitiendo posicionamientos muy precisos basándose en señales emitidas por estos satélites siendo múltiples sus aplicaciones como la geo información o en investigaciones geo científicas.

1. **Sistema Glonass de la Federación Rusa:** Glonass, es un sistema de navegación desarrollado en los 80 's por la Unión Soviética creado con la intención de ser una alternativa al GPS. En la actualidad es administrado

por la Federación Rusa a través de su agencia espacial y está conformado por una constelación de 24 satélites en activo, moviéndose alrededor de la Tierra con una altitud de 19.100 km y con duración aproximada de 11 horas y 15 minutos para completar la órbita. Ofrece una cobertura en todo el mundo con una precisión similar a la del GPS, aunque en algunas partes como el hemisferio sur la precisión del sistema estadounidense puede ser mejor. (Fernandez, 2022)

Figura 2.7.2 Sistema Glonass de la Federación Rusa.

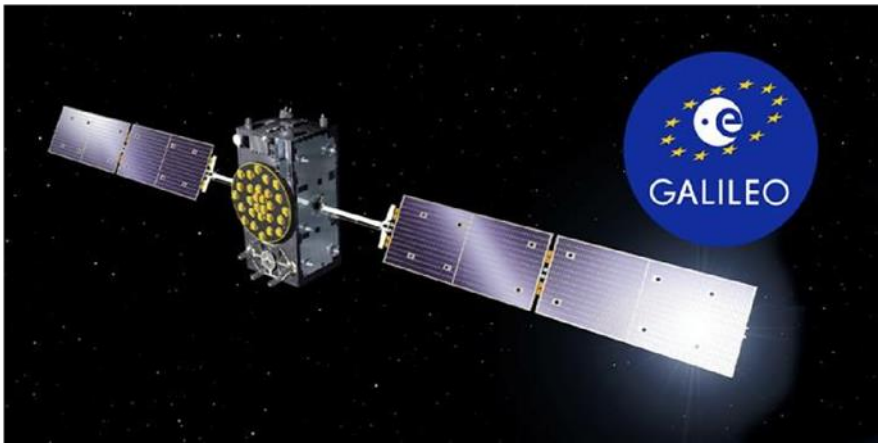


Fuente: https://toposervis.com/sistemas-gnss-que-debes-conocer/

2. **Sistema Galileo de Europa:** Es un proyecto de navegación por satélites que se puso en marcha en diciembre del 2016, desarrollado por la Unión Europea a través de la Agencia Espacial Europea (ESA) y operado por la Agencia de la Unión Europea para el Programa Espacial (EUSPA).

   Su objetivo es ser una alternativa al GPS y al GLONASS con una precisión hasta cinco veces mayor y que además pretende ser un proyecto enfocado únicamente en el uso civil respetando la privacidad, lo que quiere decir que no estará compartida con fines militares. El proyecto cuenta en la actualidad con 22 satélites en órbita, pero con la idea a futuro de completar su red a 30 satélites. (Fernandez, 2022)

Figura 2.7.3 Sistema Galileo de Europa



Fuente: https://toposervis.com/sistemas-gnss-que-debes-conocer/

3. **Sistema BeiDou de la República de China:** BeiDou, también denominado por su nombre oficial “Sistema Experimental de Navegación por Satélite BeiDou”, es el sistema de navegación creado por el país asiático para ser una alternativa al GPS. Este sistema cuenta con un total de 30 satélites en órbita y por lo general su precisión de localización es de 3,6 metros, aunque puede llegar a los 10 cm en zonas de Asia Pacifico. Es capaz de operar en todo el mundo, aunque la precisión depende de la zona del mundo donde estés, aunque en diciembre del 2018 se anunció que BeiDou comenzaría a proporcionar servicios de manera global. (Fernandez, 2022)

Figura 2.7.4 Sistema BeiDou de la República de China



Fuente: https://toposervis.com/sistemas-gnss-que-debes-conocer/

Entre todos los sistemas de GPS mencionados anteriormente, se determinó utilizar el GPS geodésico de doble frecuencia para el levantamiento de exterior Mina Maily.

Figura 2.7.5 Trípode + GPS SANDING R5



Fuente: Creación propia

Figura 2.7.6 Colectora SANDING H6, ANDROID.



Fuente: Creación propia.

2.8 Función de GPS geodésico

En los trabajos topográficos contar con un GPS geodésico es de gran ayuda, para conocer la ubicación de un objeto en un determinado punto de la tierra. Gracias a ellos, las redes geodésicas nacionales se han modernizado. Una de las funciones principales del GPS geodésico es poder obtener precisión en los trabajos de planimetría y altimetría. Por ello, se basan en la distancia de los satélites para hacer el cálculo en función de la fase de onda portadora enviada por los satélites.

El GPS permite a los geodestas llevar a cabo diversas actividades, como:

•Medir distancias y ángulos entre puntos geográficos.

•Determinar altitudes y niveles del terreno.

•Realizar monitoreo de desplazamientos en estructuras y placas tectónicas. (Villner, 2021)

2.8.1 Como se usa un GPS geodésico.

Para realizar las mediciones con una estación de GPS geodésico, es necesario tomar en cuenta su posición. Desde allí, se podrá obtener la información a través del receptor; y una vez que llegue se realizan triangulaciones para determinar las coordenadas exactas del punto relevado.

Por otro lado es importante mencionar que dependiendo del tipo de medición a realizar con el GPS geodésico topográfico, es posible aplicar diferentes técnicas, como las siguientes:

- **Triangulación:** Se trata del método clásico y reconocido universalmente como el más utilizado en el GPS geodésico. Consiste en determinar las longitudes de los lados de un sistema de triángulos interconectados, tomando en cuenta la medida de todos los ángulos y algunos lados.

- **Trilateración:** Bajo este método la situación es contraria a la de triangulación, ya que se toman en cuenta el valor de los lados para obtener el valor de los ángulos. Sin embargo, cuando se quiere conocer el control de la dirección, si se exige la medida de algunos ángulos

.

- **Triangulateración:** En este método se combinan los anteriores haciendo la medida directa tanto de los ángulos como de los lados. Ofrece una mayor confiabilidad en las actividades de levantamientos topográficos.

- **Poligonación:** Corresponde a la medida directa de la distancia y ángulos entre varios puntos consecutivos que forman una línea poligonal continua.

