



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA
INSTALACIÓN DE UN LABORATORIO
SUBTERRÁNEO DENTRO DEL GEOPARQUE
MUNDIAL DE LA UNESCO «COMARCA
MINERA, HIDALGO»**

TESIS

Que para obtener el título de
Ingeniero de Minas y Metalurgia

P R E S E N T A

Iván Gustavo Vallejo Castillo

DIRECTOR DE TESIS

Dr. Carles Canet Miquel



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2020

AGRADECIMIENTOS

Gracias a la **Universidad Nacional Autónoma de México** y a La **Facultad de Ingeniería**, por abrirme sus puertas, por darme las bases para desempeñar en la vida laboral y hacerme pertenecer a esta gran casa de estudios.

Al **proyecto Británico “Materia Oscura: *Instrumentation Development to Observe the Invisible*”** quien apoya y colabora con el proyecto LABChico a través del Instituto Física e Instituto de Ciencias Nucleares.

Al fondo **Global Challenges Research Fund (Foundation Awards, Grant ST/R002908/1)**, del Science and Technology Facilities Council de Reino Unido, ya que el apoyo financiando las salidas de campo y las actividades de LABChico, hacen posible este proyecto y este trabajo.

Al **proyecto LABChico** por permitirme ser partícipe del mismo, y poder realizar este trabajo que sirvió para iniciar las siguientes fases que lo llevaran a culminar, así como también por su apoyo económico durante las salidas de campo.

Al **Geoparque Comarca Minera**, quien es otro apoyo y colaborador para LABChico, y que a través de sus miembros ha sido posible el llevar a cabo este trabajo.

Al **Dr. Carlos Garza** (Facultad de Ingeniería) colaborador de GCM, por prestarme el primer equipo (la plancheta) y motivarme a aprender el uso del mismo.

Al **Ing. Benito Gómez** (Facultad de Ingeniería) Coordinador de la Carrera de Ingeniería Geomática, por apoyar al proyecto prestando el equipo (estación total).

Al **Ing. Javier Mancera** (Facultad de Ingeniería) colaborador de LABChico, por su apoyo al prestar un equipo (estación total) para mejorar los detalles del trabajo, por la motivación que me brindo para culminar mi tesis.

Al **Dr. Erick Vázquez**, a la **Dra. Estela Garcés** y al **Dr. Adiv Gonzales** (Instituto de Física de la UNAM) quienes son miembros del grupo de trabajo de LABChico, y me brindaron apoyo y entusiasmo para realizar este trabajo.

Al **Dr. Juan Carlos D’Olivo** (Instituto de Ciencias Nucleares de la UNAM) por el apoyo brindado durante la trayectoria que me llevo realizar el trabajo.

Al **Dr. Alexis Aguilar** (Instituto de Ciencias Nucleares de la UNAM) por el apoyo brindado durante la trayectoria que me llevo realizar esta labor, y quien dio seguimiento durante los avances del proyecto, por la ayuda y motivación a concluir mi trabajo.

Al **Ingeniero Mauricio Martines** (Instituto de Ciencias Nucleares de la UNAM), por apoyo, sus ideas y contagiarme de entusiasmo por aprender; por su ayuda en las salidas de campo, por el tiempo compartido, el aprendizaje y las risas.

Al mi asesor el **Dr. Carles Canet** director científico del Geoparque (Centro de Ciencias de la Atmosfera) por su paciencia durante esta larga trayectoria, por comprometerse con este trabajo que, aunque está alejado de su área de estudio me brindo su apoyo y ayuda, por ayudarme a crecer evidenciando mis errores cuantas veces fuera necesario y también por hacerme ver mis aciertos sobre el trabajo.

A la **Dra. Abigail Franco** (Instituto de Geofísica) por todo su apoyo durante los primeros levantamientos.

Al **Ingeniero Miguel Cruz** (Instituto de Geofísica) por su apoyo, comprensión durante todo el trabajo y por todos los consejos y motivación que me brindo para terminar esta tesis.

A la **Ingeniera Erika Salgado** (Instituto de Geofísica) por todo su apoyo y motivación durante el tiempo que tomo realizar esta tesis.

Al **Sr. Marcelino Paredes** (Mineral del Chico), por brindarnos la confianza para realizar trabajos en la mina de Guadalupe y permitirnos ingresar cuando fue necesario.

Al **Sr. Otilio** (Mineral del Chico), por brindarnos transporte y hospedaje durante todas las salidas, así como su guía y experiencia dentro de la localidad.

Al **Sr. Valdemar López** (Mineral del Chico), por brindarnos la confianza para realizar trabajos en la mina de San Antonio y permitirnos ingresar cuando fue necesario.

Al **Ingeniero José Luis Castañón**, gracias por asesorarme cuestiones técnicas que me llevaron a poder realizar esta tesis, por la disponibilidad que me brindo siempre que tuve una duda.

Al **Ingeniero Víctor Fabian Mendoza** (Facultad de Ingeniería) por su amistad, por ser un excelente profesor en la facultad, por sus ideas y su clase ya que fue un apoyo fundamental para este trabajo.

A **Eduardo Gonzales** (Facultad de Ingeniería) compañero, gran amigo y colaborador de LABChico, gracias por el apoyo brindado en campo, por los momentos compartidos, y porque al concluir nos vimos en una etapa difícil pero el trabajo que realizamos rindió frutos para ambos.

A **Ricardo Martínez y Moises Gonzales** (Facultad de Ingeniería), por todo el apoyo brindado al comienzo del proyecto durante el primer levantamiento.

A **Luz del Carmen Rivera** (Facultad de Filosofía Y Letras) por estar en mi vida a lo largo del tiempo en formas distintas, desde hace años siendo inspiración y gran soporte intelectual.

A mi madre **Maribel Castillo**, por el esfuerzo que realizo durante años para mi educación, y por su apoyo incondicional en todos los momentos difíciles que la vida me ha puesto, por estar conmigo siempre y enseñar el camino que debía seguir.

A mi padre **Margarito Vallejo**, por el apoyo que siempre me ha brindado a pesar de las tempestades, por confiar incondicionalmente en mí, mis capacidades y las decisiones que he tomado, y por la paciencia que me ha tenido.

A mis hermanos **Rosario García, Carlos Vallejo y Ángel Vallejo**, porque sin ellos y nuestras experiencias juntos no estaría escribiendo estas palabras, porque han sido inspiración para concluir mis estudios, porque siempre me han brindado apoyo cuando lo he necesitado y me han motivado a ser siempre mejor.

A **Jenifer Nolasco**, porque desde el día que nos conocimos ha sabido motivarme para lograr mis metas, porque es ejemplo de dedicación y trabajo duro, porque me ha sabido hacer ver mis errores y poder trabajar en ellos, porque está conmigo sin importar las circunstancias.

A mis amigos de toda la vida **Armando Gracia, Tlaolli Molotla, Eduardo Romero y Carlos Cabello**, por ser ejemplo para mí, por haberme cuidado de distintas maneras a lo largo de nuestra amistad y porque aun cuando estamos lejos nuestra amistad sigue tan viva como cuando éramos niños.

A mis amigos de la carrera **Alejandro García, Antonio Vargas, Silvia Fernández y Perla Sánchez**, por brindarme su amistad, por los momentos de estudio que tuvimos juntos y gracias a ello nuestra amistad se fortaleció, por las risas y anécdotas que logramos y porque en momentos y formas diferentes cada uno me ayudó a crecer e hicieron amena mi estancia en la universidad.

Finalmente agradezco a todas las personas que a lo largo de mi vida he conocido y me han ayudado ser una persona de bien, a trabajar en mis errores pues sin ellos no estaría hoy escribiendo esto gracias.

ÍNDICE

I.	RESUMEN	1
II.	ABSTRACT	2
III.	INTRODUCCIÓN	3
IV.	OBJETIVO GENERAL	5
V.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	5
VI.	HIPÓTESIS	5
1.	ANTECEDENTES	6
1.1	¿QUÉ ES EL GEOPARQUE MUNDIAL DE LA UNESCO «COMARCA MINERA, HIDALGO»?	7
1.1.1	El geositio “Obras mineras de El Milagro”	9
1.1.2	¿Por qué un laboratorio en el Geoparque Mundial UNESCO «Comarca Minera de Hidalgo»?.....	9
1.2	LOS LABORATORIOS SUBTERRÁNEOS EN EL MUNDO.....	11
1.3	EL FUTURO LABORATORIO DE MINERAL EL CHICO “LABCHICO”	13
1.3.1	¿Qué se va a medir en el laboratorio?	13
1.3.1.1	Instrumentos para la medición	16
1.4	LA MINERÍA Y LOS LABORATORIOS	18
2.	ASPECTOS FÍSICOS.....	19
2.1	LOCALIZACIÓN.....	20
2.2	HISTORIA DE LA MINERÍA EN MINERAL DEL CHICO	21
2.3	GEOLOGÍA	23
3.	MARCO TEÓRICO.....	25
3.1	TOPOGRAFÍA SUBTERRÁNEA.....	26
3.1.1	Métodos para topografía	26
3.1.2	Métodos utilizados.....	27
3.1.2.1	Métodos de planimétricos utilizados	27
3.1.2.1.1	Método de radiación.....	28
3.1.2.1.1.1	Procedimiento.....	28
3.1.2.1.2	Método del itinerario.....	29
3.1.2.1.2.1	Procedimiento.....	30
3.1.2.2	Altimetría en la Topografía Superficial.....	30

3.1.3	Modelo digital de elevaciones	31
3.1.4	Instrumentación utilizada	32
3.1.4.1	La plancheta	32
3.1.4.2	La estación total	33
3.2	SOFTWARE UTILIZADO	35
3.3	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS PARA LA LOCALIZACIÓN DE LA ZONA	37
4.	PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA SELECCIÓN DEL SITIO	38
4.1	TRABAJOS EN CAMPO	39
4.1.1	Primer levantamiento	39
4.1.1.1	Reconocimiento de la mina Guadalupe	40
4.1.1.2	Levantamiento de la mina Guadalupe	40
4.1.2	Segundo levantamiento	42
4.1.2.1	Reconocimiento de la mina San Antonio	43
4.1.2.2	Levantamiento de la mina San Antonio	43
4.2	TRABAJO EN GABINETE	45
4.2.1	Primer levantamiento	45
4.2.1.1	Importación de datos	46
4.2.1.2	Modelado de los datos	47
4.2.2	Segundo levantamiento	48
4.2.2.1	Importación de datos	49
4.2.2.2	Modelado de los datos	50
4.2.3	Selección de las zonas	51
4.3	CREACIÓN DE UN MODELO DIGITAL DE ELEVACIONES.....	53
4.3.1	Distancias medidas.....	55
4.4	ANÁLISIS DE LAS DISTANCIAS	59
5.	DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA	61
5.1	RECONOCIMIENTO	62
5.2	LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO	63
5.3	TRABAJO EN GABINETE	64
5.4	MODELO DIGITAL DE ELEVACIONES.....	65
5.5	ANÁLISIS DE DISTANCIAS.....	67
6.	RESUMEN DE ACTIVIDADES DE LABCHICO.....	69
7.	RECOMENDACIONES	71

8. ANALISIS DE RESULTADOS.....	72
9. CONCLUSIONES.....	74
VII. REFERENCIAS.....	75
VIII. ANEXO 1	79
IX. ANEXO 2.....	161

I. RESUMEN

El trabajo desarrollado a continuación refiere en 5 capítulos la descripción del cometido realizado para la selección de un emplazamiento donde se pueda realizar la instalación de un laboratorio subterráneo dentro de una mina turística en Geoparque Mundial UNESCO «Comarca Minera Hidalgo». Este será el primero de su clase en México y busca ser un centro de acercamiento a la ciencia para los habitantes de la región. Se exploró la mina para encontrar una zona que cumpla con una cobertura de roca óptima para el desarrollo; comenzando desde una breve información que identifica y describe la naturaleza del problema que se va a tratar, adicionando los temas que deben indicar la magnitud en la cual algunos estudios anteriores han investigado el tema para contextualizar el problema con los temas que deben conocerse para complementar pero que no competen al área de trabajo; de esta manera al poner en contexto se comienza con la región en la cual se lleva el caso de estudio, así como algunos aspectos básicos de la misma que competen al tema y al área, como lo son: la ubicación, la geología, el pasado minero que involucra al tema de investigación y que es fundamental poner en hilo y comprender uno de los ideales del trabajo. Los temas y conceptos que son requeridos para realizar los trabajos en campo están recopilados como justificación e investigaciones previas y consideraciones que sustenta el documento; se tratará brevemente un desglose de la topografía subterránea y sus métodos que fueron principalmente lo que se hizo para obtener los resultados, así como una descripción del programa utilizado para justificar el uso y aplicación al área minera. Al tener desarrollado las técnicas utilizadas en campo se describen los procedimientos utilizados en gabinete para poder llegar a la metodología que cuantifica la cobertura de roca; realizando un modelado tridimensional de la zona y las minas; concluyendo así con un análisis espacial de las distancias y dar principio a la selección del emplazamiento más óptimo, resumiendo y generalizando la metodología para poder una serie de recomendaciones al proyecto y así se pueda continuar enriqueciendo con otros trabajos complementarios que abrirán puertas a la continuidad y desarrollo del futuro laboratorio, cimentando con este trabajo la justificación para decir es óptimo el desarrollo del proyecto en la zona seleccionada.

II. ABSTRACT

The work developed next recounts in 5 chapters the description of the assignment realized for the selection of an emplacement where it is possible to realize the installation of an underground laboratory inside a tourist mine in Geoparque Mundial UNESCO «Comarca Minera Hidalgo». East will be the first one of its class in Mexico and it thinks about how to be a center of approach to the science for the inhabitants of the region. The mine was explored to find an area that expires with a coverage of ideal rock for the development; beginning from a brief information that identifies and describes the nature of the problem that is going to talk each other, adding the topics that must indicate the magnitude in which some previous studies have investigated the topic for contextualizar the problem with the topics that must be known to complement but that not competen to the work area; this way on having put in context, it is begun by the region in which the case of study takes, as well as some basic aspects of the same one that competen to the topic and to the area, as they it are: the place, the geology, the mining past that it involves to the investigation topic and that is fundamental to put in thread and comprehension one of the ideals of the work. The topics and concepts that are needed to realize the works in field are compiled like justification and previous investigations and considerations that the document sustains; there will talk each other briefly a breakdown of the underground topography and its methods that were principally what was done to obtain the results, as well as a description of the program used to justify the use and application to the mining area. On having had developed the skills used in field, the procedures used in office are described to be able to come to the methodology that quantifies the rock coverage; realizing a three-dimensional modeling of the area and the mines; concluding this way with a spatial analysis of the distances and to give beginning to the selection of the most ideal emplacement, summing up and generalizing the methodology to be able a series of recommendations to the project and this way it is possible to keep on enriching with other complementary works that will open doors for the continuity and development of the future laboratory, establishing with this work the justification to say the development of the project is ideal in the chosen area.

III. INTRODUCCIÓN

En el presente documento se presenta una propuesta para la localización de un emplazamiento dentro de una mina subterránea, donde se instalará para la medición de bajos niveles de radioactividad presente de manera natural en diferentes materiales, razón por la que es subterráneo pues la cobertura de roca ayudará para reducir el ruido en los instrumentos debido a los rayos cósmicos que llueven continuamente sobre la superficie y así mejorar la sensibilidad de los aparatos. Si bien existen instalaciones subterráneas en el mundo con intereses similares (Bettin, 2012) a las del laboratorio que se pretende instalar, en México no se cuenta con algún laboratorio de esta clase, en el año 2006 se hizo la propuesta de la creación de un laboratorio subterráneo bajo la convocatoria de mega proyectos del CONACYT. Habiendo dentro del Geoparque Mundial UNESCO «Comarca Minera Hidalgo» (GCM) un par de minas turísticas se realiza la propuesta de utilizarlas para el estudio y así definir si se puede instalar el futuro laboratorio, estas minas se encuentran en el estado de Hidalgo, municipio de Mineral el Chico. El futuro laboratorio será de carácter educativo y científico, es decir, además de brindar la oportunidad a estudiantes de todos los niveles y la población en general, permitirá desarrollar temas de investigación científica. Será también un punto clave para la atracción de turismo a la zona de Mineral el Chico, donde se encontrará, ya que podrá ser observado y visitado por personas sin conocimiento del tema.

El proyecto de este laboratorio subterráneo de baja radioactividad es de interés para el Instituto de Ciencias Nucleares (ICN) y el Instituto de Física (IF) ambos de la UNAM quienes llevarán a cabo la operación y administración del ahora llamado LABChico, además trabajando en conjunto con el GCM debido a que como se menciona es éste quien dentro de uno de los geositorios (Obras mineras del Río El Milagro) alberga la zona del laboratorio. Aunque el proyecto aún se encuentra en la fase de desarrollo y planeación, actualmente se realizan actividades de divulgación mediante redes sociales (Twitter: @LAB_Chico, FaceBook: LABChico: Laboratorio Subterráneo de Mineral del Chico y un canal del YouTube: LABChico) y jornadas de ciencia que explican acerca de este, así como de temas que resultan interesantes para fomentar la ciencia. A Partir de este trabajo el proyecto de LABChico se ha dado paso para iniciar la proyectar la construcción y aunque esto requiere de tiempo para llevarse a cabo completamente, las bases del trabajo para la selección del emplazamiento son la propuesta que brinda la oportunidad para seguir con el desarrollo del laboratorio.

El presente trabajo nos llevó a poder establecer cuál de las minas del geositorio Obras Mineras Río el Milagro cumple de la mejor manera con las características para llevar a cabo el desarrollo del laboratorio y más selectivamente si existe un emplazamiento óptimo para instalar el LABChico. Es una oportunidad para aplicar los conocimientos de la minería, en conjunto con un grupo multidisciplinario. Además, este proyecto

brinda un nuevo periodo de vida a la mina no sólo por el turismo, sino da oportunidad de dar un nuevo uso al patrimonio minero de la zona.

La investigación abarcara conocimientos en topografía subterránea y superficial que serán importantes para la caracterización, localización y selección del sitio, así mismo se hablará de los laboratorios subterráneos alrededor del mundo, así como de los experimentos a realizar en LABChico, y de igual forma del GCM ya que al ser éste quien albergue el proyecto es importante conocer acerca de cómo un geoparque utiliza su patrimonio geológico, y sus características de patrimonio natural y cultural, para aumentar y fomentar la conciencia y la comprensión del aprovechamiento sostenible de los recursos de la Tierra (UNESCO, 2017). Se hace uso de herramientas como software de Diseño Asistido (CAD) con aplicación en minería para la generación de un modelo tridimensional, el cual permitirá realizar la selección del sitio óptimo para la instalación del futuro laboratorio. En las minas se generan propuestas con la finalidad de seleccionar la mejor zona, bajo los criterios técnicos brindados por el ICN que son la parte fundamental para la selección debido a que el sitio debe cumplir con ciertas características, mismas que serán mencionadas en el Capítulo 2 del presente trabajo.

Como resultado final y principal, se obtiene la localización del sitio donde se instalará LABChico, acompañada del modelo tridimensional de la zona, lo cual dará pie a comenzar la elaboración, instalación y desarrollo del proyecto. Se incluye también una metodología de manera generalizada del procedimiento realizado para la selección de un emplazamiento subterráneo que puede abrir paso a nuevas propuestas para futuros proyectos de la misma naturaleza.

Desarrollar este trabajo brinda un enfoque diferente de la minería, y la relación que puede esta tener con otras disciplinas como la física, además del nuevo uso que se le puede dar a las instalaciones subterráneas. Minas como las utilizadas en este trabajo que llevan a cabo actividades turísticas por el agotamiento de sus recursos son idóneas para el desarrollo de proyectos educativos. La instalación de este tipo de laboratorios permite desarrollar actividades científicas tales como la medición de la radiación natural que se espera del ambiente y mostrar que la radiación es una característica natural, en ocasiones difícil de detectar y que además brinda nuevos conocimientos y abren las puertas a estudiantes interesados en estos campos; también, y no menos importante pero al encontrarse este sitio dentro del GCM se fomenta el geoturismo y se enriquece con nuevos trabajos y conocimientos, dándole nueva vida a la región.

IV. OBJETIVO GENERAL

Un aspecto fundamental en los laboratorios subterráneos es la cobertura de roca, de acuerdo a ello, el objetivo general de este trabajo es seleccionar un emplazamiento óptimo para un laboratorio subterráneo de física (altas energías y baja radiactividad), que cumpla con las características adecuadas destacando la cobertura en una mina subterránea del Geoparque Mundial UNESCO «Comarca Minera Hidalgo».

V. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Seleccionar la mejor zona en función de la cobertura de roca y el espacio para la instalación.
- Hacer uso de los conocimientos de la Ingeniería de Minas, para abrir campo en una nueva área de desarrollo multidisciplinario.
- Elaborar un conjunto de secciones que permitan cuantificar la cobertura de roca y que puedan ser usadas para modelar la atenuación de partículas de alta energía.

VI. HIPÓTESIS

El emplazamiento óptimo para las futuras instalaciones subterráneas puede ser determinado de manera objetiva con la aplicación sistemática de métodos de la Ingeniería de Minas.