- **El método astronómico:** En este método el GPS geodésico trata de observar la posición angular de aquellos objetos que están relativamente fijos en la esfera celeste. Las coordenadas de los mismos pueden conocerse en el tiempo. Puede ser utilizada para obtener coordenadas astronómicas

puntuales o tener un mayor control en la dirección de otros métodos de levantamiento.

- **El método inercial:** Está fundamentado en la medida de las variaciones de aceleración de tres ejes que logran estabilizarse a través de los giroscopios. Para obtener estas medidas, es importante montarlo en una plataforma móvil.

Dependiendo de la aplicación, el topógrafo debe aplicar la técnica más adecuada para realizar la medición con el GNNS en topografía. (Villner, 2021)

3 RTK (Real Time Kinematic)

Es el posicionamiento cinemático en tiempo real, esta es una técnica que comúnmente se usa para la topografía, maquinaria agrícola y navegación marina la cual está basada en el uso de medidas de fase de navegadores como señales GPS, GLONASS y/o GALILEO.

El posicionamiento RTK es similar al levantamiento radial de una estación total, donde una sola estación de referencia proporciona correcciones en tiempo real, obteniendo una exactitud submétrica. De igual manera no requiere un procesamiento posterior de los datos para obtener una solución de posición, esto permite realizar levantamientos topográficos en tiempo real en el campo y permite al topógrafo verificar la calidad de las mediciones sin tener que procesar datos. (Topo Servis , 2024)

Figura: 3.1 GPS RKT



Fuente: https://dhayi.com/portal/index.php/productos/gps-diferenciales/42-uncategorised/477-gps-diferencial-south-rtk-galaxy-g7

3.1 Doble frecuencia

Los equipos GPS en topografía utilizan doble frecuencia (L1 y L2), que quiere decir esto, que la diferencia que tienen entre ellas es milimétrica para las distancias. Esto se refiere a que L1 en tiempo son más cortas y tienen poca cobertura en distancia (es una sola medición) en cambio L2 alcanza distancias más largas esta tiene una mayor precisión.

4 AutoCAD CIVIL 3D

El software AutoCAD CIVIL 3D permite a los ingenieros civiles, arquitectos, diseñadores, etc. afrontar complejos retos de infraestructura en un entorno basado en modelos 3D.

- Agiliza el diseño y la documentación.
- Disfruta de la automatización avanzada del diseño.
- Mejora la colaboración y la coordinación.

Figura 4.1 CIVIL 3D.



Fuente: Creación propia.

CAPÍTULO III: METODOLOGIA.

3.1 Tipo de metodología

Para alcanzar el objetivo principal en este proyecto se utilizó una metodología cualitativa y cuantitativa, ya que se obtuvo y se reunió información que permitió el análisis y el uso de distintas técnicas y así diferenciar el paso a paso de lo que se llevó a cabo en el momento de realizar los levantamientos topográficos georreferenciado, así mismo, como en la planeación de este y los análisis de informaciones obtenidas en terreno, hasta obtener nuestro resultado final que es actualizar el sistema de georreferenciación geodésica en el exterior de la Mina Maily.

Figura: 3.2 GPS Geodésico.



Fuente: Creación propia.

3.2 Recopilación de información de los levantamientos topográficos actuales y los instrumentos que se utilizaron.

Con el fin de obtener una base topográfica en la ejecución del proyecto y en base al conocimiento tanto como en la metodología de trabajo, como la de equipos a utilizar se buscó el apoyo de un profesional del área en la cual se contactó al docente de la universidad de Atacama, sede Vallenar. A don Richard Oswald Cubillos Bolados, quien se desempeña en la profesión como ingeniero en Geomensura, él posee las competencias necesarias y aptas para poder guiar el transcurso del proyecto y definir los instrumentos que se utilizan en base a las nuevas tecnologías.

El docente mencionado anteriormente Don Richard Cubillos convoco a una junta en la cual habla e informa sobre cómo se realizan los levantamientos topográficos actuales y cuales son los equipos que se requieren para poder desempeñar los levantamientos, se reunió un resumen de la información dada por el docente que es la siguiente:

En consideración a las nuevas tecnologías y herramientas computacionales que permite optimizar y precisar los trabajos topográficos, este consistió en utilizar equipos topográficos de última generación que permitan recoger la realidad del terreno a estudiar, para esto se utilizaron metodologías que forman parte de los nuevos sistemas de georreferenciación capaces de determinar posición de elementos en la superficie tangible con precisiones milimétricas, dentro de los equipos a utilizar se distingue el GPS, la cual en topografía utilizan una doble frecuencia, estas rastrean las señales de los satélites GPS donde reciben y procesan las informaciones de doble frecuencia. El GPS es ampliamente utilizado en mediciones de control debido a su alta precisión en levantamientos.

Por otra parte complementando la metodología a aplicar para este levantamiento con el fin de tener una modelación de una superficie se utilizó el software CIVIL 3D.

Cabe destacar que en los levantamientos actuales hay más herramientas modernas con nuevas tecnologías como:

- Drones

- Estación total
- Escáneres de laser 3D

Pero en este proyecto solo nos enfocamos en el GPS de doble frecuencia y el software CIVIL 3D.

3.3 Reconocimiento en terreno de las características de la mina a levantar y determinar los equipos a utilizar.

Para la ejecución del levantamiento topográfico georreferenciado exterior mina se realizó visita inspectiva al área de estudio emplazada en la pertenencia Mina Maily, que se encuentra ubicada en las coordenadas geográfica latitud 28°40’10.64”S, longitud 70°36’2.96”O con una elevación de 770 m.s.n.m. Alto del Carmen, Provincia del Huasco, III Región de Atacama, Chile. Para la visita se realizó un reconocimiento de la mina, para lograr reconocer todas las características del área que se realizaran los levantamientos topográficos.

Para poder lograr el reconocimiento de la mina solo se encontraban habilitados senderos para caminar, una vez realizada la inspección del lugar se logró determinar los equipos que se utilizarían para poder lograr los objetivos deseados.

Para llevar a cabo el proyecto se utilizaron los siguientes equipos:

- GPS Sanding
- Colectora Sanding H6, Android
- Receptor RTK
- Trípode
- Jalón

En conjunto de los equipos a emplear para la ejecución del proyecto, durante el proceso se utilizó el software y aplicaciones para poder llevar acabo los levantamientos realizados, el cual, el software y aplicaciones que se utilizaron para ejecutar el proyecto fueron los siguientes:

- CIVIL 3D
- Block de notas
- Excel
- TXT

Con el reconocimiento del terreno se determinó que los equipos y software mencionados anteriormente son los necesarios para poder realizar todos los pasos que conllevan los levantamientos con el fin de efectuar de manera precisa los objetivos esperados para el proyecto.

3.4 Levantamiento exterior mina.

Para la planificación de este proyecto se realizó un previo reconocimiento de la zona a levantar, primeramente se buscó el punto de inicio que en este caso es un HM (Hito de Mensura), este HM será nuestro punto de amarre y cuenta con la nueva normativa, ya que, las antiguas normativas los HM eran más artesanales, se realizaban con simples piedras y un fierro en la parte de al medio.

Figura: 3.4.1 Hm "punto de amarre".



Fuente: Creación propia.

Para la ejecución de nuestro levantamiento se empezó por alinear y nivelar la base del Trípode, al tener el equipo alineado correctamente se inserta el GPS Sanding, los pasos mencionados anteriormente son de suma importancia, ya que, nos garantiza que el equipo funcione de una manera adecuada y evitar posibles errores, al tener el equipo establecido se tomó la altura instrumental arrojando 1.23 metros, este dato nos servirá para corrobar con datos futuros del levantamiento. Se está trabajando con un GPS de doble frecuencia, en este caso el GPS 1 recepta la información mientras que el GPS 2 emite los datos obtenidos en terreno.

El segundo instrumento de GPS es el encargado de llevar la colectora y el móvil geodésico, el primer y segundo GPS se comunican entre sí a base de las antenas que tiene cada aparato, luego ambos GPS se comunican con los satélites enviando cada dato obtenido. El jalón que acompaña a este equipo quedo en una altura de 1.80 m.

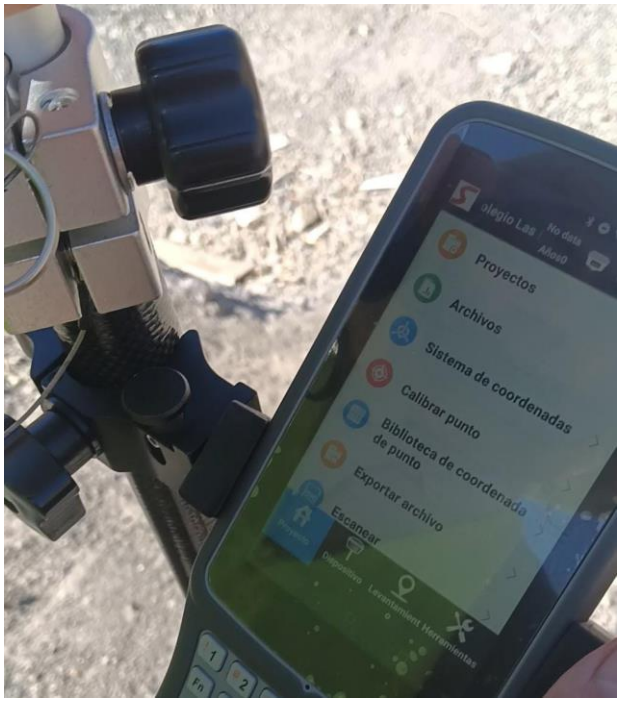
Figura 3.4.2 GPS doble frecuencia



Fuente: Creación propia

Se utilizó el colector para obtener los distintos puntos que deseábamos levantar en el yacimiento, primeramente se debe configurar el colector, aparecerán varias opciones como se ve en la imagen teniendo como primera opción la creación de un nuevo proyecto

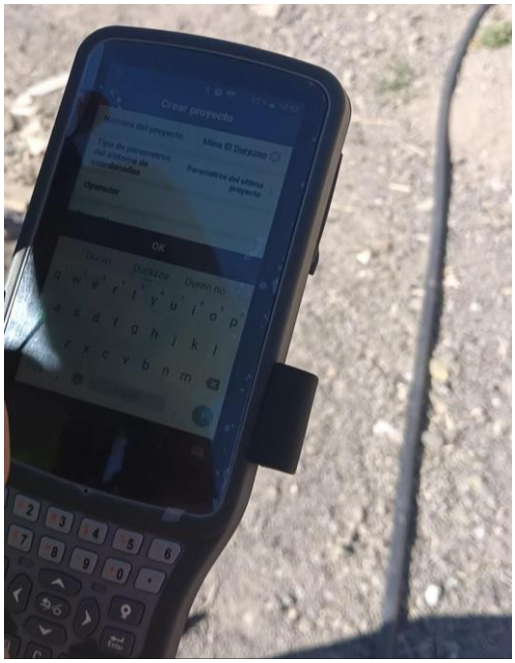
Figura: 3.4.3 Creación del proyecto



Fuente: Creación propia.

El proyecto en ese momento quedo con el nombre de Mina los Duraznos.

Figura: 3.4.4 Paso a paso con la colectora



Fuente: Creación propia.

Luego se continua configurando el colector pero esta vez se presiona la opción dispositivo para que pueda dirigir a la parte que dice comunicación, este proceso nos mantiene con una comunicación 24’7 a través de la aplicación Bluetooth para ambos GPS, luego nos dirigimos a la opción base que esta es la que nos dará cada coordenada actual de los puntos que se van tomando en el transcurso del yacimiento, también se debe actualizar el dato de la altura instrumental que tomamos al comienzo que era 1,23 metros. La siguiente imagen se aprecia una coordenada promedio del primer punto “HM” en este caso el punto de amarre, al guardar este dato debe avisar que se conectó a la base geodésica para así garantizar que se está transmitiendo la información de los datos.

Figura: 3.4.5 Paso a paso colectora



Fuente: Creación propia

El siguiente paso es ir a la opción “levantamiento de punto” el cual arrojara la ubicación y coordenadas Norte, Sur, Este y Oeste, en la que se realizaron los levantamientos de cada punto.

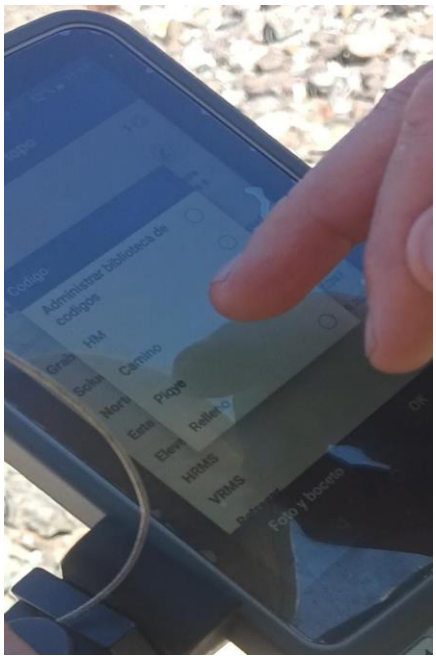
Figura: 3.4.6 Paso a paso colectora



Fuente: Creación propia.