La caracterización espacial de la mina que albergará el laboratorio de física permitirá, además, un mejor aprovechamiento de la misma con fines educativos, científicos y turísticos.

1. ANTECEDENTES

Este capítulo tiene como objetivo dar la información que identifica y describir la naturaleza del problema que se va a tratar, asimismo, se contextualizará el problema con los temas que deben conocerse para complementar pero que no competen al área de trabajo. De esta manera, se conocerá sobre los tópicos que describen al GCM y el porqué de un laboratorio dentro de éste, temas también como los laboratorios que hay en el mundo para entender de manera sencilla el objetivo de los mismos y así poder ir dirigiendo el texto hacia el LABChico (Laboratorio subterráneo de Mineral del Chico y los experimentos que dentro este serán realizados.

1.1 ¿QUÉ ES EL GEOPARQUE MUNDIAL DE LA UNESCO «COMARCA MINERA, HIDALGO»?

El GCM es uno de los territorios pertenecientes a la red global de geoparques, el cual fue nombrado de este modo el 5 de mayo de 2017; la UNESCO define un geoparque de la siguiente manera: “son áreas geográficas únicas y unificadas, en las que se gestionan sitios y paisajes de importancia geológica internacional, con un concepto holístico de protección, educación y desarrollo sostenible.” (UNESCO, 2017). Dicho de otra forma, es una extensión de terreno única, tanto por sus características geológicas de flora y fauna, como por sus tradiciones, cultura y gastronomía etc, razones por las que se le otorga el nombramiento por la UNESCO a la Comarca Minera que abarca nueve municipios del estado de Hidalgo:

1. Atotonilco el Grande
2. Epazoyucan
3. Huasca de Ocampo
- 4. Mineral del Chico**
5. Mineral de la Reforma
6. Mineral del Monte
7. Omitlán de Juárez
8. Pachuca de Soto
9. Singuilucan

Dentro de los municipios del GCM se localizan los denominados geositos que se definen “porque expresan la historia geológica del territorio y revelan su relación con la cultura y la creación de espacios históricos a partir de la minería y la metalurgia” (Geoparque Hidalgo, 2016); hay actualmente 31 geositos en el GCM y en cada uno de ellos resalta la importancia para la ciencia y la educación a través de su historia, la mayoría de éstos puntos sobresalen por su belleza natural. Los geositos que se enumeran a continuación: (Figura 1 Geoparque Hidalgo, 2016).

- | | |
|---------------------------------------|--|
| 1. Aguas termales Amajac | 12. Ex-Hacienda de La Purísima |
| 2. Barranca de Aguacatitla | 13. Mirador Cerro del Lobo |
| 3. Cantera Tezoantla | 14. Mirador Las Ventanas |
| 4. Cerro de Las Navajas | 15. Museo del PASTE |
| 5. Cerro de San Cristóbal | 16. Museo de Mineralogía |
| 6. Cristo Rey | 17. Obras mineras de El Milagro |
| 7. Depósitos tobáceos de Cubitos | 18. Panteón Inglés |
| 8. Depósitos volcánicos de El Chico | 19. Parque Estatal Bosque El Hiloche |
| 9. Estructuras volcánicas de La Paila | 20. Peña del Aire (Mirador del León) |
| 10. Ex-Convento de San Agustín | 21. Peña del Cuervo |
| 11. Ex-Convento de San Andrés Apóstol | 22. Peña del Diablo – Piedra del Comal |

- 23. Peñas Cargadas
- 24. Peñas Las Monjas
- 25. Presa El Cedral
- 26. Presa San Antonio
- 27. Prismas Basálticos

- 28. Reloj Monumental
- 29. Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán
- 30. San Miguel Regla
- 31. Traquita El Guajolote

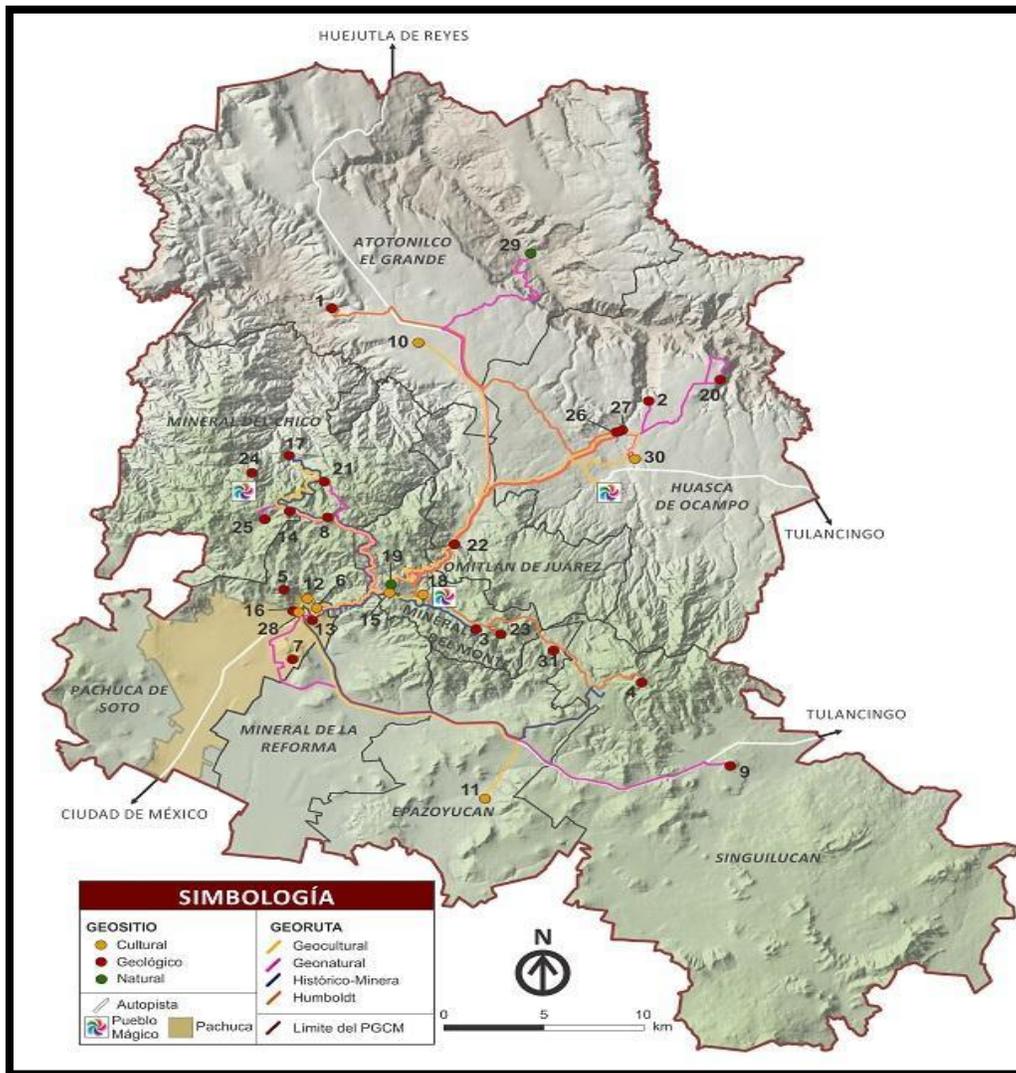


Figura 1. Mapa del Geoparque Comarca Minera (Geoparque Hidalgo, 2016).

El área es considerada como un refugio de la biota, y conserva un conjunto de ecosistemas frágiles de zonas áridas subtropicales y boscosas templadas, que contienen una gran riqueza de flora y fauna de importancia científica, económica, social y cultural. Tiene una belleza paisajística impresionante por sus condiciones orográficas, topográficas y geomorfológicas (Fundación UNAM, 2017).

1.1.1 El geosítio “Obras mineras de El Milagro”

Las obras mineras del río El Milagro son uno de los geosítios dentro del GCM. Éstas se encuentran ubicadas en el municipio de Mineral del Chico, el cual desde su fundación en el año de 1821 ha sido un pueblo con tradición minera. Dentro de la localidad se encuentran diversas minas que han sido explotadas durante diferentes épocas, comenzando algunas desde la época de la colonia, aproximadamente a partir de 1565 (Mineral del Chico, 2019).

Son dos minas las que conforman el geosítio: la mina de *Guadalupe* y la mina de *San Antonio*, mismas que actualmente se han adaptado y acondicionado para ofrecer recorridos guiados, que acercan al público un poco al ambiente minero original (Figura 2).



Figura 2. Entrada a las minas del Geosítio Obras Mineras del río El Milagro, al lado izquierdo tenemos la mina Guadalupe y de lado derecho la mina San Antonio.

1.1.2 ¿Por qué un laboratorio en el Geoparque Mundial UNESCO «Comarca Minera de Hidalgo»?

Existen diferentes argumentos para justificar el futuro laboratorio de Mineral del Chico, de aquí en adelante LABChico, pero el principal para el proyecto es que dará un nuevo uso al patrimonio geológico y minero en beneficio de la educación, la cultura y la investigación. Además, las obras mineras de El Milagro por ser dos minas antiguas usadas desde 2012 con fines turísticos, son ideales para la instalación de un laboratorio, ya que el aprovechamiento turístico ayudará a fomentar diversos aspectos como la educación y la ciencia. Asimismo, en beneficio del patrimonio minero, el nuevo uso dará un nuevo fin a la vida útil de estas dos minas; ya que hoy en día sólo quedan las excavaciones expuestas sin ningún otro

fin que el de las visitas guiadas. Hasta hace unos años que se les dio un mínimo mantenimiento para utilizarse como un atractivo turístico; con el desarrollo de LABChico se fomentará el turismo especializado, además de darle un propósito científico a las minas y una nueva fuente de beneficio que ya no representa la explotación mineral sino el aprovechamiento científico para generar y difundir conocimientos de frontera.

Otro de los principales aspectos para la instalación del proyecto del futuro laboratorio se alinea con los objetivos de Geoparques Mundiales UNESCO, referidos a la agenda 2030 sobre el Desarrollo Sostenible, el cual hace hincapié en mejorar la calidad de vida, sin dejar a nadie atrás; dicha agenda aprobada en 2015 por la ONU, cuenta con diecisiete Objetivos de Desarrollo Sostenible, que incluyen desde la eliminación de la pobreza hasta el combate al cambio climático y que son: (Naciones Unidas, 2017):

1. Fin de la pobreza
2. Hambre cero
3. Salud y Bienestar
- 4. Educación de calidad**
- 5. Igualdad de género**
6. Agua limpia y saneamiento
7. Energía accesible y no contaminante
- 8. Trabajo decente y crecimiento económico**
9. Industria, innovación e infraestructura
- 10.Reducción de las desigualdades**
- 11.Ciudades y comunidades sostenibles**
- 12.Producción y consumo responsables
- 13.Acción por el clima
- 14.Vida submarina
- 15.Vida de ecosistemas terrestres
- 16.Paz, justicia e instituciones sólidas
- 17.Alianzas para lograr los objetivos**

Estos conforman un programa universal y ambicioso concebido con la participación activa de la UNESCO, por lo cual, el desarrollo de un laboratorio subterráneo dentro del GCM contribuye al crecimiento del mismo bajo estos objetivos, destacando de entre la lista anterior (en negritas) aquellos en los que LABChico podría tener una incidencia mayor.

En resumen, el desarrollo del laboratorio subterráneo está justificado principalmente por los puntos comentados, tales como los ODS; sin embargo, el aspecto técnico que fundamenta la viabilidad de un laboratorio en la zona se revisa el presente trabajo.

1.2 LOS LABORATORIOS SUBTERRÁNEOS EN EL MUNDO

Los laboratorios subterráneos actualmente se enfocan en la búsqueda y/o detección de los efectos de baja radiactividad de diferentes tipos de materiales, además de la detección de algunas partículas difíciles de percibir, cómo las partículas de neutrinos y, eventualmente, la materia oscura la cual hasta el momento no se ha detectado (Cebrián, 2017). Si bien estos son abundantes en el Universo, tienen interacciones tan débiles con la materia que nos rodea que son difíciles de detectar en la superficie debido a la cantidad de contaminantes que afectan a este tipo de pruebas; es decir, que la superficie se encuentra en ambiente una gran cantidad de partículas, mismas que desde su interacción en la atmósfera van descendiendo y quedando en su mayoría a nivel de la superficie terrestre (Arteaga, 2018); razón por lo que hace difícil su detección por la cantidad y diversidad de partículas, mientras que bajo tierra sólo muy raramente algunas de estas penetran las capas llegando a ser detectadas en instalaciones con la del futuro LABChico.

Hay alrededor de una docena de laboratorios subterráneos en el mundo, los cuales están dedicados principalmente a la detección de astropartículas (Bettini, 2012). Podemos observar en la Figura 3 un mapa con las instalaciones subterráneas más relevantes de todo el mundo; el tema principal: las astropartículas, que han sido de mucha importancia en el campo de la física y van de la mano de instalaciones subterráneas donde es posible su medición o detección. Se han aprovechado las obras subterráneas tales como los casos que se ubican en el mapa anterior; a pesar de ello, también se han realizado excavaciones exclusivas para estos laboratorios.

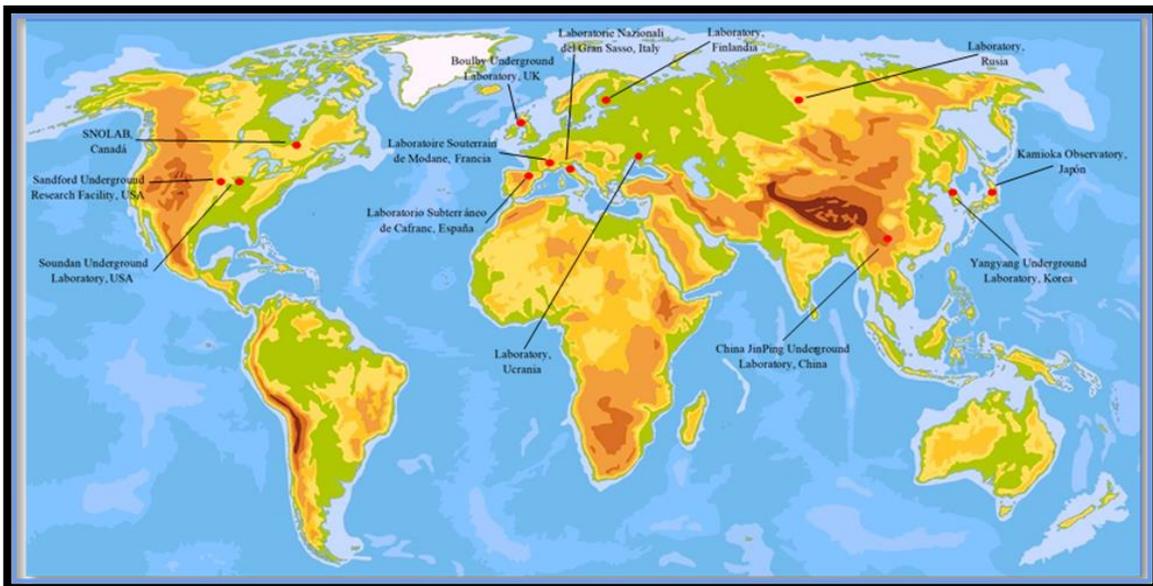


Figura 3. Mapa con los laboratorios subterráneos del mundo (Fuente: Cebrián, 2017).

La característica principal de los laboratorios subterráneos es que proveen un entorno blindado por las rocas ante la radiación cósmica. En ellos se pueden desarrollar experimentos que resultan imposibles de operar en un laboratorio de en la superficie, tales como mediciones de muy baja radiactividad, estudios de neutrinos o búsqueda de materia oscura. Puede a la vez albergar estudios de impacto de la radiación cósmica en biología o climatología y una gran variedad de estudios geofísicos, es decir que se aprovecha para diferentes aplicaciones en campos variados de la ciencia como los siguientes (Cebrián, 2017):

- Biología: aplicación con microorganismos.
- Sismología: para mediciones de precisión.
- Hidrogeología y Geodinámica: para mediciones de precisión.

El aprovechamiento de un laboratorio subterráneo, entonces, puede tener diferentes aplicaciones, que ayudan a mejores resultados y abren camino a nuevas investigaciones (Cebrián, 2017).

Algunos ejemplos de un laboratorios a gran profundidad son tales como: el trabajo que se presenta en el laboratorio subterráneo de Sudbury, en Ontario, Canadá (por sus siglas en inglés: SNOLAB) ubicado dentro de la mina Vale Creighton extractora de níquel, este laboratorio está especializado en física de neutrinos y materia oscura (SNOLAB, 2012). También el laboratorio subterráneo de Canfranc, ubicado en Aragón, España; éste proporciona información científica, que complementa la que se obtiene con aceleradores como el del CERN; el laboratorio de Canfranc está dedicado a la ciencia subterránea, especialmente a la investigación de la materia oscura y a la detección de procesos raros en la física de partículas, y está instalado en un túnel ferroviario bajo el Pirineo Central (Isc-canfranc, 2018). Otro más en la lista es el laboratorio Boulby, al noreste de Inglaterra, desarrollado en la mina de Boulby dedicada a la extracción polihalita y halita (sal) (Science and Technology facilities council, 2018). Por otra parte, el laboratorio subterráneo más profundo del mundo, el Laboratorio subterráneo de China Jinping el cual actualmente trabaja para aportar a la ciencia la detección de materia oscura. También funciona en el laboratorio una instalación de fondo bajo que utiliza un detector de germanio de alta pureza para medir niveles muy bajos de radioactividad (Cebrián, 2017).

Por otra parte algunos ejemplos de laboratorios con menores profundidades son por ejemplo: las cavernas experimentales del CERN ubicado a 175 metros bajo tierra debajo de la frontera entre Francia y Suiza, cerca de Ginebra, donde se encuentra el acelerador LHC (Gran Colisionador de Hadrones) y sus experimentos como, el ATLAS (A Toroidal LHC ApparatuS, Aparato Toroidal del LHC) que es un detector que detecta una serie de partículas con un amplio rango de energías (CERN, 2019). También el salón experimental del detector cercano de MINOS (Main injector neutrino oscillation search) por sus siglas en inglés, ubicado en el Fermilab (Fermi National Accelerator Laboratory) a 50 kilómetros al oeste de Chicago, Estados

Unidos con una profundidad de 106 m bajo tierra, este detector está dedicado a la búsqueda de neutrinos estériles (Fermilab, 2018).

1.3 EL FUTURO LABORATORIO DE MINERAL EL CHICO “LABCHICO”

El futuro laboratorio LABChico será el primero de su tipo en México, su principal enfoque estará dirigido a la educación e investigación, en las áreas de la física y astrofísica de partículas. Asimismo, se espera que funcione como un centro de acercamiento a la ciencia a estudiantes de todos los niveles, así como de la población en general.

En este laboratorio se operarán detectores de partículas para medir radiaciones de baja intensidad en rocas, agua, alimentos y productos de consumo humano, o de cualquier otro tipo; así como para estudiar la atenuación del flujo de rayos cósmicos secundarios por las rocas.

Se tiene contemplado para el laboratorio la construcción de un pequeño cuarto que ocupen un área de alrededor de 3 x 5 m con una altura mínima de alrededor de 2.30 m, en alguna de las dos minas de Obras mineras del río El Milagro, la mina de *Guadalupe* o la mina de *San Antonio*, para crear un ambiente donde la intensidad del flujo de partículas originadas por los rayos cósmicos (muones, fotones, electrones, neutrones, etc) se vea reducida por la cobertura de roca.

1.3.1 ¿Qué se va a medir en el laboratorio?

Al planear la instalación de un laboratorio subterráneo de baja radioactividad para estudiar las radiaciones ionizantes presentes de manera natural en diferentes materiales y en el ambiente, utilizando técnicas de espectroscopía de rayos gamma para cuantificar la presencia de los diferentes núcleos radioactivos esperados por las cadenas de decaimiento del Uranio (principalmente U-238), el Torio (principalmente Th-232) y el isótopo K-40 del potasio. Una de las aplicaciones que se buscará desarrollar será estudiar la posibilidad de detectar la presencia de plomo en agua a través de la detección de la línea característica del isótopo radioactivo Pb-210. El laboratorio permitirá medir los niveles de radioactividad en una variedad de materiales de consumo humano. Se usarán también un detector de muones para estudiar el flujo de rayos cósmicos al exterior y al interior de la mina, esto permitirá estudiar el perfil de densidad de la roca alrededor del laboratorio (Nusgram, 2019). A continuación se da una breve descripción de los tipos de radiación.

Existen dos tipos de radiación: (a) las ionizantes, que cuentan con la energía suficiente para provocar la expulsión de un electrón de su órbita (fenómeno de ionización), y (b) las no ionizantes, que no tienen la energía suficiente para producir

el fenómeno de ionización en los átomos sobre los que inciden. Esto se muestra de manera resumida en la Figura 4.

Las radiaciones ionizantes de origen natural están presentes en nuestro entorno natural; dentro de esta categoría tenemos a las fuentes radiactivas de origen cósmico y de origen terrestre (González, 2011).