Y así sucesivamente por cada punto, se le cambiara el código y el nombre para poder distinguirlos entre sí, este será nombrado según en la zona que fue tomado. Dejando una lista con múltiples puntos que fueron nombrados como: Pata, Socavón, Borde. Pique, Camino, Relleno, etc.

Figura: 3.4.7 Paso a paso colectora.

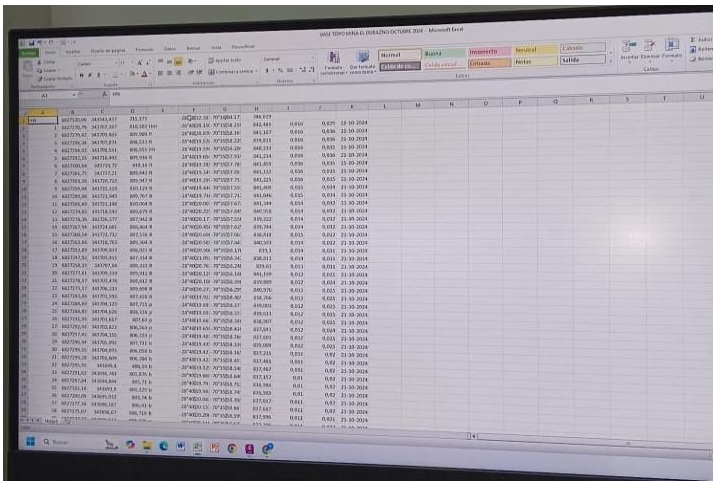


Fuente: Creación propia

Una vez los equipos GPS obtuvieron la información necesaria de los 242 puntos tomados en terreno, se descarga la información de los GPS así mandando los puntos obtenidos a la aplicación “Block de notas”, para luego pasar los datos a “Excel”, finalmente para realizar el modelado se utilizó el software Civil 3D, el cual, arrojará las coordenadas y la elevación que obtuvo el equipo GPS en el terreno.

Para lograr obtener las coordenadas que obtuvieron los GPS se deben de seguir los siguientes pasos. Primeramente, se debió de conectar el GPS al computador para así obtener los datos levantados, luego el archivo que contiene los datos se abre y se analiza en la aplicación “Excel”. Se encontraran los datos crudos del levantamiento, como se aprecia en la siguiente imagen.

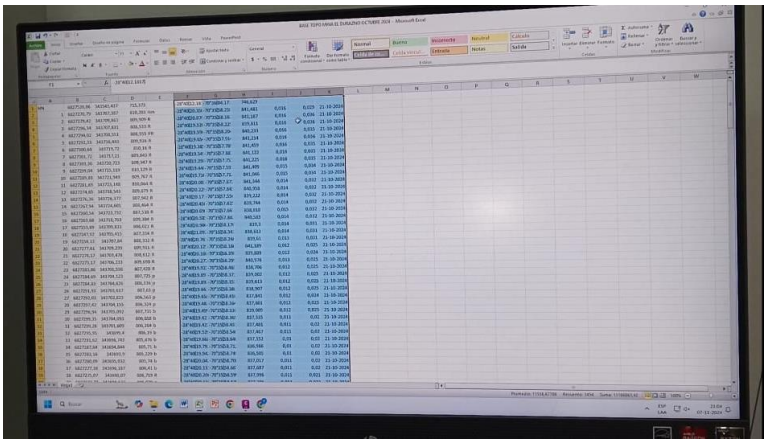
Figura: 3.4.8 Paso a paso plataforma de Excel



Fuente: Creación propia

Para este proyecto es de gran interés los siguientes puntos: Norte, Este, Cota y la descripción. Por lo cual se eliminaron todos los datos que eran irrelevantes para la investigación, que en este caso son los que están de color azul.

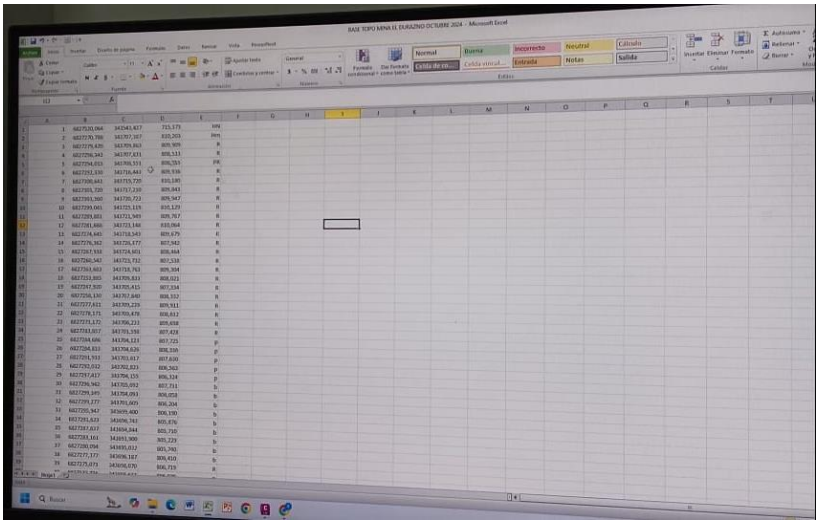
Figura: 3.4.9 Paso a paso plataforma de Excel



Fuente: Creación propia.

Finalmente solo quedan los datos que son de interés y están listos para ser exportados a la aplicación block de notas. Al guardar el archivo debe quedar con el nombre de “Texto con formato, delimitado por espacio”.

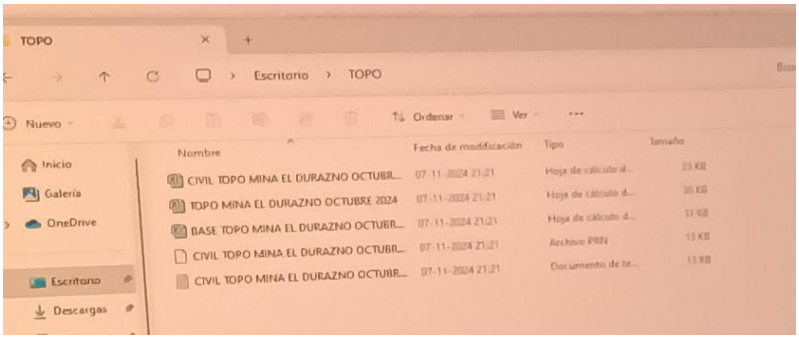
Figura: 3.4.10 Paso a paso plataforma de Excel



Fuente: Creación propia.