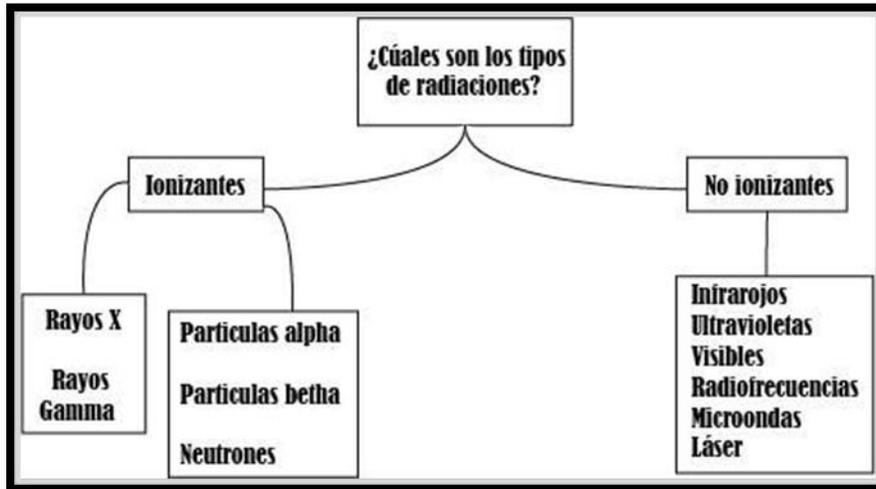


Figura 4. Tipos de radiación (Fuente: Arteaga, 2018).

El componente terrestre de las radiaciones naturales se debe a la presencia de las cadenas radiactivas del uranio y el torio que se encuentran principalmente en las rocas de la corteza terrestre. Ambos elementos dan lugar a cadenas de decaimientos de elementos radiactivos que, al desintegrarse, emiten radiaciones ionizantes hasta alcanzar estabilidad en el Pb 207, que no es radiactivo. (Cherry, 2001).

Las radiaciones ionizantes se caracterizan en 3 tipos (González, 2011):

- **Alfa (α):** Son núcleos de helio formados por 2 protones y dos neutrones, son las radiaciones ionizantes con más masa, por lo que su capacidad de penetración en la materia es limitada, no pudiendo atravesar una hoja de papel o la piel de nuestro cuerpo.
- **Beta β .** Son electrones o positrones con una masa mucho menor que las partículas alfa, por lo que tienen mayor capacidad para penetrar en la materia. Una partícula beta puede atravesar una hoja de papel, pero será detenida por una lámina de metal o metacrilato y por la ropa.
- **Gamma γ .** Son radiaciones electromagnéticas, por lo que no tienen masa ni carga, lo que les hace tener un gran poder de penetración en la materia. Para detenerlas es necesaria una capa gruesa de plomo o una pared de hormigón.

Además para comprender los trabajos de LABChico debe entenderse por isótopos a los átomos de un elemento con el mismo número atómico pero con distinta masa atómica, es decir, con el mismo número de protones y por tanto idénticas

propiedades químicas, pero distinto número de neutrones y diferentes propiedades físicas.

Por otra parte, la tierra está siendo continuamente bombardeada por partículas de alta energía, solares y del espacio exterior. Estas partículas interactúan con los núcleos de los elementos que se encuentran en la ionosfera produciendo una cascada de interacciones y productos secundarios de estas reacciones (Figura 5) fenómeno que también es conocido como chubasco de partículas de la ionosfera.

Se sabe que los rayos cósmicos están formados por partículas cargadas de tamaño subatómico, que son aceleradas a velocidades cercanas a la de la luz. Entre estas partículas encontramos principalmente núcleos atómicos de casi todos los elementos presentes en la tabla periódica; los más abundantes son los núcleos de H y de He, y están acompañadas también por los muones atmosféricos, que son las partículas energéticas más numerosas que llegan al nivel del mar, con un flujo de aproximadamente un muón por centímetro cuadrado por segundo, de los que se perciben en la superficie de la tierra, en su mayoría son producidos por rayos cósmicos primarios en la atmósfera superior (Arteaga, 2018).

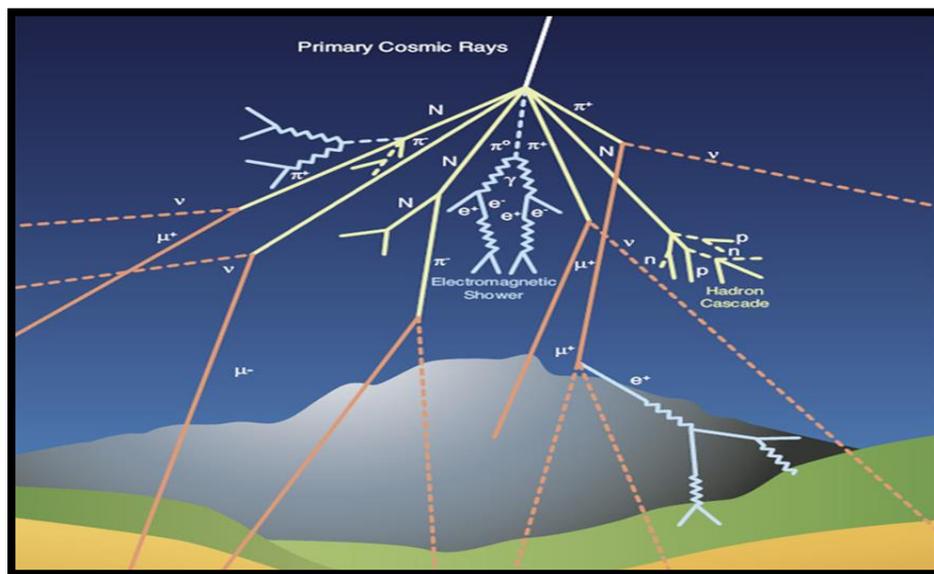


Figura 5. Ejemplo de las partículas cósmicas que caen a la tierra (Grupo Digital Press, 2018).

1.3.1.1 Instrumentos para la medición

Dentro de los instrumentos utilizados en LABChico se encuentran principalmente los de medición de radiación y detección de muones, que serán las principales actividades que tendrá el laboratorio. Algunos tipos de detectores de radiación ionizante son los siguientes (Ramírez, 1997):

- detectores gaseosos
- detectores de centelleo
- detectores químicos
- detectores de termoluminiscencia
- detectores de semiconductor

Para esta aplicación en particular resaltamos los de semiconductor, porque estos son los detectores de radiación más sensibles y se utilizan en aplicaciones donde se requiere saber, con mucha precisión, la energía de la radiación. Los detectores de semiconductor más sensibles requieren operar a temperaturas de alrededor de $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$, y esto complica su operación, ya que están enfriados en nitrógeno líquido y el detector está encerrado en un recipiente a alto vacío (Ramírez, 1997).

Los detectores enfriados son los de germanio de alta pureza, para la medición de radiación gamma, y los de silicio-litio, para rayos X y radiación gamma de baja energía. En LABChico se usará un detector de germanio de alta pureza que fue prestado por el Laboratorio Nacional Fermi (FERMILAB) al Instituto de Ciencias Nucleares (Figura 6 ICN-UNAM, 2019) como apoyo a la colaboración con los proyectos DAMIC (Dark Matter in CCDs, cuyo propósito es la búsqueda directa de materia oscura) y CONNIE (Coherent Neutrino-Nucleus Interaction Experiment, el cual busca la medición de la dispersión elástica coherente neutrino núcleo).

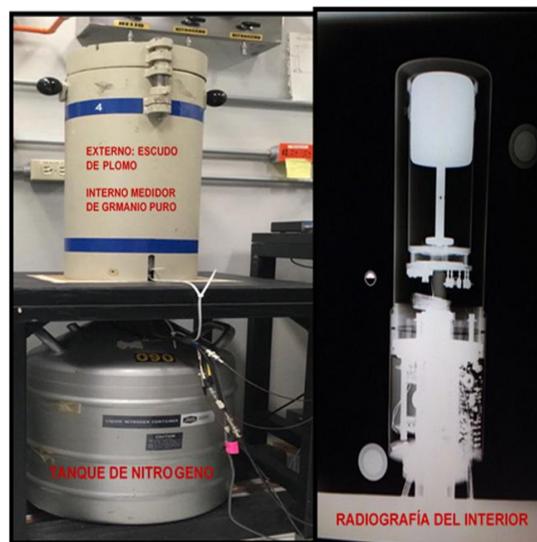


Figura 6. Detector de germanio de alta pureza montado en el ICN y radiografía tomada al medidor de germanio en la Facultad de Veterinaria y Zootecnia.

Por otra parte, para la medición de muones se utilizan otro tipo de detector, uno con una base de plásticos centelladores, los cuales emiten luz debido a la interacción electromagnética de la partícula con el material; en el caso de los muones, al pasar éstos a través del polímero generan una pequeña señal lumínica que puede ser detectada con un fotodetector, cuya señal de salida se amplifica para que sea procesada posteriormente. Además, cabe mencionar que la detección de los muones depende mucho de la geometría y del área del detector (Machado, 2018).

Un detector que funciona bajo este principio y de bajo costo conocido como «Escaramujo», el cual consta de plásticos centelladores acoplados con fotomultiplicadores de silicio a una salida que da la señal y en respuesta esta entrega mediante una tarjeta conversora análogo-digital los resultados (Machado, 2018). Este detector que toma el nombre del proyecto desarrollado por el Físico Federico Izraelevitch, y quien tuvo la idea durante su estancia en el FERMILAB; el proyecto Escaramujo se ha extendido a lo largo de México, Guatemala, Costa Rica, Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia con la participación de varias instituciones educativas de nivel superior, el proyecto es financiado por empresas como sensL, Eljen Technology y Fermilab, empresas que destacan por desarrollar elementos utilizados para la instrumentación necesaria en la detección de partículas secundarias (Izraelevitch, 2015) (Figura 7).



Figura 7. Detector «Escaramujo»: es una pila de centelladores plásticos envueltos en papel tyvek foto del detector armado por Federico Izraelevitch, utilizado a lo largo de la ruta del proyecto Escaramujo (Izraelevitch, 2015).

1.4 LA MINERÍA Y LOS LABORATORIOS

Una mina subterránea es aquella que está dedicada a la explotación de recursos del subsuelo, desarrollándose por debajo de la superficie del terreno.

A lo largo de los años se han desarrollado diversos laboratorios en el mundo como observamos en la Figura 3, con diferentes profundidades y en diferentes tipos de obras, incluyendo minas subterráneas que son usadas durante la explotación para la instalación de un laboratorio subterráneo, como lo es el caso ya mencionado anteriormente del laboratorio de Boulby, la única instalación científica subterránea en el Reino Unido; el cual es un lugar especial para la ciencia; un lugar sin interferencias de la radiación natural de fondo. Mientras Boulby tiene proyectos científicos en curso en el Laboratorio Subterráneo que van desde la astrofísica (incluida la búsqueda de Materia Oscura en el Universo (Science and Technology Facilities Council, 2017), es también una mina activa que produce la mitad de la producción de potasa (un fertilizante agrícola del Reino Unido); el mineral extraído consta de 35 a 45 % de silvita (“potasa”, cloruro de potasio) y 45 a 55 % de halita (sal de roca o cloruro de sodio).

Un caso distinto es el laboratorio de Sandford Underground Research Facility, en lo que fue una mina aurífera en Dakota del Sur, EUA, que actualmente alberga el laboratorio subterráneo a casi 1,500 m de profundidad. La mina al cerrar permitió la transformación oficial de mina de oro en un laboratorio subterráneo, particularmente dedicado a la búsqueda de materia oscura (Science and Technology Facilities Council, 2012).

También un ejemplo ya mencionado pero que resulta importante es el del laboratorio subterráneo de Sudbury, en Ontario, Canadá (por sus siglas en inglés: SNOLAB) ubicado dentro de la mina Vale Creighton extractora de níquel y la cual se encuentra activa, este laboratorio está especializado en física de neutrinos y materia oscura (SNOLAB, 2012)

Como estos ejemplos, encontramos a lo largo del mundo otras minas que se podrían usar para la instalación de un laboratorio junto con el trabajo de la operación y los investigadores interesados en el área científica, o minas que cumplen con las características para instalar el laboratorio y que después de haber sido operadas se les otorga esta segunda oportunidad de trabajo, siempre buscando un recurso que ayude al desarrollo humano.

2. ASPECTOS FÍSICOS

Este capítulo tiene como objetivo poner en contexto algunos aspectos básicos de la región que competen al tema y al área, como son: la ubicación y la geología. Además, la localidad tiene un pasado minero que involucra al tema de investigación y sobre el cual es fundamental exponer el contexto para comprender uno de los objetivos del trabajo, que es la nueva aplicación a minas que han parado su explotación.

2.1 LOCALIZACIÓN

El trabajo se realizará en dos minas, como posibles candidatas para la selección de un sitio donde se instalará el posible laboratorio. En la Figura 8 podemos observar la ubicación de Mineral del Chico, y al grupo de obras llamado «Obras mineras el Milagro». Estas se localizan cerca de la cabecera municipal de Mineral del Chico, a un costado del cauce del río El Milagro, el cual pertenece a la cuenca hidrográfica del río Pánuco, para terminar su desembocadura en el río Amajac, durante su trayecto el río El Milagro tiene algunos afluentes tales como: La Sabanilla, Las Ánimas, Las Goteras, La Peña Sentada y Gordolobos.

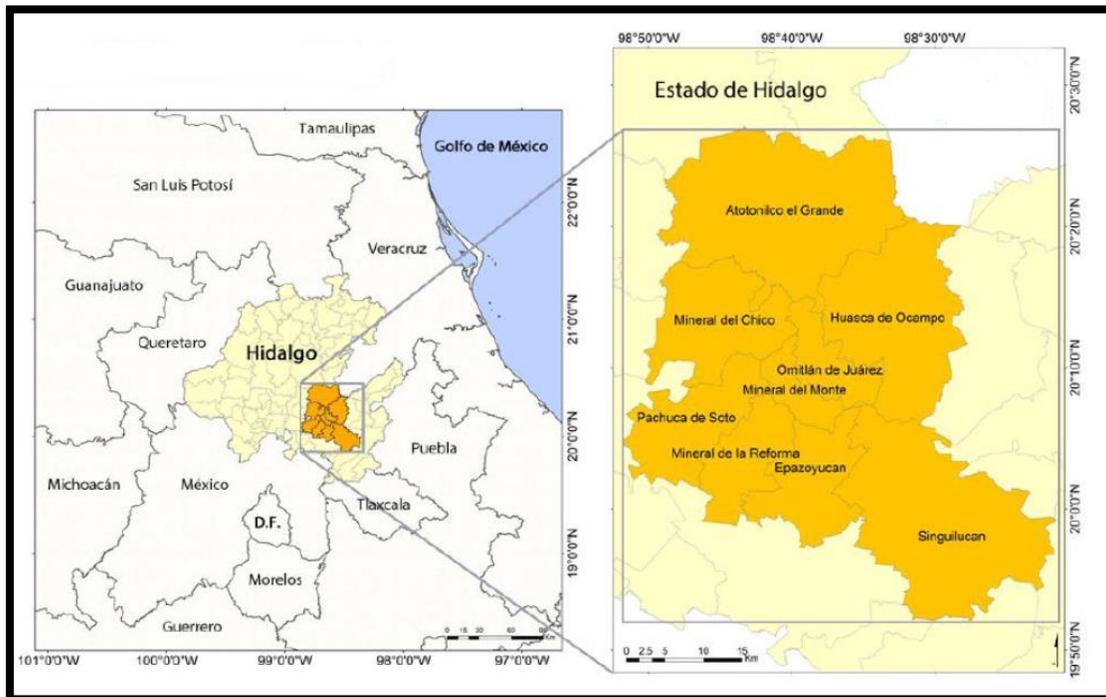


Figura 8. Localización del Geoparque Mundial de la UNESCO «Comarca Minera, Hidalgo» y Mineral del Chico (Geoparque Hidalgo, 2016).

El municipio de Mineral del Chico se localiza al centro del territorio hidalguense, entre los paralelos 20° 08' y 20° 18' de latitud norte y los meridianos 98° 39' y 98° 51' de longitud oeste; con una altitud entre 1600 y 3200 m snm.

Dentro del municipio de Mineral del Chico, se encuentran ubicadas estas antiguas minas en las que se realizó el trabajo para seleccionar e instalar el laboratorio subterráneo. Se localizan bajo las siguientes coordenadas tomadas con un GPS; las obras están aproximadamente a 2 km sobre el camino de la cabecera municipal:

- 20° 15' 14" N
- 98° 44' 10" O
- 2,240 [m snm]

2.2 HISTORIA DE LA MINERÍA EN MINERAL DEL CHICO

No se tiene una fecha exacta del comienzo de la explotación en Mineral del Chico. Aunque no haya pruebas certeras, se tiene como evidencia que al llegar Hernán Cortés al palacio de Moctezuma, observó sus utensilios de plata, la cual provenía de Pachuca, así que las operaciones mineras en éste lugar pudieron haber comenzado desde la época de los aztecas, siendo explotada principalmente plata nativa, y minerales argentíferos superficiales que pudieron ser tratados con carbón vegetal y herramientas de piedra (fundición) (SGM, 2005).

En 1552 se fundan Real del Monte y Mineral del Chico, en aquel entonces llamado Real de Atotonilco, con la explotación de varios yacimientos de Pachuca y nace la población trece años después de la noticia del primer hallazgo de minerales en la región, en 1565. Cuando comenzaron las operaciones de explotación en Real de Atotonilco, se incluyeron la socavación, el desagüe y la extracción de menas de plata, lo cual se hacía mediante mano de obra indígena que vivía prácticamente esclavizada y utilizaba herramientas rudimentarias; en algunos casos, eran utilizados animales de tiro. Para el caso del beneficio del mineral, en esta época sólo eran posibles la fundición (la cual ya era utilizada antes de la Conquista) y la amalgamación, que resultaba de la combinación de ese mineral con mercurio a partir de una previa preparación mecánica del mismo (Pérez, 2006).

Con el paso del tiempo las necesidades de un proceso de beneficio más eficiente fueron evidentes y fue hasta 1555 cuando el metalurgista Bartolomé de Medina, en las minas de Pachuca y Real del Monte en la Nueva España, descubrió mediante la experimentación el proceso de amalgamación de la plata, que se produce gracias a la afinidad de ese metal con respecto al mercurio, método que tomó el nombre de “beneficio de patio”. Fue en la hacienda de Loreto donde se realizaron los primeros procesos del “método de patio”, en el año de 1557. Este método consistía en la preparación mecánica del mineral, que posteriormente era depositado en una superficie amplia, después eran rociados con mercurio -más conocido en esos tiempos como azogue-. Esta nueva práctica causó una revolución en la metalurgia, porque permitía beneficiar de manera eficiente grandes cantidades de mineral, y no sufrió casi ningún cambio hasta la llegada del método de la cianuración. Esto se debió a las implicaciones a salud que traía el mercurio, ya que, para el proceso de lavado los mineros pisaban el mineral con sus pies y esto provocaba que la piel absorbiera el metal ocasionando enfermedades como leptospirosis o anquilostomiasis (anemia de minero), además de los gases de mercurio emitidos en el proceso de desazogado cuando el resultado de las tinajas de patio era introducido a los hornos (Rodríguez, 2006).

Ya en los años de 1753 a 1758, las minas seguían sin tener una planificación previa a su explotación pues se guiaban trabajando a rumbo de veta, es decir, que la explotaban siguiendo la veta de mineral; si bien ya se habían implementado tiros para la extracción del mineral, eran muy pocas las minas que contaban con esto.

Para estas fechas ya se habían logrado profundidades bastante considerables dentro de las minas (hasta 270-300 m). Las brigadas se componían de barreteros y peones, más el capitán, y se operaba con pólvora con previos barrenos. Entre los años 1795 y 1801 la producción de plata fue considerable: de hasta 150,000 kg; no obstante, las fuertes lluvias subieron el nivel del agua subterránea, provocando que la producción de plata se desplomara hasta 9,600 kg (Pérez, 2006).

La guerra de Independencia causó graves trastornos a la minería, entre ellos, el abandono temporal de los trabajadores, que dio lugar a que en la mayoría de las minas hubiera derrumbes y, sobre todo, inundaciones. La principal causa del descuido en las minas fue la fuga de capitales hacia el extranjero y la falta de insumos básicos para el proceso de patio. Los insurgentes saquean Pachuca y asaltan las cajas reales en 1812; de esta fecha data el extravío de los archivos mineros (SGM, 2005).

Llegan los ingleses a México en 1824, con la expectativa de que su tecnología mejoraría las operaciones mineras en el país; además, al terminar la guerra de Independencia, todo lo que estaba bajo el dominio de la corona deja de llamarse “real” como el ejército, los caminos, las minas, etc. así en este mismo año, al hacerse la división política de la República, Real de Atotonilco El Chico cambia su nombre por el de Mineral del Chico. Tras el nuevo cambio político se hacen levantamientos de las obras superficiales, se integran brigadas de trabajo para acondicionar las obras subterráneas, se introducen bombas cónicas accionadas por vapor para el desagüe, y se instalan sierras accionadas por vapor, así como molinos de mazos para triturar el mineral (SGM, 2005). Para el año de 1880 la mayoría de las minas que operaban eran de capital extranjero y estas ya tenían implementadas nuevas tecnologías (máquinas de vapor), comparadas con las pocas que quedaban en manos mexicanas, cuyos procedimientos eran menos avanzados. Para fines del siglo XIX la minería estaba controlada por grandes monopolios y gracias a esto se permitió la introducción de innovaciones tecnológicas como el proceso de cianuración y la energía eléctrica, procesos que permitían el tratamiento de minerales de baja ley (Sánchez, 2008).