Después de ordenar y eliminar datos innecesarios del archivo a tratar se debe verificar si las lecturas fueron guardadas correctamente para no tener mayor problema en la próxima aplicación a utilizar.

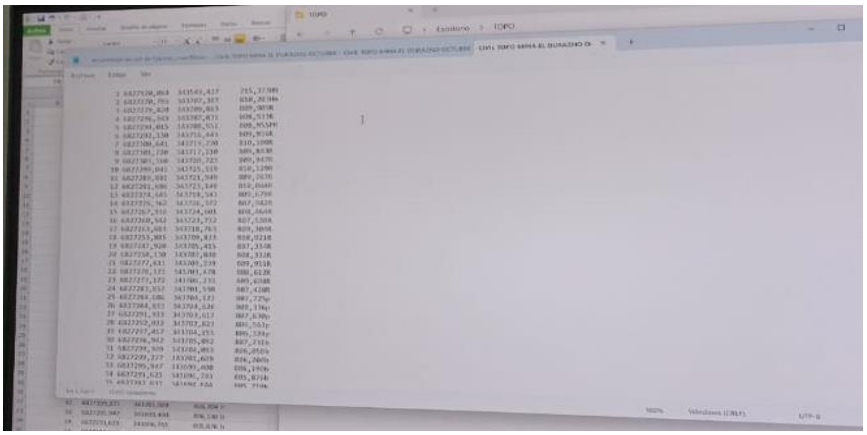
Figura: 3.4.11 Paso a paso



Fuente: Creación propia,

Se utiliza la aplicación Block de notas para que el software Civil 3D pueda leer el archivo sin problemas.

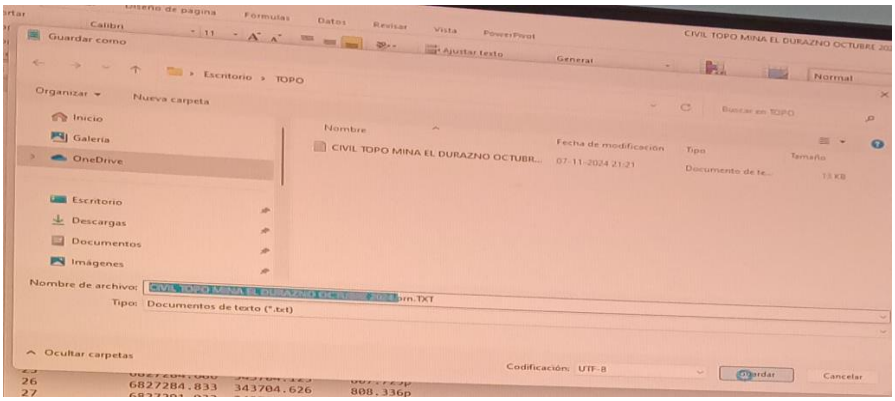
Figura: 3.4.12 Paso a paso plataforma Block de notas



Fuente: Creación propia.

para eso al momento de guardar el archivo se debe modificar nombre del título y agregarle las siglas ".TXT" (Extensión), al final del texto.

Figura: 3.4.13 Paso a paso plataforma Block de notas



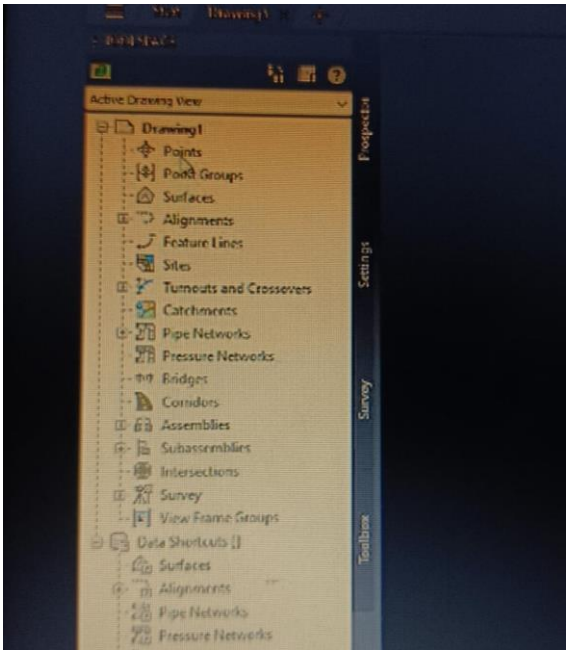
Fuente: Creación propia.

3.5 Modelado exterior mina.

Para el modelado exterior de la Mina Maily se utilizó la siguiente plataforma Software CIVIL 3D, herramienta que de acuerdo con sus características dentro de sus principales requerimientos es construir una superficie de modelación la cual ayudara a darle una forma 3d y hacer un reconocimiento a los 242 puntos que fueron tomados en el levantamiento topográfico en la Mina Maily.

La forma de exportar los puntos al software indicado es a través de la extensión TXT, la cual debe contener los parámetros de la numeración de los puntos, coordenadas Norte, coordenada Este, Elevación y Descripción, una vez exportado se genera el perímetro de modelación para posteriormente efectuar la modelación de la superficie utilizando los tres vectores X, Y, Z. Es importante indicar que al momento de exportar los puntos estos se encuentran georreferenciado mediante el levantamiento inicial.

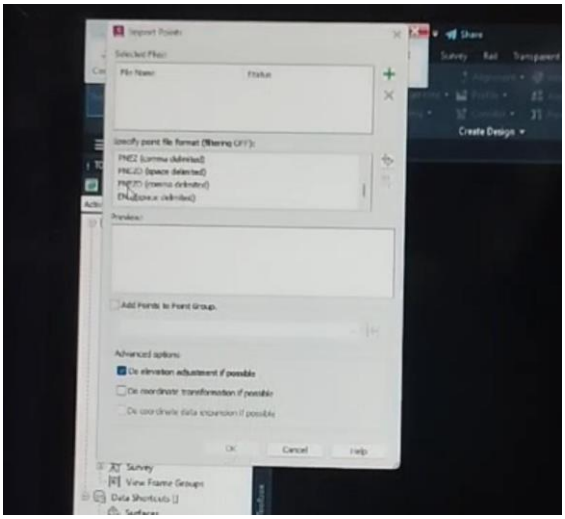
Figura 3.5.1 Paso a paso Software CIVIL 3D.