En el siglo XX comenzaron los cambios más notables para el distrito de Pachuca, pasando desde plantas de amalgamación hasta el proceso de cianuración. La introducción de la energía eléctrica y la bomba centrífuga resultó en una forma más simplificada de desagüe y reducción de los costos de operación. También se comenzó a usar aire comprimido en las máquinas de perforación (máquinas de pierna), cosa que termina sustituyendo la explotación a mano. En el año de 1959 iniciaron estudios de valoración en cada una de las unidades del distrito de Pachuca, al centrarse finalmente en Real del Monte como un área con mayores resultados. Llegó así a su fin la minería para Mineral el Chico.

2.3 GEOLOGÍA

El GCM se ubica en el límite entre dos provincias fisiográficas: la Faja Volcánica Transmexicana, y la Sierra Madre Oriental, comprendiendo la primera más del noventa por ciento del territorio. En algunas zonas que están expuestas exclusivamente en el área de la Sierra Baja predominan las rocas de naturaleza sedimentaria afines a la segunda; se trata de una secuencia carbonatada y turbiditas calcáreas, así como series significativamente acortadas con un estilo de tectónica característico del Cinturón Mexicano de Pliegues y Cabalgaduras (Canet, 2017).

Los terrenos volcánicos del GCM se relacionan con la subducción de la Placa Farallón bajo la de Norteamérica, proceso que dio lugar entre el Oligoceno y el Mioceno a la formación de grandes volúmenes de rocas volcánicas incluyendo andesitas, dacitas y riolitas, predominantes en Mineral del Chico y en la zona de las obras mineras del río El Milagro. Estas rocas constituyen una de las manifestaciones de la provincia volcánica de la Sierra Madre Occidental. Entre el Plioceno y el Pleistoceno, la actividad de la Faja Volcánica Transmexicana produjo rocas volcánicas como andesitas basálticas y riolitas en el área del GCM (Figura 9) (Canet, 2017).

El GCM atesora un distrito minero -el de Pachuca-Real del Monte- que se etiqueta como de “clase mundial” al considerarse en cuenta su producción metálica histórica; ésta alcanza una suma de 40, 000 Ton de plata, la cual fue extraída en su mayoría durante su periodo de apogeo de aproximadamente 500 años de trabajos mineros que comenzaron a inicios de la Colonia y cesaron lentamente durante la segunda mitad del siglo XX (Canet, 2017).

Desde el distrito minero de Pachuca-Real del Monte hasta Mineral del Chico la mineralización se emplaza en forma de vetas; mismas que tienen su origen dentro de un sistema epitermal de baja sulfuración, donde predominan minerales de importancia económica en los diferentes yacimientos, principalmente sulfuros como la argentita y acantita, ya que son las principales menas de plata acompañadas de sulfosales subordinadas, como la polibasita, la miargirita, la proustita y la stephanita, además de plata nativa.

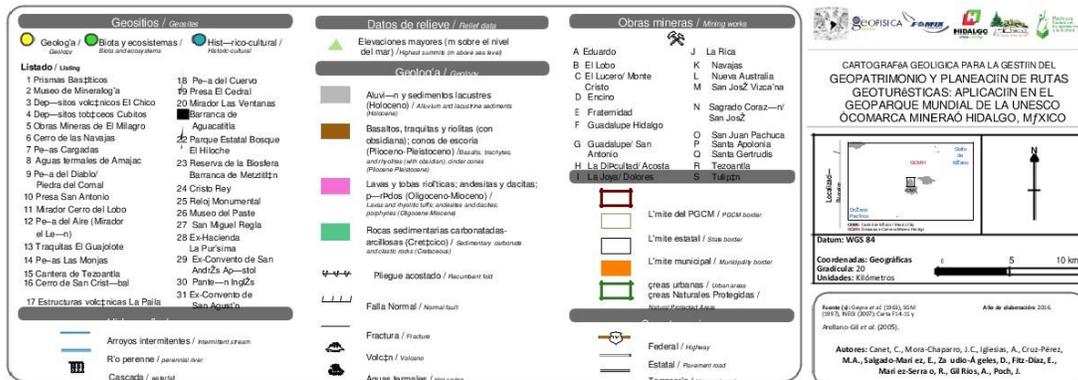
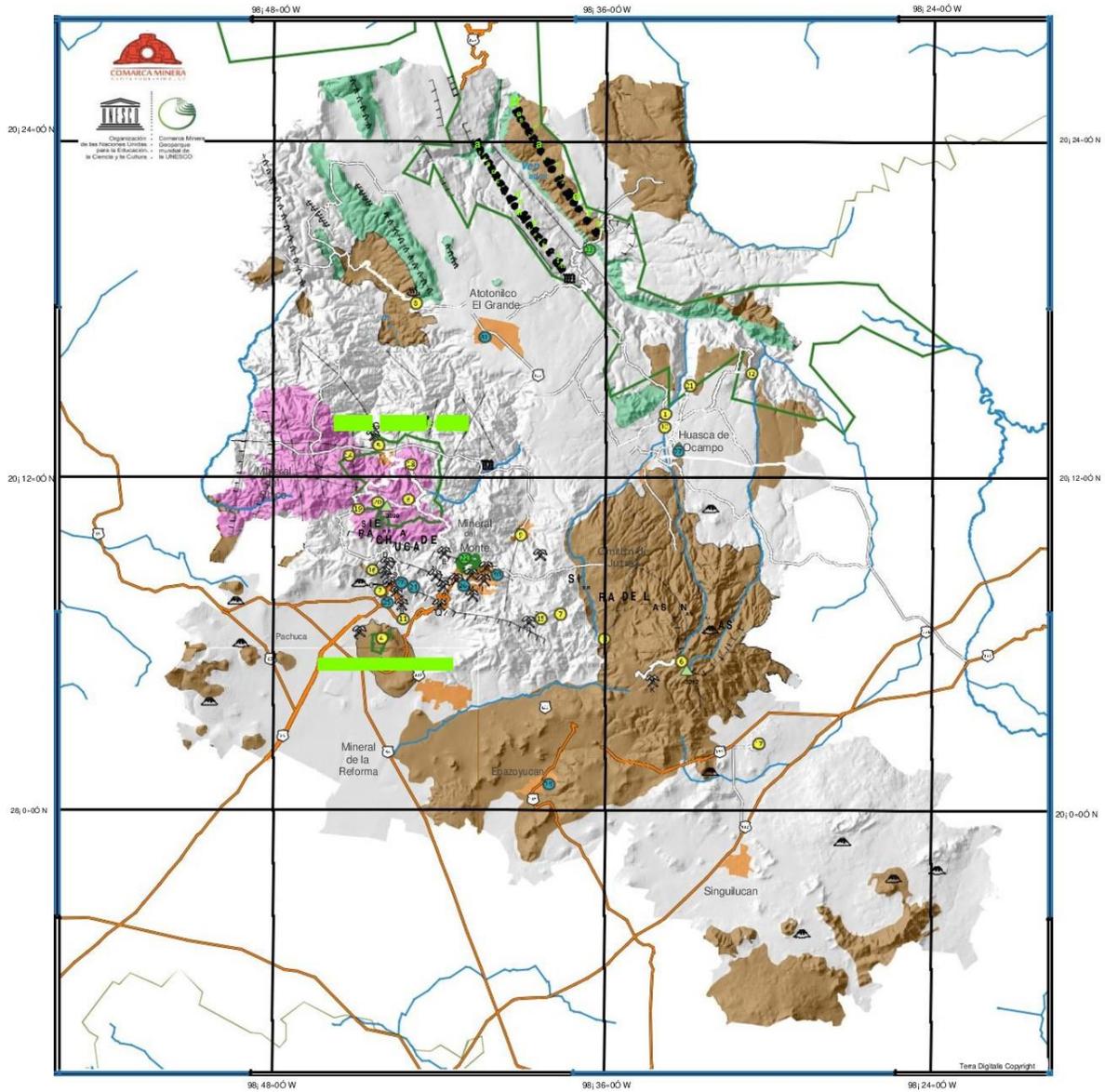


Figura 9. Mapa Geológico del GCM (Canet, 2017).

3. MARCO TEÓRICO

Este capítulo tiene como objetivo principal expresar los temas y conceptos que son requeridos para realizar el presente trabajo, es decir, la recopilación breve de reseñas, investigaciones previas y consideraciones que sustentan el trabajo, junto con los métodos, procesos, y el equipo utilizado en el proyecto de investigación y el trabajo de campo.

3.1 TOPOGRAFÍA SUBTERRÁNEA

La topografía subterránea es una rama de la topografía de la que podemos apoyarnos con el objetivo del estudio de la corteza terrestre y de todo lo que se encuentra bajo de ella, mediante excavaciones que se realizan por obras humanas, como es expresado en *Topografía General y Aplicada* “ ... en las obras humanas se precisa disponer de una representación del terreno con la mayor minuciosidad y detalle posible ... ” (Domínguez, 1993). El Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2018) define a la topografía como: “La disciplina que tiene bajo su responsabilidad la captación de información física y su procesamiento numérico, para lograr la representación geométrica, ya sea en forma gráfica o analítica, del espacio físico que nos rodea”.

Es por lo mencionado anteriormente que en toda explotación subterránea se debe disponer de planos o representaciones geométricas de las obras de desarrollo y caracterizar los detalles dentro y fuera, por lo tanto, toda la superficie debe ser objeto de un levantamiento topográfico.

3.1.1 Métodos para topografía

En la topografía se utilizan diferentes métodos dependiendo el tipo de levantamiento que se desee realizar o que requiera; además se tiene la finalidad de que todo trabajo topográfico obtenido a partir de la observación en campo ha de permitir posteriormente la obtención de una representación gráfica de la zona observada y conocer su geometría al realizar el trabajo de gabinete (Universidad Politécnica de Madrid, 2008).

Asimismo, se busca reducir el error, para lo cual es necesario conocer previamente otros puntos que estén establecidos. Aunque también los errores de estos puntos sin duda serán propagados tal como se dice: “Los errores de estos puntos se van a transmitir a los detalles tomados desde ellos, y por eso debe establecerse una metodología de trabajo de manera que se minimicen dichos errores” (Gasga, 2008).

Los métodos topográficos se basan en diversos sistemas donde algunos consisten en estacionar un instrumento en un punto conocido, hacer estación este punto, de la cual tenemos coordenadas $[x,y,z]$ y, a partir de este, implementar alguno de estos, dependiendo de lo que se requiere. Los métodos topográficos a *grosso modo* se clasifican en dos divisiones, la planimetría y la altimetría de las cuales derivan el resto de sus métodos; aunque cada una de estas ramas está dirigida a diferentes actividades, no debe olvidarse que ambas son complementarias. Las determinaciones, tanto altimétricas como planimétricas, han de apoyarse unas en otras. De aquí se deduce que todo trabajo, tanto planimétrico como altimétrico, convendrá realizarse en etapas (Domínguez, 1993).

Los métodos planimétricos se ocupan de la representación de la superficie terrestre sobre un plano; por lo tanto, la planimetría va a centrar sus estudios en el conjunto de métodos y procedimientos que tenderán a conseguir la representación a escala de todos aquellos detalles del terreno en cuestión sobre una superficie plana, exceptuando su relieve y presentándose en una proyección horizontal.

Por otra parte, la altimetría se encarga de medir las alturas, por lo cual es principalmente utilizada en trabajos en superficie. Esta rama estudia los métodos y técnicas con el objeto de representar la verdadera forma del terreno, es decir, no sólo la extensión, límites y obras que lo ocupan, sino también la forma de su relieve, así como para determinar y representar la altura -también llamada "cota"- de cada uno de los puntos respecto de un plano de referencia (Botia, 2012).

En general estas dos divisiones engloban las metodologías que hacen más fácil representar los proyectos de ingeniería y son usadas en conjunto para las diferentes representaciones del terreno que sean requeridas.

3.1.2 Métodos utilizados

Debido a la irregularidad y longitud de los trabajos subterráneos, no es posible utilizar un solo método para su levantamiento, por lo cual suelen utilizarse diversos métodos en conjunto, realizando una red de apoyo entre métodos que representen de una mejor manera el trabajo topográfico.

Para realizar el levantamiento topográfico de una excavación que fue levantada sin conocimiento de sus dimensiones es necesario emplear diferentes metodologías que sirvan de apoyo, pues debe generarse una base completa de las obras y la zona como parte principal, adicional a lo que se pueda requerir; es por esto que se realizará un modelo que sea la representación de la zona y la profundidad de las minas.

3.1.2.1 Métodos de planimétricos utilizados

Se hará una breve descripción de los que se utilizarán en el presente trabajo y competen para el entendimiento del mismo. Dadas las características del trabajo, en primera instancia, se utilizaron métodos planimétricos para la caracterización de la zona.

Únicamente se utilizaron dos métodos que permitían ser realizados con los equipos utilizados, y aunque son sencillos para un levantamiento topográfico se obtienen buenos resultados, los métodos son los siguientes: (a) radiación, e (b) itinerario. El primero se utilizó para el exterior de la mina, levantar la superficie y los detalles que

corresponden; el segundo el método se basó en una poligonal abierta para detallar la profundización de los túneles mineros.

3.1.2.1.1 Método de radiación

El método de radiación permite determinar coordenadas desde un punto fijo llamado polo de radiación, el cual nos permite hacer operación con triángulos y así determinar los datos necesarios para encontrar la posición de los mismos dentro del plano (Figura 10) se muestra un polo a partir del cual se toman diferentes puntos (Domínguez, 1993).

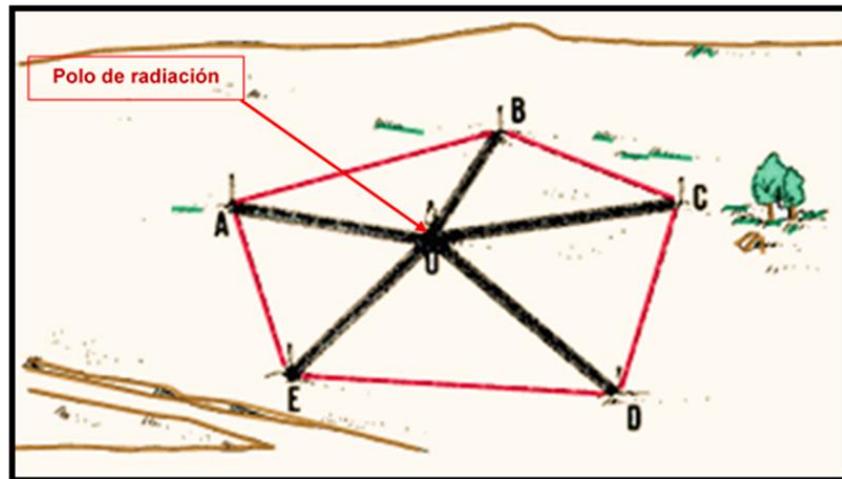


Figura 10. Método de radiación: a partir del polo de radiación 0 se toman los demás puntos a conocer A,B,C,D y E (Fernández, 2004).

Es un método adecuado para hacer un levantamiento de una zona con visibilidad desde un punto. Se puede establecer un sistema local de coordenadas teniendo la precaución de elegir unas coordenadas para la estación desde la que se radía suficientemente grandes para que no tener coordenadas negativas de los puntos levantados. A veces se intenta situar el eje Y próximo al norte, operación que se puede hacer con la ayuda de una brújula. Este método en general suele utilizarse en trabajos de relleno junto a otros métodos.

3.1.2.1.1.1 Procedimiento

El método de radiación es sumamente sencillo; puede llevarse a utilizarse para diferentes aplicaciones, desde un levantamiento a campo abierto hasta la aplicación subterránea y se resume de la siguiente forma:

1. Hacer un reconocimiento de la zona a levantar, materializando los vértices que constituyen la poligonal o el área de interés.

2. Situar dentro de la zona a levantar un punto (estación) desde el que puedan verse todos los vértices del polígono.
3. Comenzar a tomar datos y anotarlos en una bitácora, aunque el equipo los registre.
4. Tras calcular las coordenadas se elige la escala adecuada y se elabora el plano.

3.1.2.1.2 Método del itinerario

El método de itinerario o de la poligonal consta de determinar las coordenadas de los puntos, muchas veces a partir de otros cuya posición ya ha sido determinada y al seguir y/o construir la poligonal -que puede ser cerrada o abierta- se van tomando estaciones; de donde toman los puntos a conocer (Figura 11) se define la poligonal formada por tramos rectos que enlazan los puntos a levantar, que serán las bases o estaciones. Los tramos o ejes son los lados de la poligonal -unión de bases consecutivas- (Universidad Politécnica de Madrid, 2008).

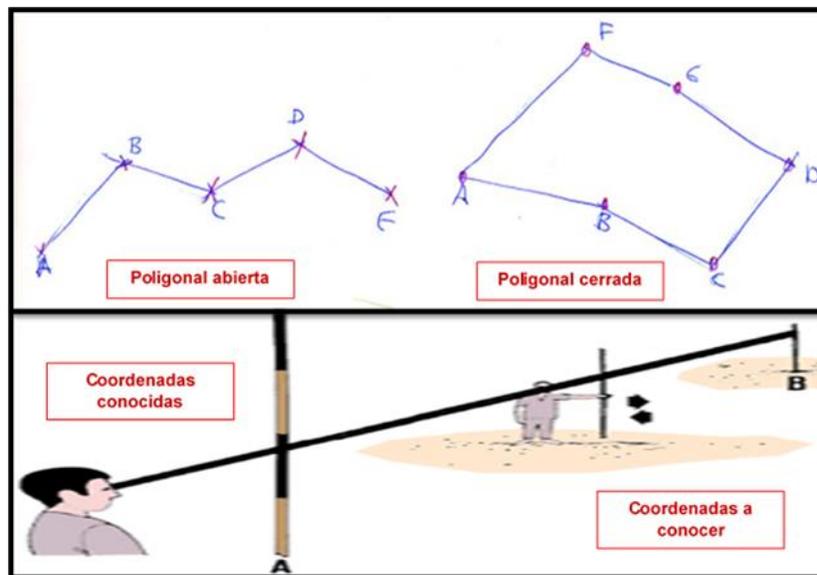


Figura 11. Método del itinerario ya se por medio de una poligonal abierta o una poligonal cerrada, consiste a partir de un punto conocido A se trasladan las coordenadas ya sea haz un nuevo punto donde concluye la poligonal o para llegar al mismo punto A (Fernández, 2004).

Se puede generalizar de la siguiente forma: la observación consiste en medir las longitudes de los tramos y los ángulos horizontales entre ejes consecutivos, donde puede existir uno más puntos de coordenadas conocidas.

Las poligonales se hacen para llevar coordenadas a una zona, o para distribuir puntos conocidos que se utilizarán en posteriores trabajos de levantamiento o

replanteo. El diseño de la poligonal se hace de acuerdo a la finalidad y las posibilidades de los instrumentos.

3.1.2.1.2.1 Procedimiento

El método de poligonal abierta se recomienda realizarse de la siguiente forma:

1. Debe realizarse un reconocimiento previo del terreno: comprobar el grado de visibilidad entre dos puntos y la posibilidad de hacer estación en cada uno.
2. Siempre se elegirán las estaciones de manera que haya visibilidad a la base anterior a la siguiente y que la distancia sea tal que pueda medirse con el instrumento utilizado.
3. Si se van a utilizar las bases para tomar los detalles del terreno del que se quiere elaborar un plano, estas se pondrán de manera que desde ellas se cubra toda la zona.
4. Se efectuará una serie de radiaciones sucesivas, para de esta forma hallar la longitud y dirección de cada uno de los lados o ejes.
5. Se realizará el paso anterior siguiendo cada una de las estaciones hasta cerrarla o llegar al punto final.

3.1.2.2 Altimetría en la Topografía Superficial

La topografía superficial se apoya en una gran parte en la altimetría debido a que se utiliza en diferentes tipos de proyectos, ya que hasta los proyectos de ingeniería más sencillos requieren del apoyo de la topografía, ya sea solo para conocer los límites de un terreno, por ejemplo. La minería no es la excepción y para este trabajo se hace uso de una de las actividades que en las minas a cielo abierto es ciertamente, de las principales actividades el reconocimiento de la superficie para la elaboración del proyecto (Valencia, 2012). La altimetría en este caso sirve para representar la superficie en un modelo 3D que nos permite medir las diferentes elevaciones del terreno y con las que se trabaja para la obtención de datos. Sin embargo, también podemos observar este tipo de trabajos topográficos en superficie:

- **trabajos topográficos iniciales:** que delimitan el terreno y marcan las zonas designadas para cada actividad.
- **trabajos topográficos de apoyo a la elaboración del proyecto:** son el apoyo para la construcción y elaboración de caminos, instalaciones y marcaciones del proyecto
- **trabajos durante la etapa de desarrollo:** los que nos sirven de apoyo para el control de las actividades durante la operación de los proyectos.

Para este trabajo compete principalmente el trabajo inicial, el cual consiste primordialmente en el establecimiento de las zonas donde se desarrollará infraestructura, así como una red de vértices y la elaboración de la cartografía de la zona necesaria para la elaboración del proyecto, construyendo así un modelo digital de elevaciones de la zona. Una forma apropiada de realizar este tipo de trabajo mencionado antes es mediante el uso de fotogrametría aérea. los trabajos fotogramétricos general una cartografía a mayor escala.

3.1.3 Modelo digital de elevaciones

Como apoyo al trabajo desde el punto de vista de la altimetría, de acuerdo a la metodología planteada, se define un modelo digital de elevación como una representación visual y matemática de los valores de altura con respecto al nivel medio del mar, lo cual permite caracterizar las formas del relieve de una cartografía y los elementos u objetos presentes en el mismo. Mediante el uso de fotogrametría se contienen los valores en un archivo de tipo ráster.

En la actualidad el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) realiza la representación del relieve generando un modelo simplificado lo más cercano a la realidad, debido a que se cuenta con diferentes métodos que permiten proporcionar un número infinito de puntos o de información geográfica para tal fin mediante el uso de sistemas computarizados (INEGI,2018).

Para generar un modelo digital de elevaciones se puede realizar de dos principales formas (Figura 12).

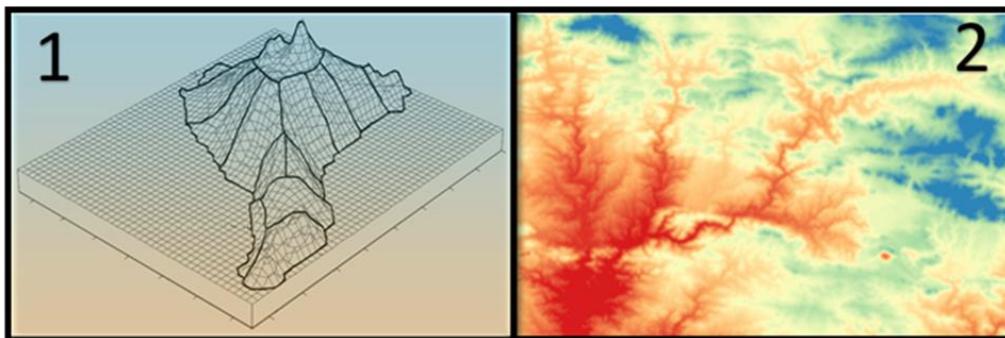


Figura 12.. Representación de modelos de elevaciones 1) Directo e 2) Indirecto (Fuente: INEGI,2018).

1. **Directa:** A partir de mediciones que se realizan directamente sobre el terreno real, en los cuales podemos citar: la toma directa de datos por medio de levantamientos topográficos con estación total o con GPS, o uso de altímetros con la generación de una imagen ráster como ya fue mencionado.
2. **Indirecto:** Cuando se utilizan documentos analógicos o digitales elaborados previamente para generar un modelo digital de elevación, tal como la

digitalización de curvas de nivel y puntos de altura de la cartografía topográfica realizada mediante procesos convencionales.

3.1.4 Instrumentación utilizada

En la actualidad se usan las estaciones totales, escáneres y distanciómetros para conseguir precisiones milimétricas en la medida de distancias, por lo que puede usarse sin problema un método de itinerario obteniendo una buena precisión.

Para este trabajo se utilizaron dos equipos: una plancheta y una estación total. Ambos son diferentes entre sí, pero tienen el mismo objetivo; si bien la plancheta comparado con la estación total es un equipo antiguo y sus rangos de error son variables, fue el primer equipo que por medio de los colaboradores del proyecto se ofreció para realizar los trabajos de campo, ambos equipos utilizados para este proyecto fueron prestados como apoyo a LABChico y a este trabajo.

3.1.4.1 La plancheta

La plancheta es un aparato para levantamientos topográficos que requieren configuración y detalles del terreno. Consiste en un tripié en el cual se monta un restirador de dibujo que puede ser nivelado y girado para orientar a conveniencia. Se fija el papel sobre el restirador, en el que se dibuja el levantamiento directamente en el terreno; también podemos definirlo como “La Plancheta es un goniómetro, es decir, un instrumento con el cual se obtienen gráficamente los ángulos...” (García, 1988). Las visuales se toman mediante la alidada o anteojo con un eje de alturas que descansa en un soporte, el cual se apoya, a su vez, rígidamente en una regla.

Este instrumento permite realizar el plano, al mismo tiempo que se va levantando la zona; no obstante, cabe destacar que el procedimiento es bastante lento debido a la dificultad de transportar el equipo, centrar y nivelarlo en los diferentes puntos. Esto se ve reflejado en que el topógrafo necesita tiempo para adquirir la habilidad suficiente en el manejo de la plancheta (García, 1988).

El vaciado de los datos de los puntos resulta más lento; éstos deben ser vaciados en una libreta y después se deben vaciar en una hoja de cálculo, con la cual obtendremos posteriormente la información necesaria para realizar el plano (se detalla en el apartado de trabajo de gabinete, el tipo de información).

La plancheta va acompañada de algunos aditamentos que facilitan su trabajo (García, 1988):

1. **Tripié:** Es la base de todo el equipo. Debe ser colocado y nivelado para que el levantamiento no tenga errores ni desviaciones (Figura 13).

2. **Plancheta o restirador de dibujo:** Consiste en un restirador de dibujo, con un hueco en medio que sirve para ser fijada en el tripié. Su finalidad es servir como apoyo durante la realización de los trazos, donde también se colocará la alidada (Figura 13).
3. **Alidada:** es la mira óptica mediante la cual se realizan los dibujos de acuerdo a una escala y un origen establecidos previamente. Con ella medimos ángulos verticales, cuerda mayor, cuerda menor y cuerda media, y el ángulo vertical (Figura 13).
4. **Reglas de escala:** las distancias que obtenemos mediante una cinta métrica son dibujadas a escala con estas reglas, las cuales se sujetan a la alidada (Figura 13).
5. **Plomada:** sirve de auxilio al momento de centrar y nivelar el tripié; en el piso establecemos un punto y sobre éste colocamos el tripié (Figura 13).
6. **Estadal:** Es una barra reglada para tomar las mediciones y realizar los cálculos con los datos obtenidos de ésta (Figura 13).



Figura 13. Plancheta y aditamentos: 1) tripié; 2) Plancheta o Restirador de dibujo; 3) Alidada; 4) reglas de escala; 5) Plomada y 6) Estadal (Fotografías del equipo prestado por el Dr. Carlos Garza de la Facultad de Ingeniería).

3.1.4.2 La estación total

Se denomina estación total a un aparato electro-óptico utilizado en topografía. En resumen, consiste en la incorporación de un distanciómetro y un microprocesador a un teodolito electrónico; una estación total integra cuatro equipos en uno solo con el objetivo de facilitar y hacer eficiente los procesos topográficos de campo (Hernández, 2011). Algunas de las características que incorporan las estaciones actuales son: una pantalla alfanumérica (abreviada como LCD, por sus siglas en inglés), leds de avisos, iluminación independiente de la luz solar, calculadora, distanciómetro láser, trackeador (es el seguidor de trayectoria, es decir la estación envía una señal que será regresada con un prisma y esta parte le permite seguir la señal para realizar el cálculo), además la estación total permite descargar la información recolectada para utilizarla posteriormente en ordenadores personales.

Las estaciones están provistas de diversos programas sencillos que permiten, entre otras capacidades, el cálculo de coordenadas en campo, el replanteo de puntos de

manera sencilla y eficaz, así como también el de acimutes y distancias. En ingeniería la estación total cumple con dos funciones esenciales:

- Levantamiento
- Replanteo

Para la utilización de la estación total se parte de dos puntos con coordenadas conocidas -o en su defecto asumidas-, y a partir de esa posición se observan y calculan las coordenadas de cualquier otro punto en campo.

El aparato completo está formado por varias partes indispensables y accesorios para su correcto desempeño. Cada parte o accesorio cumple con una función específica que el técnico debe conocer:

1. **Tripie:** es la estructura sobre la que se monta el aparato en el terreno (Figura 14).
2. **Base niveladora:** es una plataforma que usualmente va enganchada al aparato; sirve para acoplar la estación total sobre el trípode y para nivelar horizontalmente. Posee tres tornillos de nivelación y un nivel circular (Figura 14).
3. **Estación total:** es el aparato en sí, y está formado básicamente por una lente telescópica con objetivo láser, un teclado, una pantalla y un procesador interno para cálculo y almacenamiento de datos; funciona con baterías de litio recargables (Figura 14).
4. **Prisma:** es conocido como objetivo (target) que al ubicarse sobre un punto desconocido y ser observado por la estación total, capta el láser y hace que la señal enviada regrese hacia el aparato. Un levantamiento se puede realizar con un solo prisma, pero para mejorar el rendimiento se usan al menos dos de ellos (Figura 14).
5. **Bastón porta-prisma:** es un bastón metálico con altura ajustable sobre el que se coloca el prisma. Posee un nivel circular para ubicarlo con precisión sobre un punto en el terreno; se requiere un bastón por cada prisma en uso (Figura 14).



Figura 14. Estación total TS-09 y aditamentos: 1) Tripie; 2) Base niveladora; 3) Estación total; 4) Prisma y 5) Bastón porta-prisma (Leica-geosystems,2019).

3.2 SOFTWARE UTILIZADO

Los *softwares* son herramientas tecnológicas que están ampliamente difundidas en la minería; hoy en día se usan *softwares* en todos los procesos, tanto en la presentación y manejo de la información como en la toma de decisiones en toda la cadena de valor, desde la exploración, diseño y planificación de minas, hasta la simulación de procesos minero-metalúrgicos.

Actualmente se cuenta con una gran variedad de *softwares* mineros en la industria. Diversas empresas se dedican al diseño de *software* especializado en diversas áreas de la minería, desde la ventilación, hasta el modelado 3D. En este caso se utilizará *MineSight*.

MineSight es un paquete aplicado a la industria minera, el cual contiene herramientas para la evaluación, análisis, modelamiento, planeamiento, diseño minero, estimación y reportes de reservas (Hexagon Mining, 2019). Este *software* es utilizado por profesionales de la industria minera, como topógrafos e ingenieros geólogos y mineros, por lo que se tiene una amplia variedad en las operaciones mineras como tajo abierto, subterránea y minería no metálica. Algunos ejemplos del software especializado se encuentran en la Figura 15.

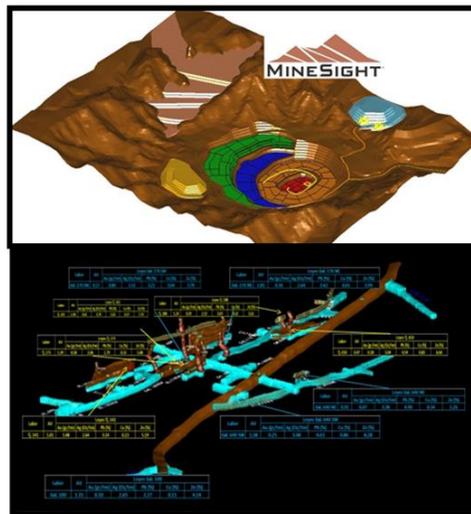


Figura 15. Ejemplos en MineSight: Modelo de un tajo en 3D, y modelo subterráneo de mina en 3D (Hexagon Mining, 2019).

MineSight 3D proporciona visualización interactiva, edición y trazado de todo tipo de datos, incluyendo barrenos de exploración, compositos, modelos (bloque 3D, estratigráfico y superficial), modelos 3D de la superficie para minas a tajo abierto y subterráneas, interpretaciones geológicas, contornos topográficos y superficies trianguladas. Además, incluye otras funciones básicas como (Hexagon Mining, 2019):

- Funciones superiores de intersección
- Funciones CAD (Para dibujo y apoyo en los trazados)

- Visualización de perforación
- *Drillhole* codificación
 - Íntimamente integrado con MineSight Compass
- *Grid* de superficie
- Contorno de valores de grado.
- Bloque 3D y modelado estratigráfico

Minesight 3D es un *software* que permite el diseño minero en todos sus aspectos y el análisis de datos, además de la facilidad de manejo y el poder emplear diversos formatos para el trabajo con datos.

3.3 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS PARA LA LOCALIZACIÓN DE LA ZONA

Como ya se explicó con anterioridad, los laboratorios subterráneos alrededor del mundo cuentan con una serie de características propias del sitio que mejoran los resultados al realizar experimentos a profundidad; principalmente, que su cobertura de roca reduce la intensidad de la radiación cósmica.

Uno de los motivos por los que los laboratorios que se encuentran alrededor del mundo tienen un ambiente controlado en cuanto a presión, temperatura y ventilación, es por la calibración de equipos utilizados, además de que tienen el espacio que se requiere, el cual estará en función del tipo de detectores que se desea instalar y de número de personas que estarán operando.

El futuro LABChico será un laboratorio pequeño con el fin de alojar inicialmente dos experimentos que montarán el ICN e IF de la UNAM, mismos que imponen las siguientes restricciones para el sitio seleccionado:

- ✓ Localizar la zona de mayor cobertura de roca, por lo menos 100 m en cualquier dirección.
- ✓ Localizar la zona con el espacio para montar una instalación de 15 m².
- ✓ Localizar la zona con la menor humedad y un menor número de filtraciones de agua, si es que existieran.

4. PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA SELECCIÓN DEL SITIO

El capítulo cuatro tiene como objetivo principal describir las técnicas utilizadas en gabinete para poder establecer una metodología que cuantifica la cobertura de roca realizando, por una parte, y el modelado tridimensional de la zona y las minas, por otra. También se indican las variantes utilizadas con cada uno de los equipos y procedimientos para el tratamiento de datos, para concluir con el análisis espacial de las distancias y dar principio a la selección del emplazamiento más óptimo.

4.1 TRABAJOS EN CAMPO

Se realizaron dos levantamientos y en cada uno de éstos se contó con el equipo antes descrito, para el primer levantamiento se utilizó la plancheta prestada por el Dr. Carlos Garza profesor de la Facultad de Ingeniería, mientras que para el segundo levantamiento se utilizó una estación total la cual fue prestada por la División de Ingeniería Civil y Geomática a cargo del Ingeniero Benito Gómez.

Las condiciones que son requeridas para llevar a cabo la futura instalación nos indicarán los parámetros bajo los cuales se llevará a cabo la selección, que por ende, son la base para esta propuesta. Con la característica principal, que es la cobertura de roca, surge la pregunta *¿Cómo podríamos medir la cobertura?* Si bien en el área de la ingeniería existen diferentes formas con las que podríamos medir la distancia de un punto a otro, para este trabajo en particular pensamos en auxiliarnos en la topografía, lo cual lleva a las siguientes preguntas:

- ¿Existe algún levantamiento registrado previamente en alguna de las excavaciones propuestas?
- ¿Conocemos algún banco de nivel a partir del cual se pueda georeferenciar un levantamiento topográfico?

Bajo estas se planteó el levantamiento, dado que podríamos trabajar bajo el mismo, en caso de que existiera alguno, como podría ser una mina en operación donde se lleva a cabo una actualización diaria de planos y modelos digitales; si así fuera, se podría trabajar de una manera sencilla. Sin embargo, las dos minas propuestas dejaron de operar aproximadamente en 1930, por lo que, si en algún momento existió algún plano, actualmente no se encuentra a disposición. Es por esta razón que surge la segunda pregunta y en vista de que se requerirá un levantamiento topográfico, requerimos una base para referenciar el trazo.

4.1.1 Primer levantamiento

El primer levantamiento realizado corresponde a la mina Guadalupe, será realizado con una plancheta que como se mencionó antes fue prestada por el Dr. Carlos Garza colaborador del GCM, misma razón por la que este primer levantamiento es realizado con una plancheta ya que se trabaja solo con el apoyo de los colaboradores involucrados, de la misma forma este levantamiento fue realizado con apoyo de mis compañeros Ricardo Martínez y Moisés Gonzales.

Para el uso de este equipo deben realizarse las anotaciones necesarias que complementen el trazado de los planos, ya que el banco de nivel más cercano se encuentra lejos de la ubicación de la mina para poder propagar las coordenadas con el equipo, se realizó el trabajo bajo una coordenada propuesta con un posicionador GPS. El túnel principal de la mina Guadalupe tiene una longitud de

aproximadamente 150 m, los cuales fueron levantados para poder realizar un modelo 3D de la mina.

4.1.1.1 Reconocimiento de la mina Guadalupe

Antes de poder comenzar el levantamiento realizado en el mes de abril del 2018, fue necesario hacer un reconocimiento con la finalidad de dar un primer avistamiento de la zona y al interior mina para poder observar algunos puntos que nos sean de ayuda y la secuencia que podríamos seguir (Figura 16).

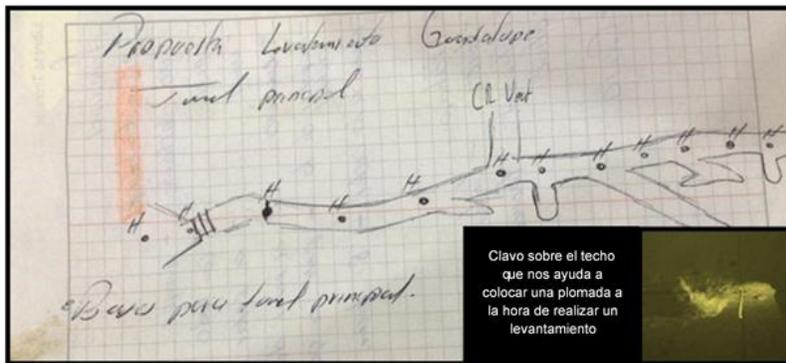


Figura 16. Boceto de la propuesta realiza en el recorrido y foto de clavo colocado para realizar el levantamiento.

A partir del punto de referencia se puede orientar el plano que sirva para realizar el modelo 3D de las obras, además de que escogimos una porción de superficie que fuera adecuada levantar con plancheta en el exterior de la mina. También se tomó una serie de puntos en el exterior con el posicionador GPS para poder mejorar el modelo 3D.

4.1.1.2 Levantamiento de la mina Guadalupe

Primero se estableció la posición inicial, es decir, nuestro polo de radiación inicial y el cual tiene por coordenadas: $20^{\circ}13.195$ N, $98^{\circ}44.177$ W, 2240 m snm. Al interior se colocaron clavos al cielo para marcar los puntos (Figura 16), y en el subsiguiente levantamiento usar estos puntos.

En primer lugar, se realiza un breve levantamiento al exterior del socavón para detallar la entrada, luego de esto el siguiente punto da inicio a una poligonal abierta donde sería colocado el equipo para avanzar y dentro de cada estación al interior se efectúan las diferentes radiaciones, además de que se precisó a partir de los puntos colocados, ya en interior mina los puntos que forman parte del levantamiento. Estos puntos se denotaron con la simbología H, para diferenciarlos de los datos tomados en las radiaciones que se denotaron con A, B, C, ... n (hasta

donde fuera requerido); cabe mencionar también que se aprovechó cada punto para tomar la altura hacia el cielo para modelar en 3D proyectando con la ayuda de un distanciómetro.

La plancheta nos permite ir midiendo la distancia que hay entre los puntos H y los puntos de cada radiación (Figura 17), además de ir tomando los siguientes datos como extra para el trabajo en gabinete:

- Azimut
- Distancia
- Ángulo
- Altura



Figura 147. Medición con la plancheta. Foto tomada al interior de la mina Guadalupe durante el trabajo realizado.

Debido a la simpleza del equipo utilizado, se tomaron también diferentes datos que fueran útiles para realizar el trazado del plano y el modelo, como el ángulo y azimut de algunas tablas cuya altura era considerable; el levantamiento se fue marcando en una hoja transparente (papel 'albanene') los trazos de las radiaciones correspondientes, ya que como mencionamos el instrumento permite ir dibujando en vista de planta (Figura 18).

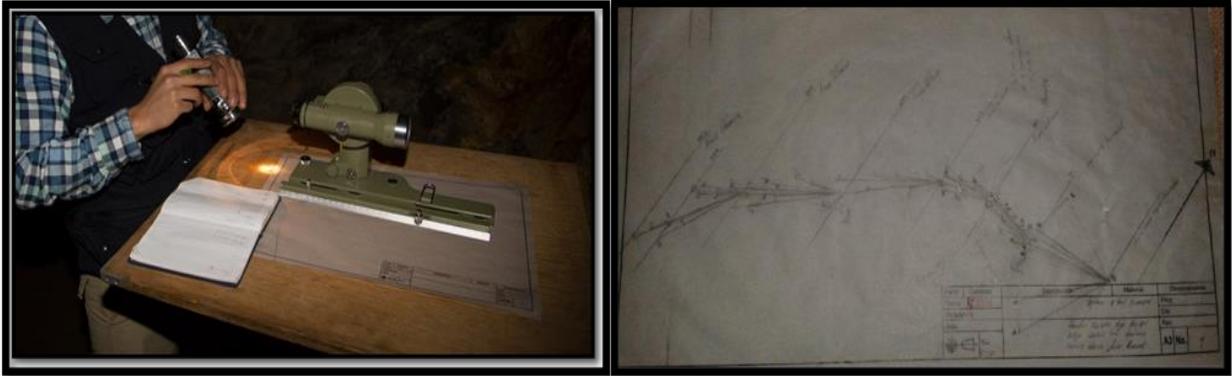


Figura 18. Plancheta y hoja de dibujo, foto tomada al interior de la mina Guadalupe, durante el levantamiento.