Fuente: Creación propia.

Primeramente se dirige a la opción “Points”, el cual nos mostrara distintas opciones, de todas las opciones sugeridas se optó por la opción “crear”.

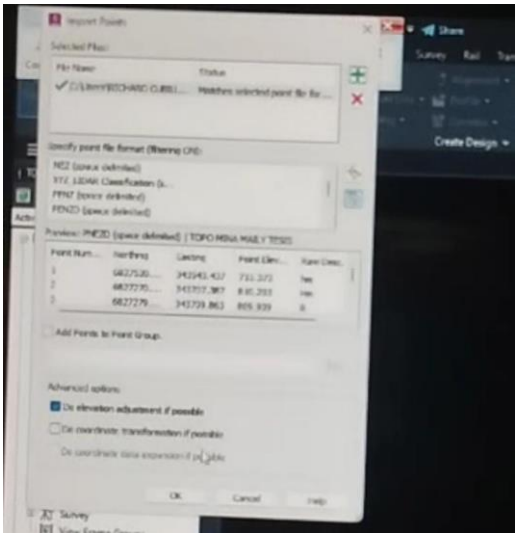
Figura 3.5.2 Paso a paso Software CIVIL 3D.



Fuente: Creación propia.

Al apretar la opción ya mencionada nos arrojara un tablero con múltiples opciones, la de interés es “PNEZ (Space limited), lo que significa Punto, Norte, Este, Cota y Descripción.

Figura 3.5.3 Paso a paso Software CIVIL 3D.



Fuente: Creación propia.

Luego hay que dirigirse a los archivos y buscar el documento ya transformado a TXT, al abrir el archivo mencionado anteriormente nos arrojara las coordenadas que se obtuvieron en el yacimiento minero.

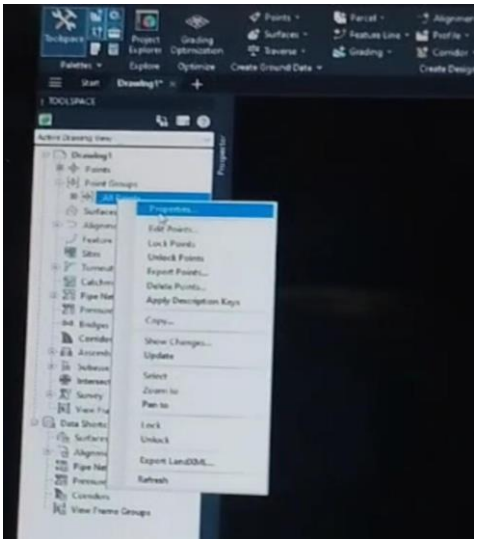
Figura 3.5.4 Paso a paso Software CIVIL 3D.



Fuente: Creación propia

En la pantalla negra del Software CIVIL 3D, se hace clic y se escribe zoom y se presiona el botón enter, al realizar estos pasos nos mostrara los puntos de una manera gráfica.

Figura 3.5.5 Paso a paso Software CIVIL 3D.



Fuente: Creación propia.

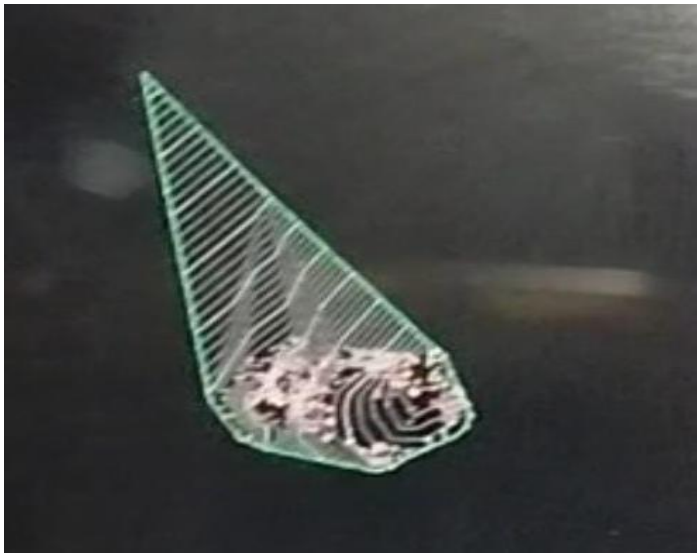
Figura 3.5.7 Paso a paso Software CIVIL 3D



Fuente: Creación propia.

Paso siguiente se debe dirigir a “All Points”, al presionarlo arrojara varias opciones, escogiendo “Propiedades”, esta opción nos ayudara a configurar los puntos, dejándolos como: Nombre, descripción y cota.

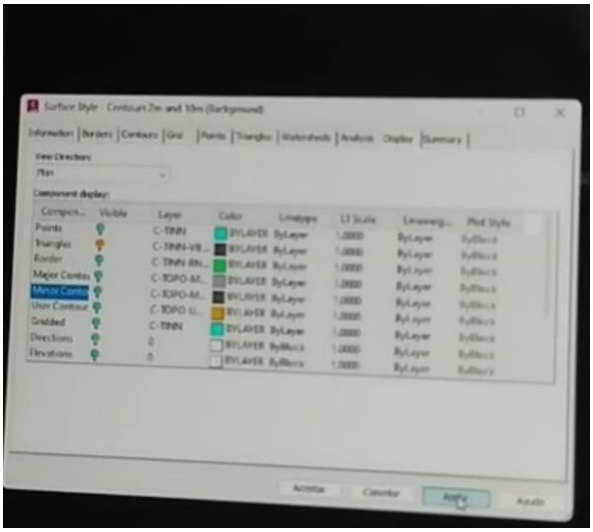
Figura 3.5.8 Paso a paso Software CIVIL 3D.



Fuente: Creación propia.

Se baja la escala del tamaño para que se aprecie mejor y se crea una superficie, el cual se cambió el nombre a “STN”, lo que significa Superficie Terreno Natural. Creada la superficie hay que dirigirse a superficie terreno natural para luego escoger la opción “todos los puntos”, en esta opción agregamos todos los puntos, la cual en el modelado agregara lo que es las curvas de nivel.