Se marcaron detalles encontrados en el interior de la mina tales como acequias, cruceros, conexiones con otros socavones dentro de la misma mina; incluyendo las zonas que usan los guías para el turismo.

Los puntos llamados H funcionan para poder tener mayor alcance y precisión a la hora de marcar estos detalles, por lo que el cambio de estación de trabajo depende principalmente de los siguientes aspectos:

1. La visibilidad de los puntos
2. El detalle que se necesitaba marcar
3. La existencia de algún crucero u otra obra que convenga ser marcada

4.1.2 Segundo levantamiento

El segundo levantamiento realizado durante noviembre del 2018 corresponde a la mina San Antonio, la cual tiene una mayor extensión comparada con la de Guadalupe. Para dar comienzo al trabajo se utilizará como referencia el mismo punto colocado al exterior de la mina Guadalupe.

No obstante, para este levantamiento se utilizará una estación total Leica modelo TS-09, y tal como se dijo esta fue prestada por la División de Ingeniería Civil y Geomática como ayuda al proyecto LABChico, este equipo nos permitió avanzar más rápido y tomar una mayor densidad de puntos, por lo cual se aprovecha para hacer un detallado de las obras que se localizan en el exterior de las minas y, principalmente, los servicios que deberán ser marcados (como las líneas eléctricas).

El túnel principal de la mina San Antonio tiene una longitud aproximada de 200 m, los cuales fueron levantados con la estación total.

4.1.2.1 Reconocimiento de la mina San Antonio

Es necesario realizar una inspección de reconocimiento con la finalidad de dar un primer avistamiento al interior de esta obra minera para poder observar algunos puntos que nos sean de ayuda y la secuencia que seguiremos tal como en el levantamiento anterior (Figura 19).



Figura 19. Boceto de la propuesta realiza en el recorrido y foto del clavo colocado durante el levantamiento.

Se localizaron en el interior las áreas que podrían ser ocupadas por el futuro laboratorio; también se tomaron en cuenta las diferentes obras desarrolladas en esta mina.

4.1.2.2 Levantamiento de la mina San Antonio

Una vez localizado el punto de control correspondiente al levantamiento de la mina Guadalupe, se estableció el mismo como la posición inicial -es decir, nuestro polo de radiación-, realizando aquí mismo la calibración del equipo y la comprobación con los puntos mencionados anteriormente para tener orientada la estación total.

Enseguida se comenzó a propagar las coordenadas hasta el socavón de la mina San Antonio, avanzando mediante una poligonal abierta; se siguió la cronología antes mencionada y prevista para este levantamiento priorizando el levantamiento subterráneo.

Una vez al pie del socavón se empezó con el levantamiento al interior y se realizó en cada estación previamente marcada un barrido de puntos (Figura 20); al desarrollo del levantamiento durante el recorrido se añadieron algunas estaciones que no fueron previstas y se omitieron algunas zonas debido a que el acceso con equipo era complicado. Se marcaron detalles encontrados en el interior de la mina, tales como: acequias, vueltas, cruceros, conexiones con otros socavones, tiros, puntos de interés turístico turísticas.



Figura 20. Toma de puntos en interior de mina San Antonio con estación total TS-09, foto tomada durante el levantamiento.

4.2 TRABAJO EN GABINETE

El trabajo en gabinete consistió principalmente en el procesamiento de los datos para después realizar el análisis que nos permitirá seleccionar la zona para el futuro laboratorio. Para el procesamiento de la información, desde la captura del terreno hasta el modelado 3D, se siguieron diferentes procedimientos, resumidos en la siguiente lista:

1. procesamiento de información topográfica.
2. dibujo de planos (vista de planta).
3. diseño geométrico de caminos.
4. modelado 3D
5. diseño de MDE (modelo digital de elevaciones)
6. seccionado del MDE.
7. toma de distancias.
8. análisis de distancias.

4.2.1 Primer levantamiento

Este apartado describe el procesamiento de los datos tomados en la primera salida de campo realizada para el levantamiento correspondiente a mina Guadalupe. Una vez realizado el trabajo de campo se comienza por ordenar los datos en algunas hojas de cálculo (Figura 21); para separar de la siguiente manera:

- levantamiento con GPS
- levantamiento con plancheta

EST	H.P.L.	P.V.	Dist.	Theta V	Theta H				
H20	D1	4.89	-8.5	172.4	166.4	107			
H20	E1	4.79	-8	143.8	143.5	100			
H20	F1	7.61	-8	129.8	122	94			
H20	G1	7.57	-8	107.7	102	92			
H20	H1	7.41	-2.5	7.3	5	85			
H2	I1	7.91	-16	30	4.3	85			
H2	A2	3.8	-8.5	86.5	83.5	125	122	1	
H2	B2	3	-8.5	134	131	115	118	3	
H2	C2	2.87	-8.2	73.2	70	90	127.5	125	1
H2	D2	2.83	-11.3	50	53.3	125.1	120	-3.5	
Segundo día	H2	E2	4.6	-5.5	81.2	77.1	137.5	134	1.3
H2	F2	3.89	-4.6	88.7	85	143.5			
H2	G2	3.98	-5.5	103.9	100	124	28.5	144.5	143.5
H2	H2	7.13	-3	8.9	73.9	106	153		
H2*	I2	7.37	-3	97.2	90	113	2		
H2	J2	6.98	-3	174	137	120	30	176	176.5

LAT	LONG	ALT
20.218289	-98.738661	2347
20.218293	-98.738612	2347
20.218315	-98.738675	2347
20.218323	-98.738375	2347
20.218333	-98.738255	2347
20.218345	-98.738188	2347
20.218354	-98.738127	2347
20.218349	-98.738084	2347
20.218337	-98.737986	2347
20.218311	-98.737932	2347
20.218311	-98.737874	2347
20.218276	-98.737813	2357
20.218258	-98.737747	2357
20.218223	-98.737689	2357
20.218211	-98.737561	2357
20.218205	-98.737444	2357
20.218217	-98.737351	2357
20.218229	-98.737251	2357
20.218239	-98.737151	2357
20.21825	-98.737104	2357
20.218257	-98.737055	2357
20.218263	-98.737005	2340
20.218273	-98.736936	2340
20.218287	-98.736858	2340

Figura 2115. Hojas de cálculo para levantamiento 1.

Ambos se organizaron de acuerdo a cada uno de los puntos de control o radiación piso, cielo o tablas de la mina, permitiendo así, la posibilidad de trabajar en el software minero.

4.2.1.1 Importación de datos

Una vez que los datos estuvieron en las hojas de cálculo se importaron en el orden establecido anteriormente; se utilizó la primera coordenada denotada como “H0”, localizada entre las coordenadas cargadas previamente; entonces para dibujar el punto a partir de la estación que ya tenemos cargada previamente. Con base en que las medidas corresponden a ángulos y distancias los puntos fueron ingresados a partir del punto de estación y colocando uno por uno con sus ángulos (dip, azimuth y su distancia) que nos proporciona el equipo (Figura 22). Los datos serán cargados en el siguiente orden, primero los puntos correspondientes al piso que son los más fáciles y donde podemos ir apreciando la forma seguido de los correspondientes al cielo de la mina, los cuales son proyecciones con las distancias verticales utilizando los mismos ángulos, con adición de algunos especialmente tomados para el modelamiento de la mina. Por último, fueron colocados datos tomados en las tablas, construyendo una línea de puntos guía que nos sirve para medir la dirección; asimismo, se trazó una línea al centro en piso para estimar la pendiente y la diferencia de nivel.

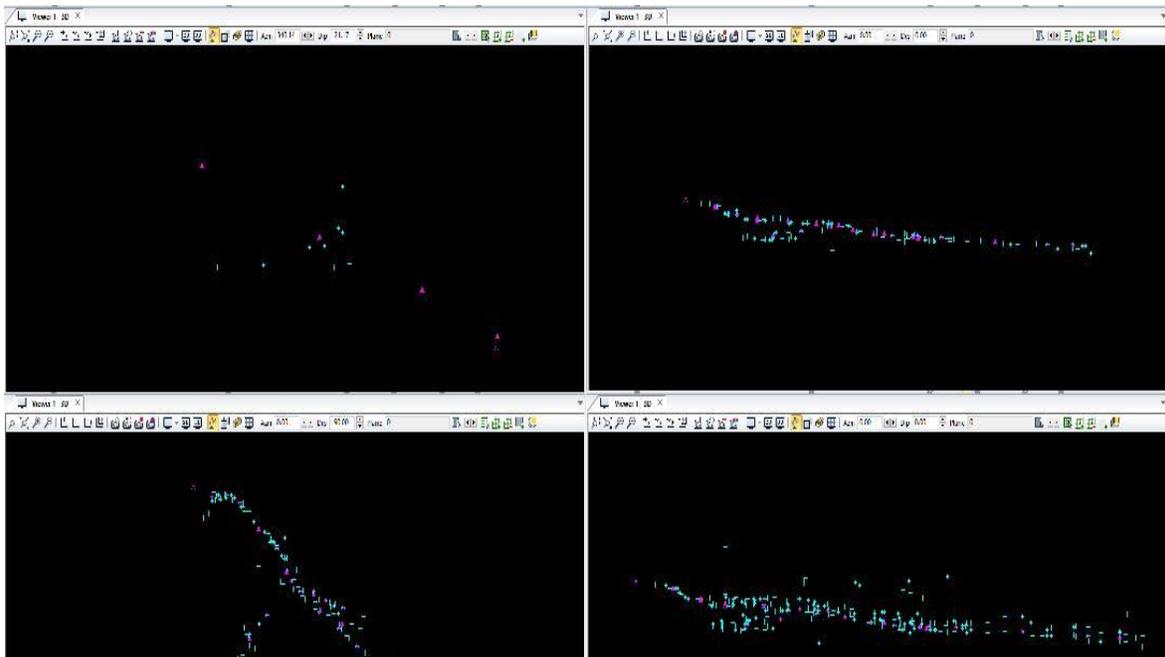


Figura 162. Importación de puntos (se dibujaron de forma manual de acuerdo a cada estación denotada por un punto rosa, en el orden mencionado).

En cada estación se dibujan los puntos que se tomaron, proyectándose como se muestra en la Figura 22. Al finalizar el trazado tanto de los puntos de piso, cielo y tablas se comenzó a dibujar las notas técnicas es decir se complementa el modelo con algunas notas que resultó difícil capturar con el equipo.

4.2.1.2 Modelado de los datos

A partir de este punto realizamos el modelamiento siguiendo una secuencia ordenada de la misma manera en que se importaron, permitiendo la generación total de un juego de planos en 2D y un modelo digital 3D. La sección correspondiente al piso de la mina será la primera en trabajar, comenzando con la proyección de los puntos que servirán como guía para la elaboración de polígonos sucesivos (Figura 23).

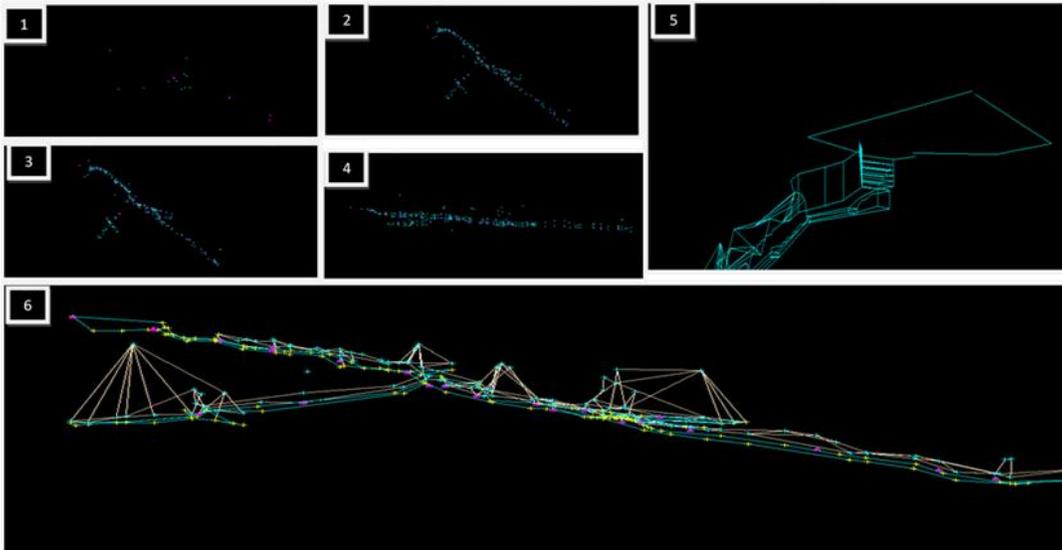


Figura23. Modelo de la mina Guadalupe a base de polígonos.

Para continuar se utilizará una función en el *software* que nos permite construir una superficie sólida de los polígonos en conjunto; esta comenzará a darle forma al modelo 3D (Figura 24). La función utilizada es Lineker Tool.

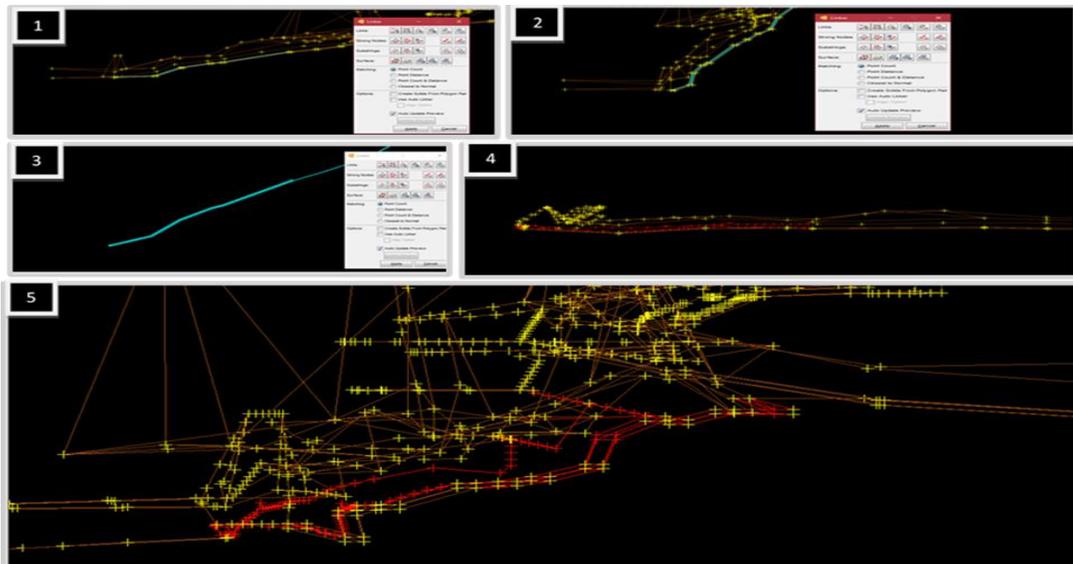


Figura24. Procedimiento para la creación de superficies sólidas.

Para poder finalizar la vista digital del modelo 3D se deben construir las tablas de la mina siguiendo el mismo procedimiento al apoyarnos y usar como guía la línea tomada a la mitad de la tabla, usándola como guía, ya que el modelo será una representación simple pero que cumplirá con el objetivo. El modelo construido por completo en 3D de la mina Guadalupe queda al finalizar los sólidos -por sólido entenderemos que son las superficies generadas- anteriores (Figura 25).

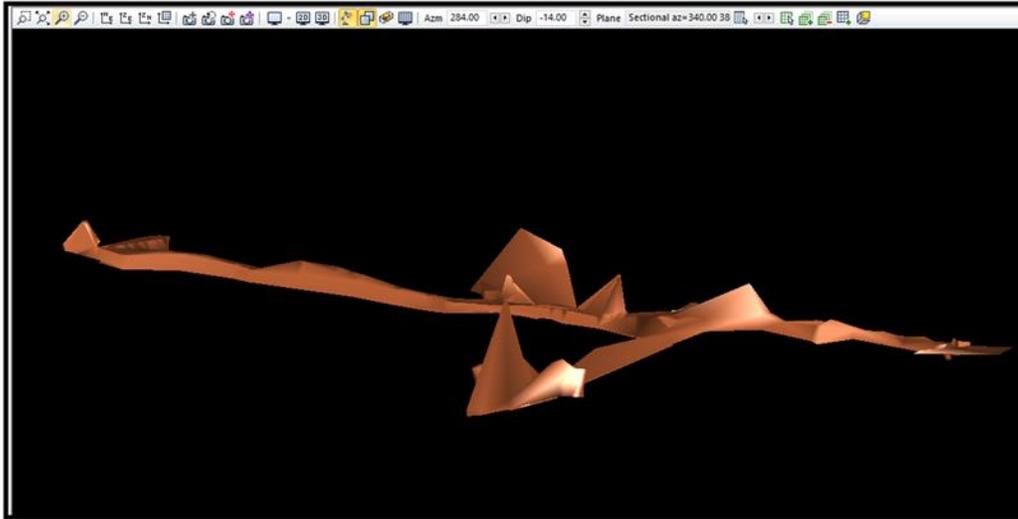


Figura 25. Modelo 3D Mina Guadalupe, capturado de la pantalla de MineSight.

4.2.2 Segundo levantamiento

Para este segundo apartado se realizó el procesamiento de los datos tomados en una segunda salida de campo realizada para el levantamiento correspondiente a la mina San Antonio, una de las dos candidatas para la instalación de “LABChico”. Para esta visita se utilizó un equipo diferente que proporciona un mejor detalle y una mayor precisión. Una vez realizado el trabajo de campo, se comenzó por la extracción de los datos de la estación que son arrojados en notas texto “.txt” que serán transformadas a .csv para poder importar de manera directa (Figura 26).

	A	B	C	D	E	F
1	ID	EAST	NORTH	ELEVATION		
2	E1	-7.115	156.3	2229.307		
3	1	-4.267	148.611	2229.379		
4	2	-4.267	148.611	2229.179		
5	E1	-7.115	156.3	2229.107		
6	1	-3.178	145.479	2229.38		
7	2	-3.178	145.479	2229.18		
8	3	0.307	142.877	2230.359		
9	E3	0.307	142.877	2230.159		
10	1	1.79	142.126	2230.432		
11	E4	1.79	142.126	2230.232		
12	1	4.752	139.518	2230.415		
13	E5	4.752	139.518	2230.215		
14	1	6.801	137.984	2230.463		
15	E6	6.801	137.984	2230.263		

Figura 26. CSV correspondiente a la mina San Antonio.

4.2.2.1 Importación de datos

Al finalizar el arreglo de los datos en las hojas se comenzó a importar de manera ordenada al software, siguiendo la disposición ya mencionado para poder ir observando las nubes de puntos en cada estación. De igual manera que el primer levantamiento, se fueron transformando cada una de las hojas de cálculo correspondientes de una extensión “.xlsx”, a una extensión “.csv”.

Para realizar la importación debe colocarse el acomodo en que serán leídos los datos por el sistema, tal cual se encuentren en la hoja. Es por eso que se acomodaron previamente (Figura 27) el formato de acuerdo a la hoja de cálculo y, una vez indicado esto el procedimiento es inmediato, los pasos anteriores fueron llevados a cabo de forma iterativa con cada una de las estaciones.

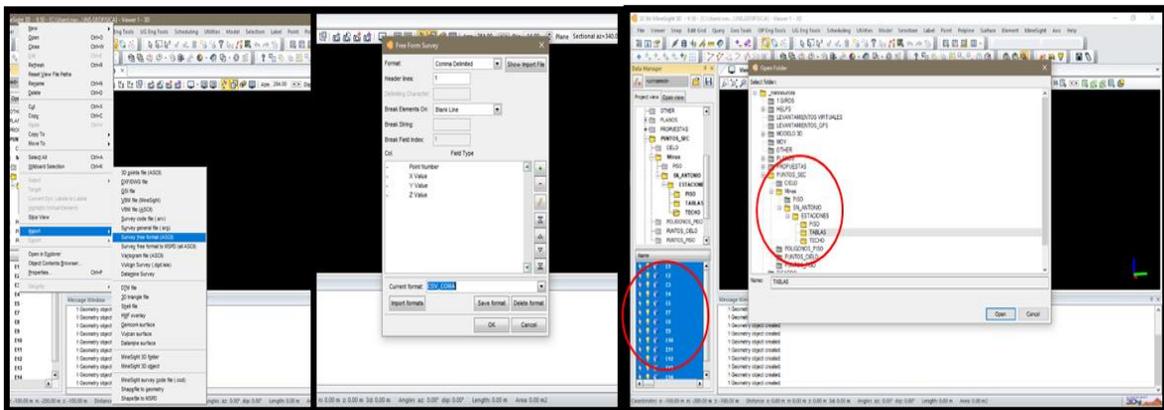


Figura 27. Procedimiento para importar archivos .csv de las estaciones de medición.

Una vez realizado el procedimiento anterior hasta lograr completarlas todas, podremos tener completa la nube de puntos separada por colores, que permitirán continuar con el trabajo (Figura 28).



Figura 178. Nube de puntos de la mina San Antonio.

4.2.2.2 Modelado de los datos

Es notable la facilidad que otorga el equipo desde realizar el levantamiento hasta el procesamiento de la información; a partir de este punto para el modelado se considerará realizar, como en la mina de Guadalupe, un modelo digital 3D; el modelo será realizado de forma simple, ya que al tener una nube de puntos más densa que en el primer levantamiento, seleccionaremos, con la ayuda de la vista de perfil antes utilizada, los puntos correspondientes al piso y crearemos una triangulación, generando una superficie. Esta función nos permite realizar polígonos (triángulos) y automáticamente transformar a un sólido ese polígono (Figura 29). Para obtener los sólidos restantes, se procederá de la misma manera, considerando en esta ocasión los puntos que forman el cielo y así utilizando el mismo procedimiento generamos un sólido con el cielo de la mina; en el caso de las tablas se utilizará una vista de planta, ya sea inferior o superior, que permita apreciar los puntos correspondientes para poder en dos pasos crear los sólidos restantes, de forma independiente, es decir, primero para el lado izquierdo y posteriormente para el lado derecho (Figura 29).

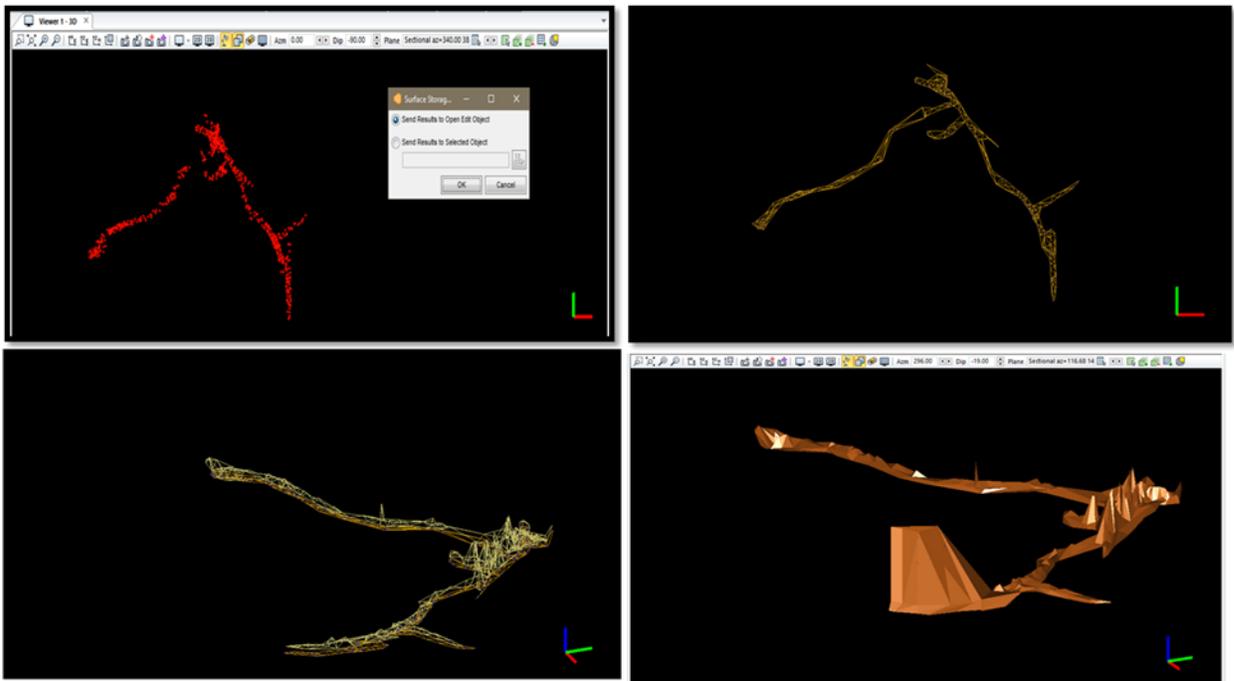


Figura 29. Modelo 3D y resumen del procedimiento para realizarlo, aplicando el comando *Triangulate Surface -> with Selection in Plan*.

4.2.3 Selección de las zonas

Una vez que los modelos están listos en ambas minas se comienza a marcar las primeras propuestas, las cuales fueron obtenidas en campo durante las visitas. Las propuestas fueron seleccionadas con base en uno de los criterios más simples, mismo que es un área óptima, razón por la cual marcamos áreas donde se pudiera instalar el laboratorio durante las visitas. A pesar de ello debemos recordar que son minas que fueron explotadas en el pasado, por lo cual el diseño es rudimentario comparado con las operaciones actuales; sin duda cualquiera que sea la mina donde se instale requerirá de una expansión para la instalación de LabChico.

Para el caso de la mina Guadalupe se encontraron dos sitios que podrían resultar óptimos; en ambos casos tenemos un área promedio inicial de 12 m². La figura 30 un plano completo muestra una vista de planta y marca las ubicaciones, la primera en la parte media del primer crucero, a la cual no se tiene acceso durante la visita guiada, y que favorece el área, incluyendo también un posible incremento en cualquier dirección, el sitio es favorecido debido a que se encuentra en la parte central de toda la extensión del crucero. La segunda se localiza al fondo del túnel principal (Figura 30); el sitio tiene la ventaja de estar al final de túnel que puede ampliarse con dirección hacia el tope. Los planos pueden observarse en tamaño completo en el anexo 1

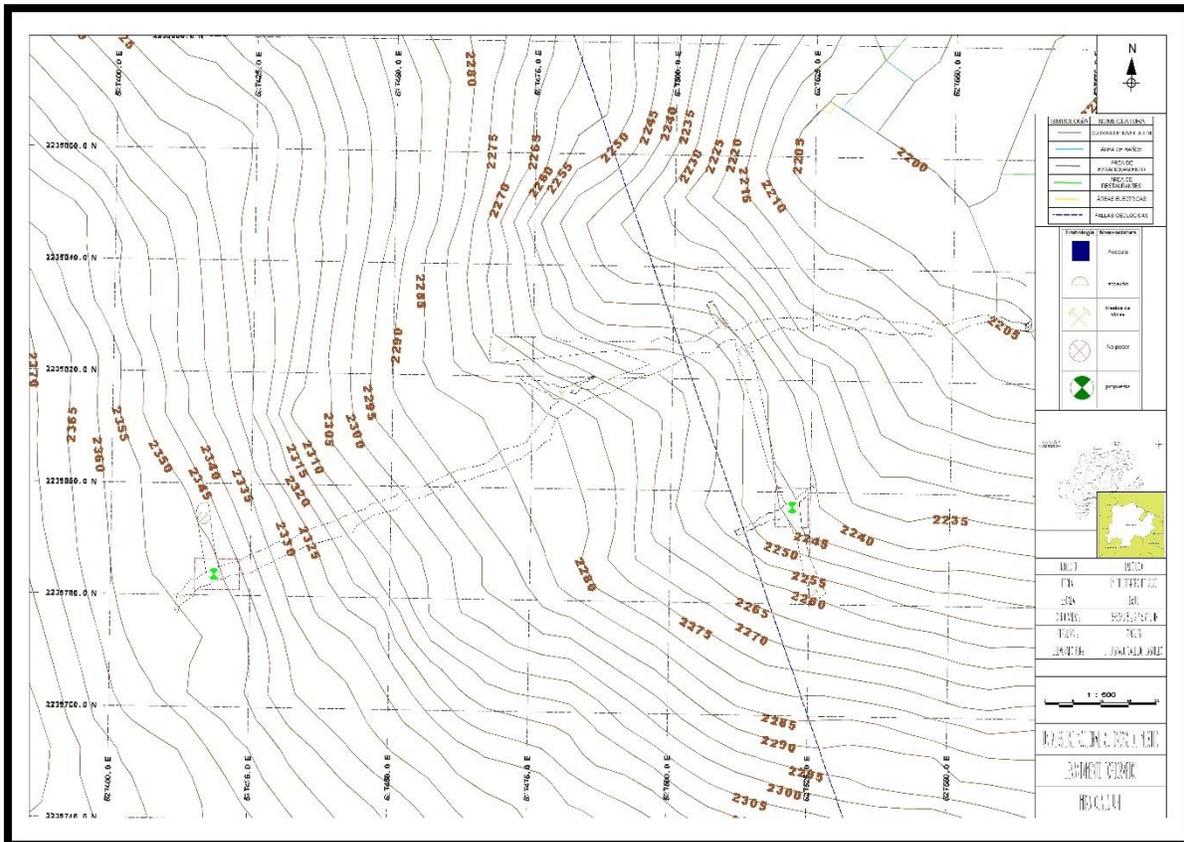


Figura 30. Plano general de la mina Guadalupe, marcando las propuestas en rectángulos rojos.

4.3 CREACIÓN DE UN MODELO DIGITAL DE ELEVACIONES

Como propuesta de la metodología se utilizará un modelo digital de elevaciones (MDE), el cual será la base de poder cuantificar las distancias, ya que nos ayudará a tener una representación del relieve topográfico y poder apreciar por debajo de este las distancias que se generen, hasta las propuestas de laboratorio. Como se explicó hay dos formas de un MDE en este caso se requiere una que permita representar en 3D la proyección de las cotas, a partir de las curvas de nivel de la superficie.

En primera instancia se creó un modelo digital sencillo que permita cuantificar, para lo cual se hará uso de las herramientas “AutoCAD” y “Google Earth Pro”, dos herramientas adicionales en conjunto nos permitirán obtener las curvas de nivel de la zona; -AutoCAD: es una software de diseño que permite ser utilizado para diferentes áreas, producido por Autodesk-; -Google Earth Pro: es una herramienta de Google que muestra una representación plana y tridimensional del mundo en su totalidad, permitiendo la localización mediante direcciones o coordenadas, y que permite realizar algunas operaciones básicas-. De esta manera mediante estas dos herramientas se obtendrán las curvas y un punto de control; se procedió de la siguiente manera:

Primeramente, se localiza la coordenada de referencia que será utilizada en el trabajo, y deberá ser marcada en el mapa de Google (Figura 32) la forma en la que se está introduciendo la coordenada y al mismo tiempo guarda, junto una pantalla donde se aprecia en la zona y como queda guardada.

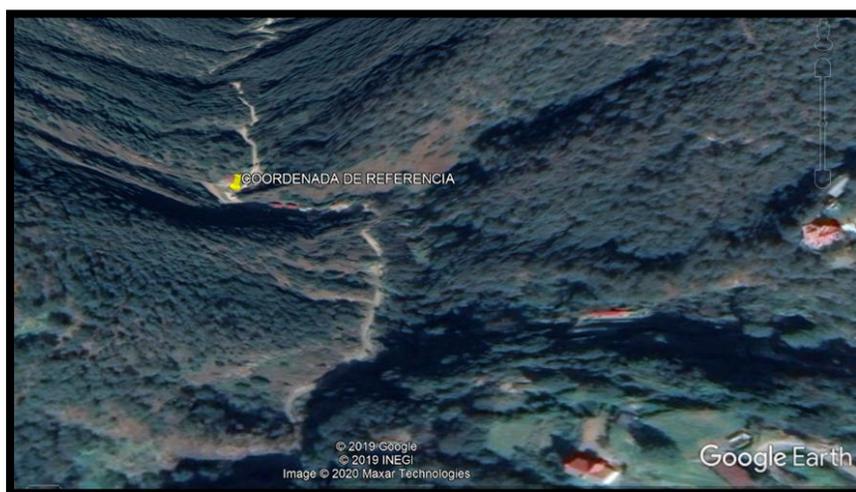


Figura 32. Coordenada al exterior, en la superficie, de la bocamina de Guadalupe.

Con los puntos anteriores finalizados se comienza a trabajar mediante AutoCAD, haciendo uso de una herramienta de CAD-Earth, que nos permitirá seleccionar el polígono creado en Google Earth y el punto de referencia; el polígono servirá como límite para que *software* cree curvas de nivel a 10 y a 5 m de distancia para tener

un mejor detalle cuando se generó el MDE, se exportan las curvas generadas, el archivo CAD (Figura 33) se guarda en una extensión “.dwg” o “.dxf”.

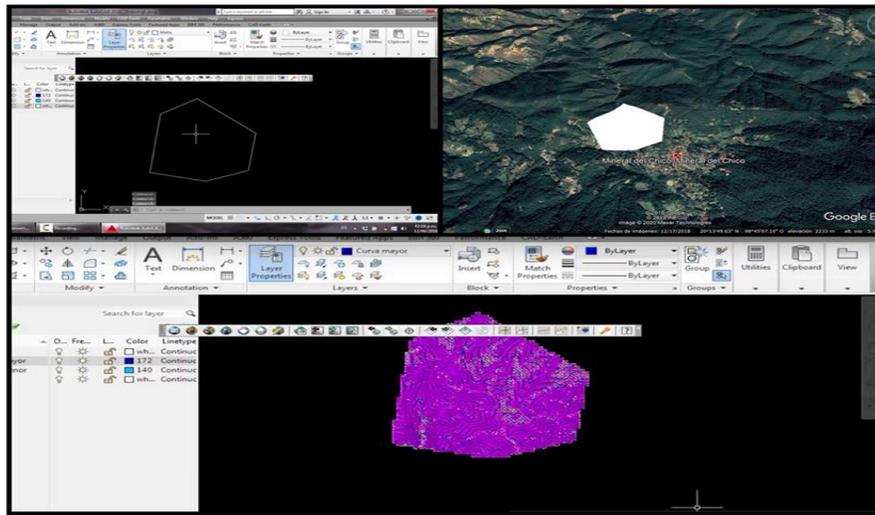


Figura 183. Procedimiento resumido para generar las curvas de nivel.

Para continuar y crear el MDE, se requerirá importar a MineSight el archivo “.dwg”, por lo que se importará, en el apartado de -importar DXF y/o DWG, una vez seleccionado el archivo se abrirá una pantalla donde deberán ser seleccionados los *layers* que serán importados, en este caso:

- curvas mayores
- curvas menores
- malla (solo con el fin de comparar)

Con las *layers* seleccionados solo se confirma y automáticamente cada uno se importará creando un *Geometri objet* (Figura 34) que muestra los pasos previos descritos y como se visualiza al finalizar.

Para finalizar el MDE se requiere utilizar la herramienta *Triangulate Surface*, que crear una triangulación de puntos entre las curvas de mayor y las curvas de menor, para lo cual será generado un nuevo *Geometri Objet* donde se guardarán los datos.

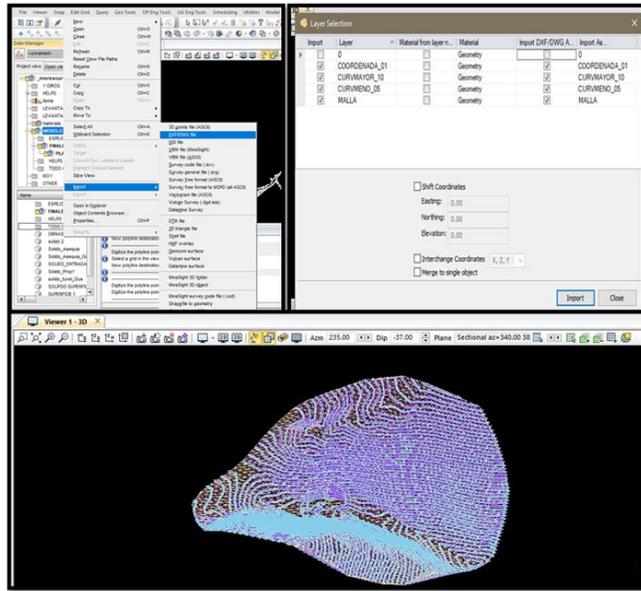


Figura 194. Importación de curvas de nivel a MineSight.

Seleccionando las curvas y triangulando (Figura 35) se genera una superficie formada por triángulos formados entre los nodos que componían a las curvas de nivel, cambiando la vista del MDE podemos verlo con una perspectiva más apropiada.

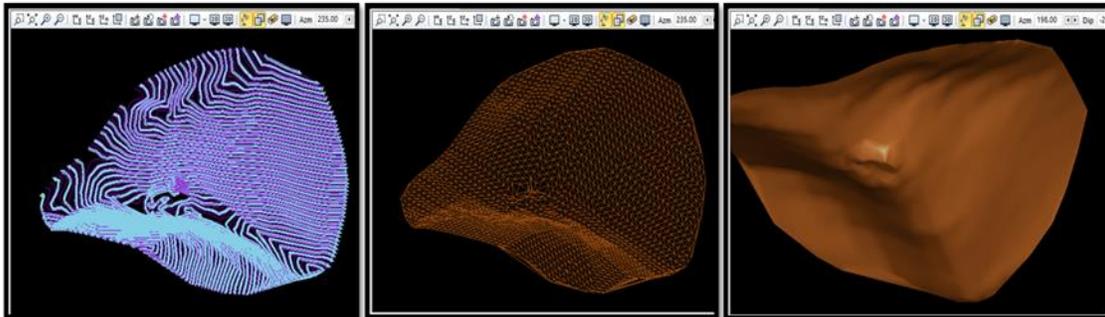


Figura 35. MDE creado a partir de las curvas de nivel.

4.3.1 Distancias medidas

La medición de las distancias, se realiza como ya fue mencionada con el MDE, realizando cortes cada 10 grados, generando secciones que permitan medir la distancia desde el punto de la propuesta hasta el relieve topográfico, por lo cual se estarán generando un juego completo de secciones para cada propuesta, pues la medición saldrá a partir de la sección.

Para llevar a cabo los cortes primero el MDE debe contar con un volumen por lo cual este apartado pretende indicar cómo generar y cómo se obtienen las distancias. Para comenzar se debe transformar el MDE en un sólido con volumen, aunque el volumen no es representativo para el trabajo, la propuesta metodológica implica realizarlo de esta manera, entonces se debe generar polígono que rodee el MDE, y usando la herramienta extrude podemos crear un sólido que cubra la superficie topográfica (Figura 36).

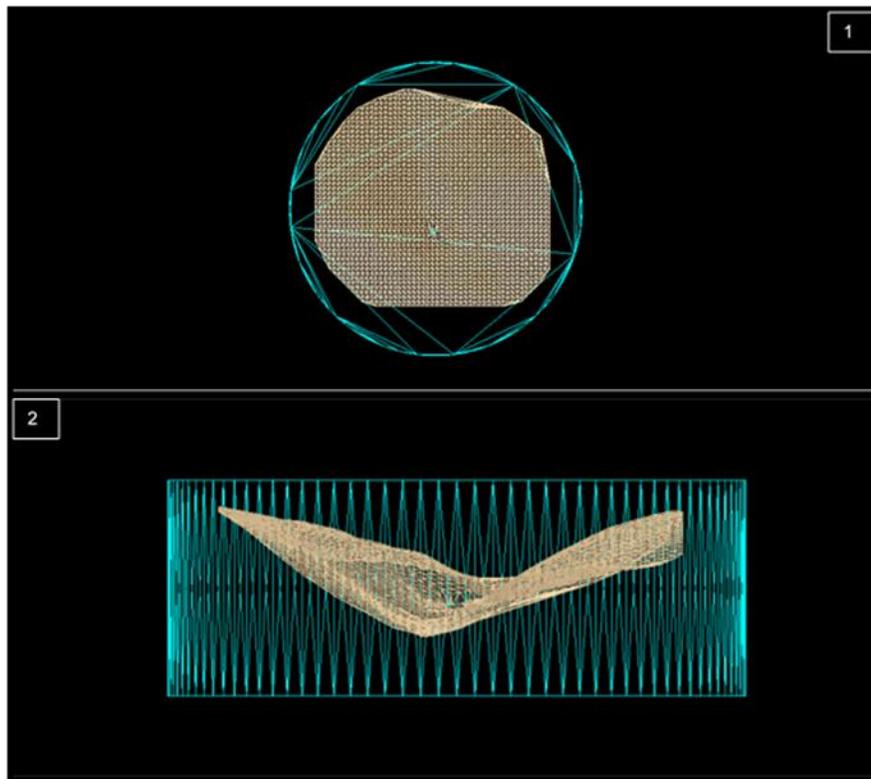


Figura 36. Sólido cubriendo MDE 1) vista de EW y 2) vista NE.

Para poder generar la superficie con volumen, realizaremos un corte entre el sólido y superficie. Para ello utilizamos la herramienta *Intersect solids* seleccionando en un extremo o grupo A al sólido creado en el paso anterior y en otro extremo o grupo B al MDE y realizando un corte que nos permita eliminar de la superficie A. Lo que no esté debajo de la superficie B generando un sólido con el MDE pero con el cuerpo del sólido A (Figura 37); este sólido nos permitirá realizar los cortes requeridos para poder trabajar.