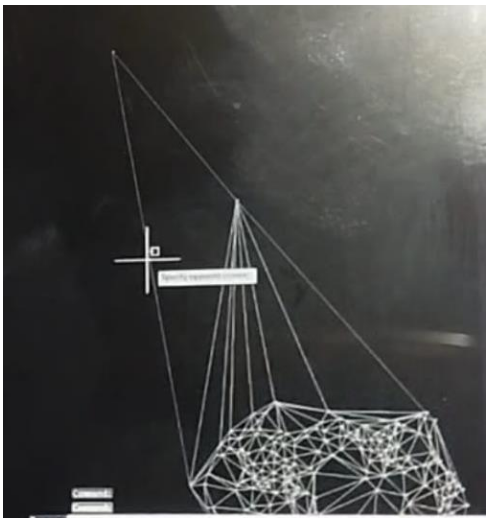
Figura 3.5.9 Paso a paso Software CIVIL 3D



Fuente: Creación propia.

Debemos mejorar el modelado, se vuelve a elegir Surface, pero esta vez eligiendo la opción Displey, que aquí desactivaremos las funciones del modelado que no es del interés de este proyecto, solo se deja activado la Triangulación.

Figura 3.5.9 Paso a paso Software CIVIL 3D.



Fuente: Creación propia.

Acto seguido borrar las líneas que no sirven para tener el modelado requerido.

CAPITULO IV: PRESENTACIÓN Y ANALISIS DE RESULTADO

4.1 Análisis del proyecto

La mina Maily ubicada en Alto del Carmen de la ciudad de Vallenar, Provincia de Huasco, III Región de Atacama, Chile. No contaba con un estudio topográfico lo que le impedía realizar proyectos de explotación sobre la mina, dicho levantamiento realizado con tecnología de punta, permitieron poseer una planimetría y altimetría de presión, pudiendo determinar orientación sobre fallas de estructuras que permitirán una mejor producción y diseño de las labores, con los datos obtenidos en el yacimiento logramos realizar un modelado 3D del exterior de la mina, la cual se realizó mediante el Software CIVIL 3D.

4.2 Análisis del resultado

Se debe entender que la metodología de trabajo que se usaba antiguamente ocupaba más tiempo y recursos, en cambio con las herramientas actuales, el tiempo del levantamiento topográfico y los recursos disminuyeron en menor cantidad. A pesar que los equipos tienen un alto valor económico se invierte mucho en ello, ya que estas herramientas son muy necesarias al momento de realizar algún procedimiento, así garantizando una gran precision al tomar los puntos topográficos y a la vez reduce eficazmente el tiempo de trabajo, además de facilitar llegar a lugares que antiguamente no se podía acceder tan fácilmente, se obtuvo una recopilación de emplazamiento a las obras que no se sabía su emplazamiento en sí, se conocieron altitudes y lo más importante se le entrego un gran mejoramiento a la mina otorgándole una topografía georrenferenciada,.

Al ejecutar el levantamiento topográfico georreferenciado se obtuvieron resultados de perfiles lo que nos permiten visualizar y analizar las características del

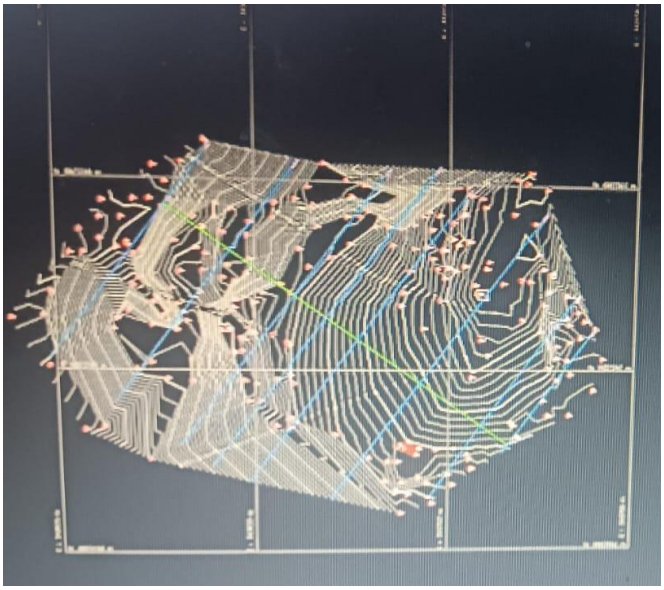
terreno a lo largo de una línea específica, lo que resulta útil en diversas aplicaciones en estudios geológicos o diseño de accesos en el yacimiento minero, además se obtuvieron curvas de nivel, estas son muy útil, ya que representa la superfie y permite tener una visualización de manera simultánea en areas planas y empinadas, estas curvas de nivel son líneas que unen todos los puntos tomados en el terreno que tienen la misma altura sobre el nivel medio del mar, trazando una separación con una altura determinada

Se determinó la metodología con el fin de optimizar el tiempo del levantamiento y considerando utilizar un HM como punto de amarre que permitió mejorar la precisión y estabilidad tridimensional del levantamiento. Se procedió a utilizar esta metodología para obtener como resultado una superficie potencialmente reflejada en la realidad de la realización de los levantamientos exterior mina, la información se pudo recopilar con el apoyo de la herramienta GPS geodésico con doble frecuencia, que facilito la obtención de los 242 puntos en distintas areas y distancias del yacimiento minero, con el levantamiento topográfico georreferenciado se obtuvieron curvas de nivel, desniveles, se emplazaron obras que en este caso son piques, socavones, pendientes, desniveles, emplazamientos de obras, ubicaciones de faena y accesos para la mejoría del traslado ya sea de maquinarias o uso peatonal, con los datos obtenidos en el yacimiento se pudo realizar perfiles transversales y longitudinal. Lo mencionado anteriormente, será de gran utilidad para un futuro, ya que la mina solo contaba con un Hm y un lindero

Al obtener las coordenadas Norte, Este, Elevación y Descripción, todos los puntos determinados en terreno se procesaron, se georreferenciaron y se optó por la utilización de la herramienta Software CIVIL 3D que ayudo a la modelación de estos puntos mencionados anteriormente, entregando como resultado una superficie de terreno y las curvas de nivel. Lo primero que se debía tener es el emplazamiento Planimétrico esta técnica consiste en la realización de mediciones sobre el plano horizontal, es decir, sin tomar en cuenta las alturas, con el objetivo de obtener un mapa preciso y detallado del terreno y el emplazamiento Altimétrico que tiene por objetivo determinar la diferencia de alturas entre distintos puntos del espacio respecto del plano que se está usando como referencia. Gracias a las cotas que cada punto tenia se obtuvo un punto que cuenta con georreferencia, planimetría y altimetría, todos estos puntos lo toma el CIVIL 3D, para así

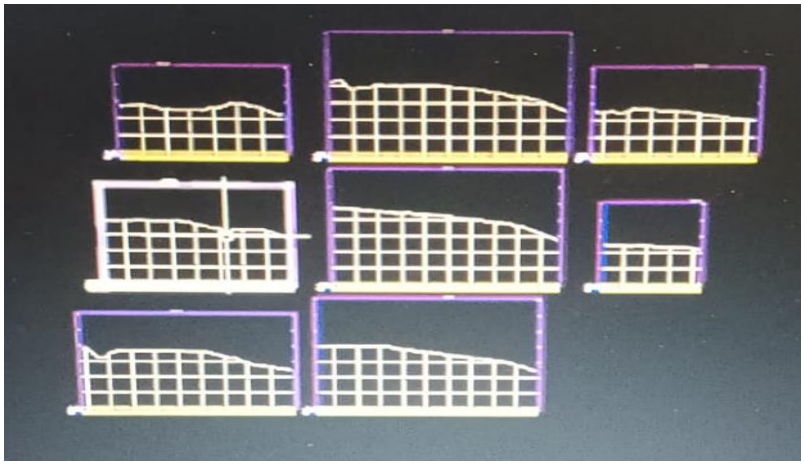
modelar y realizar el proceso de triangulación esta técnica nos permite medir distancias a partir de los vértices proyectados de triángulos y hacer el cálculo de los lados Este tipo de medición es ideal para áreas de gran extensión que exigen datos precisos, gracias a la triangulación obtenemos las curvas de nivel.

Figura 4.2 Curvas de nivel.



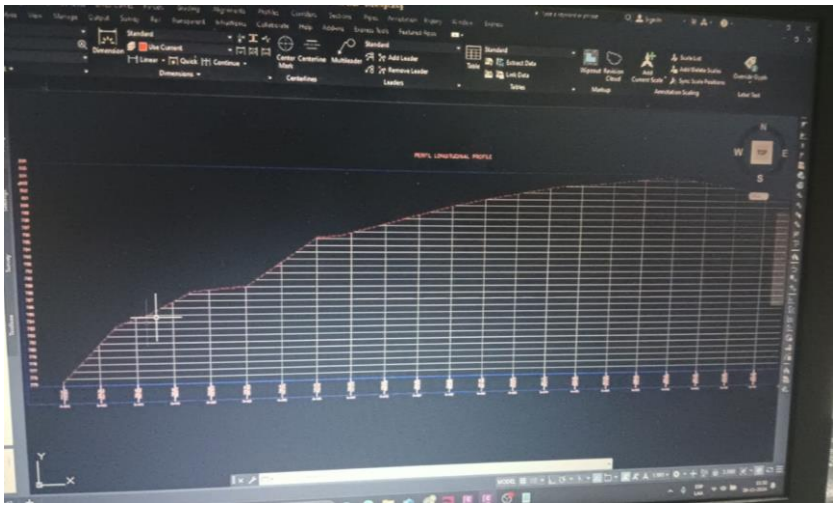
Fuente: Creación propia.

Figura 4.3 Perfiles trasversales



Fuente: Creación propia

Figura: 4.4 Perfil longitudinal.



Fuente: Creación propia.

CAPÍTULO V: CONCLUSIÓN

El desarrollo de esta investigación sobre el levantamiento topográfico en la Mina Maily ha permitido cumplir de manera efectiva los objetivos planteados, contribuyendo de forma significativa al avance de las actividades en el yacimiento. La verificación del terreno de la mina, realizada con el apoyo de técnicas de georreferenciación y equipos de última tecnología, ha garantizado que la zona es apta para continuar con las labores mineras, asegurando la viabilidad de las operaciones.

La buena coordinación entre el área topográfica y el encargado de la mina ha sido fundamental para identificar y definir las áreas a trabajar, lo que permitió una planificación eficiente del proceso. Además, la materialización de los vértices de apoyo ha facilitado enormemente las mediciones en terreno, mejorando la precisión y reduciendo los tiempos operativos en el yacimiento.

El uso del GPS geodésico y la posterior recopilación de datos precisos han sido crucial para la creación del plano geológico, permitiendo obtener la información necesaria para realizar un análisis detallado de la topografía de la mina.

El levantamiento topográfico realizado ha sido un pilar fundamental para el proyecto minero, proporcionando datos precisos y actualizados que respaldan la planificación y ejecución de futuras actividades. La implementación de estas metodologías ha demostrado ser altamente eficaz, no solo en la mejora de la precisión de los trabajos, sino también en la optimización de los recursos, garantizando una operación más eficiente y sostenible en el largo plazo

Bibliografía

Closer Drone. (s.f.). Recuperado el octubre de 2024, de Closer Drone: https://closerdrone.com/que-es-una-linea-base-topografica/

Fernandez, Y. (octubre de 2022). *Topos servis*. Recuperado el octubre de 2024, de Topos servis: https://toposervis.com/sistemas-gnss-que-debes-conocer/

GROUP, S. M. (2024). Cientec instrumentos cientificos S.A. https://cientecinstrumentos.cl/que-es-un-levantamiento-topografico/. Recuperado el Agosto de 2024, de Cientec instrumentos cientificos S.A: https://cientecinstrumentos.cl/que-es-un-levantamiento-topografico/

Topo Servis . (2024). Recuperado el 10 de Noviembre de 2024, de Topo Servis : https://toposervis.com/conoce-el-receptor-rtk-y-sus-funciones/#:~:text=El%20posicionamiento%20RTK%20es,real%2C%20obteniendo%20una%20exactitud%20subm%C3%A9trica.

Topo tienda. (octubre de 2024). Recuperado el octubre de 2024, de Topo tienda: https://topotienda.com/blog/noticias/principios-basicos-de-la-topografia.html

Valencia, U. p. (Octubre de 2024). *Riunet.* Recuperado el Octubre de 2024, de Riunet: https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/10772/Coordenadas%20UTM.pdf

Villner. (21 de septiembre de 2021). Obtenido de Villner: https://villner.cl/gps-geodesico-topografico-que-significa/?srsltid=AfmBOoozLUDlGpxjuoEodAQ7FvThNa71CXSTr5w1KW0yKt3EhGGJtVFj