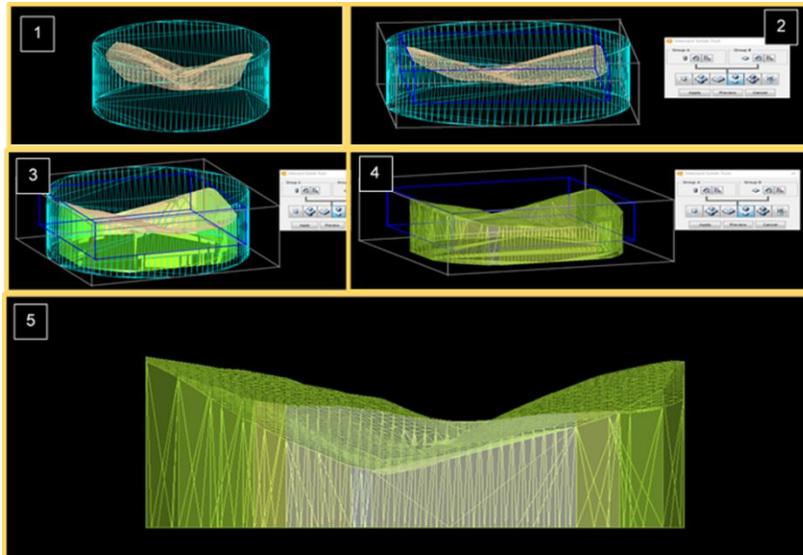


Figura 37. MDE con volumen 1) Vista en perspectiva de los sólidos; 2) Selección de los sólidos mediante la herramienta; 3) vista previa del resultado 4 y 5) modelo Final con volumen.

Con el sólido concluido deben generarse las secciones de cada una de las propuestas; las secciones son planos imaginarios, que en software podremos percibir en vistas 2D, por lo tanto se elaborarán de la siguiente forma: se generará una referencia es decir en cada punto de las propuestas de colocar una línea que será girada cada 10 grados para tener 18 líneas que indiquen las direcciones en las que serán elaborados, posteriormente, se crea un *Grid Set*, el cual contendrá un grupo de secciones, por ende deberán crearse 3, uno para cada propuesta, una vez creado se especifica el tipo de secciones, para este caso se utilizaron secciones *Undored* que permiten editar en 2D; se deberán seleccionar las líneas que indican la dirección de las secciones y simplemente aceptar después del movimiento anterior (Figura 38).

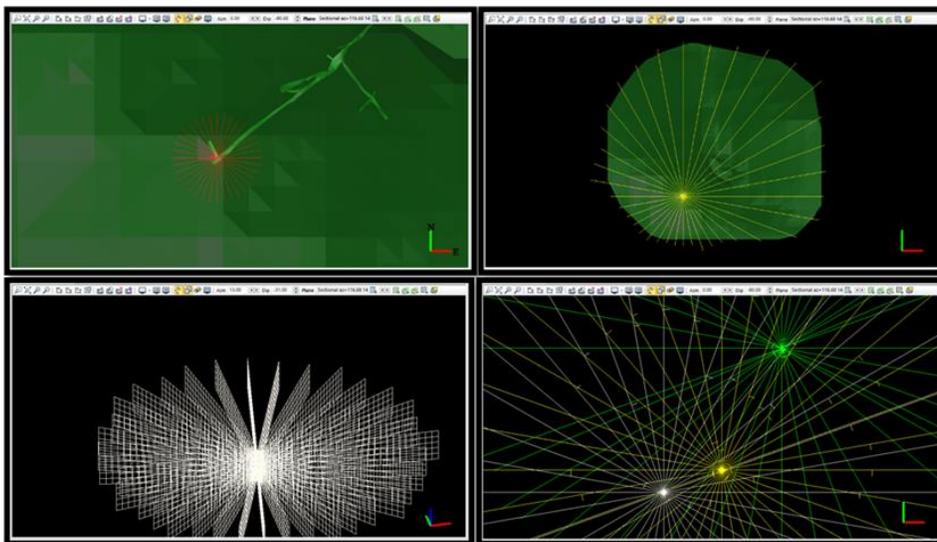


Figura 38. Creaciones de secciones para cada propuesta, se observa el MDE y como se crean planos sobre el mismo, así como también las secciones percibidas como líneas en vista EW.

Con las secciones, realizadas a cada 10 grados, en cada una de las secciones se tomará la distancia de igual manera a cada 10 grados, empezando desde cero grados hasta 180, obteniendo 18 mediciones por secciones.

Para trabajar en ellas se deberá realizarse previo un corte del modelo creado, obteniendo así un corte perimetral del modelo sobre la sección. así que para lograr esto se utiliza el comando *slice view* y se selecciona el *Grid Set* correspondiente generando de esta forma un corte de todo lo que se encuentra en ese espacio, por lo que es importante tener solamente el sólido visible. Una vez con esto realizado, deberán cargarse al sistema las secciones de algunas y así activar las vistas en 2D, al encender esto y con los cortes ubicamos el punto de la propuesta ya que a partir de este punto se generará la línea a 0 grados y será girada para obtener las 18 distancias (Figura 39).

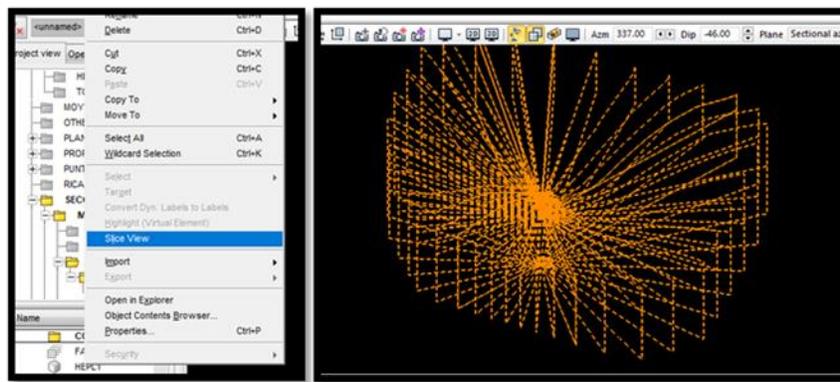


Figura 209. Secciones cortando el MDE, Creadas a partir de un Slice View.

Con las líneas realizadas se utilizará el comando *Extend to intersect* y se extenderá cada una de las líneas para que intercepte el corte perimetral generando así las distancias absolutas desde el interior de la mina en el punto de la propuesta, hasta el relieve topográfico, generando así en cada plano las distancias (Figura 40) teniendo así un conjunto de secciones con sus correspondientes distancias. Así de esta forma deberá realizarse para cada propuesta obteniendo 18 secciones con 18 mediciones cada una, obteniendo 972 en total en el anexo 1 se encuentra el total de las secciones.

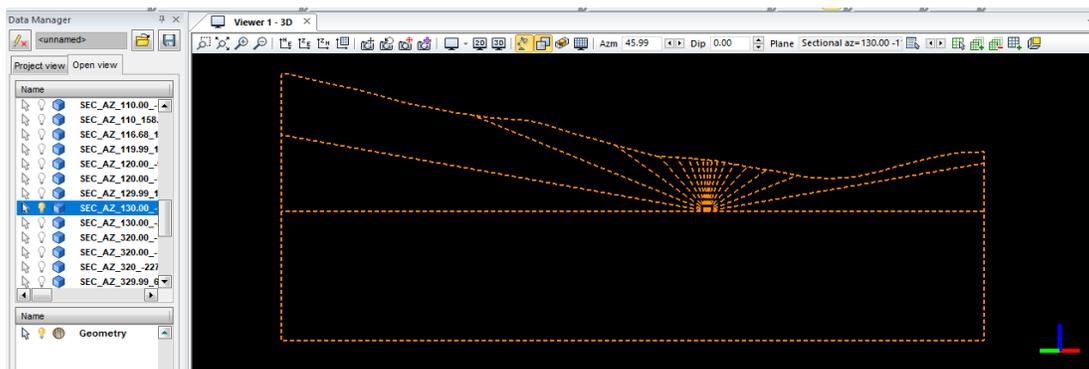


Figura 40. Distancias en sección Sectional az=130.00 -112.55.

4.4 ANÁLISIS DE LAS DISTANCIAS

Para el análisis de resultados cuyo único fin es demostrar que no existan distancias menores a 100 metros que es el mínimo permitido para el trabajo; se ha decidido realizar una discriminación simple de los datos obtenidos, con la finalidad de eliminar los datos que se encuentren por debajo de esta medida. Los datos de las distancias deberán ser vaciados en hojas de cálculo uno por uno, generando tablas que nos permitan identificar dependiendo cada sección y con los cuales se trabajará, en la (Tabla 1). El resto de las se encuentran en el anexo 2.

Tabla 1. Tabla de distancias de la sec az_20.00_-107.41

SEC AZ 20.00 -107.41	
Grados	Distancia [m]
0	118.13
10	70.46
20	54.45
30	54.35
40	56.64
50	53.76
60	53.19
70	54.37
80	60.04
90	63.73
100	69.52
110	78.36
120	92.99
130	120.85
140	156.71
150	192.97
160	237.02
170	229.06
180	227.14

La segregación se realiza por un método de que permite analizar cada uno de los datos individualmente, respecto a una media y la desviación estándar, este procedimiento expresa la distancia en términos de desviaciones estándar, en que se encuentra un dato, o un grupo poblacional, respecto a la media de referencia, es decir que expresa cuántas desviaciones estándar está alejado el valor con respecto de a media. Para lo cual su valor se calcula obteniendo la diferencia entre la medición del dato y la media que se esté analizando, dividiendo posteriormente esta diferencia entre la desviación estándar; esto es:

$$Z=(x-M)/\sigma$$

- x: dato evaluado
- M: media del grupo
- σ : desviación estándar

Por lo cual se conjuntaron los datos para poder realizar el análisis a cada uno de una forma práctica (Tabla 2) donde se aprecia el conjunto de datos de cada sección para la propuesta uno de la mina Guadalupe.

Tabla 2. Valores de las distancias tomadas de la propuesta 1, agrupados en una sola tabla.

	SEC1	SEC2	SEC3	SEC4	SEC5	SEC6	SEC7	SEC8	SEC9	SEC10	SEC11	SEC12	SEC13	SEC14	SEC15	SEC16	SEC17	SEC18
Conjunto de datos																		
0	425	118	531	130	576	556	515	480	458	456	395	332	531	557	571	298	246	451
10	165	70	539	69	69	71	76	483	461	461	402	337	539	563	252	144	107	455
20	95	54	534	63	53	55	59	69	84	94	104	117	234	191	118	103	74	90
30	76	54	112	59	54	55	57	62	74	77	81	88	112	106	81	82	62	75
40	66	57	82	57	53	53	55	61	65	67	69	73	82	81	71	65	60	64
50	67	54	72	56	51	51	52	56	57	61	63	67	72	71	68	61	57	59
60	60	53	67	55	52	52	52	53	55	58	62	64	67	66	63	59	57	56
70	61	54	65	55	55	55	55	53	55	58	62	64	65	64	61	60	58	57
80	62	60	64	60	52	59	59	59	60	62	63	63	64	63	62	61	61	61
90	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64
100	66	70	65	69	70	69	70	70	69	67	66	65	64	65	66	67	70	67
110	70	78	66	78	80	79	80	81	77	72	68	66	65	66	69	72	79	73
120	77	93	69	91	99	95	98	101	92	82	73	69	67	69	74	80	95	81
130	88	121	74	117	125	116	124	138	117	98	81	76	71	73	82	94	126	100
140	118	157	85	150	171	151	167	180	171	148	100	80	79	80	99	120	152	137
150	243	193	107	190	212	196	204	241	242	287	180	138	98	96	128	151	200	220
160	468	237	143	225	292	238	279	361	361	442	429	306	131	122	183	219	219	339
170	440	229	282	218	281	316	326	345	380	419	478	519	283	177	230	219	215	411
180	433	227	279	217	279	308	316	337	367	414	470	511	279	246	227	217	214	394

Posteriormente al aplicar la fórmula presentada anteriormente para calcular la puntuación de cada dato, se observa como resultado el siguiente bloque de datos representado en su mayoría por valores de entre 0 y 3, es decir que desde cero veces se alejan de la media hasta tres veces la desviación estándar, sin embargo si observamos la distancia a 90 grados es de 64 por lo cual la media se ve afectada con este valor y como lo que queremos es observar los valores menores de 100 metros utilizaremos una media de 100 para que todos los valores por debajo queden en 0 y se puedan marcar.

Tabla 3. Valores eliminados se dejan solo los ceros para eliminarlos.

	Puntuación Z																	
0	3	1	4	1	5	5	4	4	4	4	3	2	4	5	5	2	1	4
10	1	0	4	0	0	0	0	4	4	4	3	2	4	5	2	1	1	4
20	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0
30	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
110	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
120	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
130	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1
140	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1
150	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	0	0	1	1	1	1
160	4	1	1	1	2	1	2	3	3	3	2	1	1	1	1	1	1	2
170	3	1	2	1	2	2	2	2	3	3	4	4	2	1	1	1	1	3
180	3	1	2	1	2	2	2	2	3	3	4	4	2	1	1	1	1	3

De esta forma podemos ver las distancias menores y marcar la sección donde esta se encuentra (Tabla 3). El procedimiento descrito anteriormente debe realizarse con cada una de las propuestas, teniendo en cada caso, un conjunto de datos por sección que se encuentre acotado con las distancias que pudieran resultar mayores y que saquen de rango a la zona que representa una manera adecuada. Así de esta forma podemos marcar en cada sección las distancias menores y distinguir cuál propuesta no tiene distancias por debajo de 100 m o tiene un mínimo de distancias menores a este número. El resto de las tablas se encuentran en el anexo 2 con los procedimientos realizados.

5. DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA

Este capítulo presenta de una forma sintetizada la metodología descrita previamente; en esta ocasión también se formalizan los resultados de la zona propuesta realizando un tercer levantamiento, en el cual se implementa un mayor detalle al trabajo y presión. Por eso este capítulo se plantea como objetivo principal realizar la formalización de dicho procedimiento que en resultado nos confirmará la selección previamente hecha.

5.1 RECONOCIMIENTO

Previamente mencionado el reconocimiento de la zona tiene como objetivo particular observar el área de estudio identificar las áreas en una primera instancia que pudieran favorecer al trabajo, plantear previamente una secuencia que permita realizar las labores, observar los inconvenientes que pudieran presentarse y establecer una solución. El reconocimiento se puede resumir en un recorrido donde se visita una serie de ubicaciones con puntos de interés y/o específicos.

Por ende, como primer paso previo a realizar el levantamiento, se hace una inspección con la finalidad de dar un primer avistamiento al interior de esta obra, y al recorrido que se realizará desde la mojonera hasta la ubicación de la mina (Figura 41)

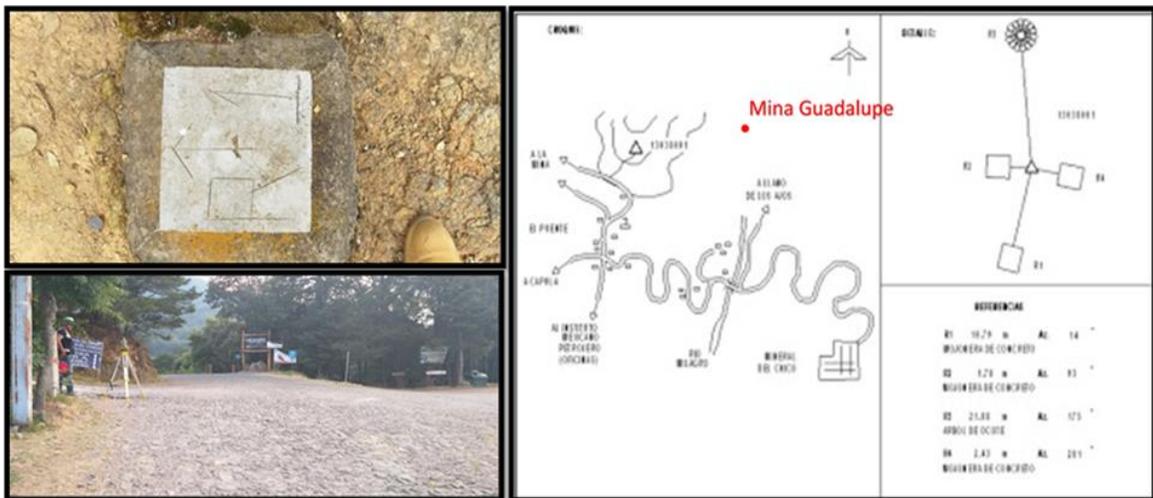


Figura 41. Ubicación de la mojonera junto con un plano de su ubicación del (INEGI, 2019).

Se localizó la mojonera aproximadamente a 3 km, y con los puntos previamente establecidos en el interior mina se concluyó que el levantamiento se realizaría solo del túnel principal. Con el área localizada para la instalación de LABChico.

5.2 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

Una vez localizado en banco de nivel INEGI y el itinerario a recorrer, se realiza una poligonal abierta, con la finalidad de propagar las coordenadas que van a referenciar el levantamiento. Concluida la poligonal abierta, se utilizará como punto de control para el interior de la mina Guadalupe. Sin embargo, se utilizará un conjunto de coordenadas locales (0,0,0,) y posteriormente en gabinete será llevado el modelo a su coordenada correspondiente:

La estación permitió ir tomando los puntos mediante un barrido que genera una mayor densidad haciendo uso de la función de láser se lleva a cabo con una mayor



Figura 42. Fotografía tomada durante el recorrido, en la zona de LABChico.

rapidez. Una vez avanzando con el equipo el desarrollo del levantamiento se realizó de una manera rápida en cada estación previamente marcada, llegando hasta el punto de interés (Figura 42).

5.3 TRABAJO EN GABINETE

El procesamiento de los datos y la capturada del terreno darán como resultado el nuevo modelado 3D. Para realizar la importación debe tenerse previamente ordenado para ser leídos por el *software* (MineSight) (Figura 43) muestra el ejemplo, usando en este caso los nuevos datos con los que se modelará nuevamente la mina Guadalupe. El procedimiento anterior debe ser llevado a cabo de forma iterativa con cada una de las hojas de cálculo que conformen el conjunto.

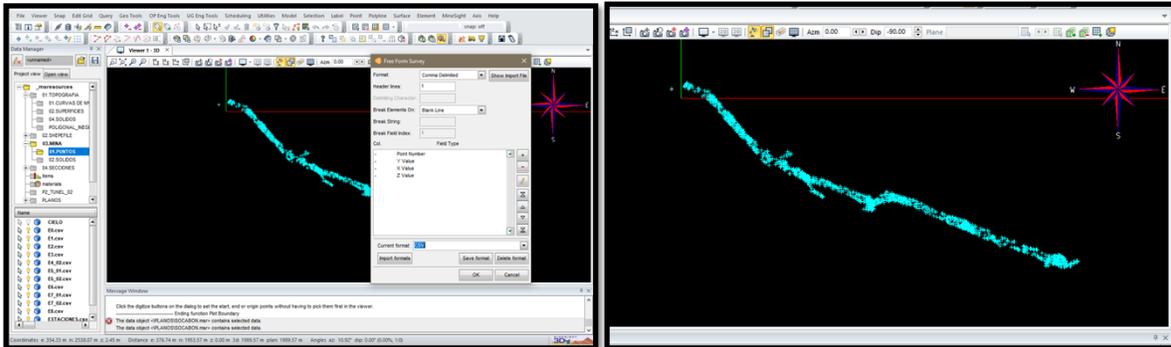


Figura 4321. Puntos importados a MineSight.

Para el modelado a partir de este punto se considerará realizar un modelo digital 3D; comenzando con la proyección de la nube de puntos total, realizando de la forma en que se estableció de acuerdo al capítulo 4; además de que al tener una nube de puntos más densa que en el primer levantamiento, con la ayuda del *software* crearemos una triangulación más simple, generando un sólido (Figura 44).

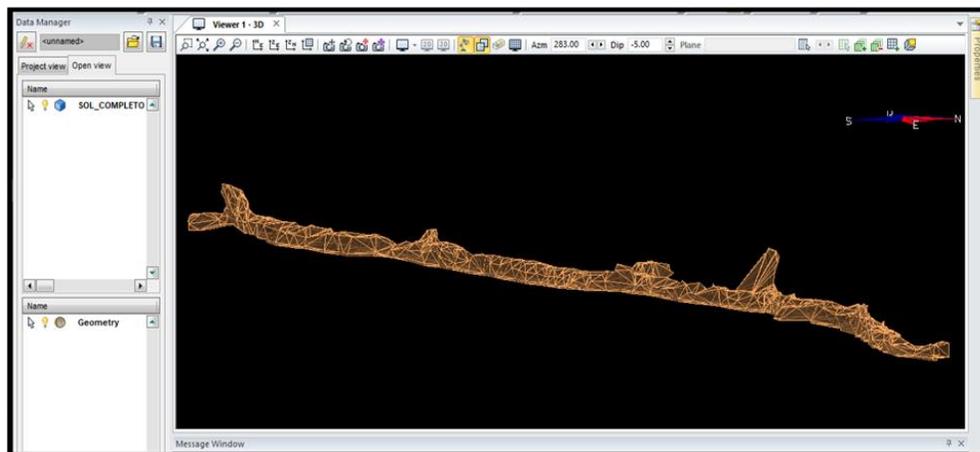


Figura 44. Modelo 3D de túnel principal mina Guadalupe, creado con un mayor detalle.

5.4 MODELO DIGITAL DE ELEVACIONES

La creación de un modelo digital de elevaciones que es una de las bases principales del presente trabajo para poder cuantificar las distancias, ya que este modelo nos ayudará a tener una representación sólida del relieve. Como se explicó previamente existen diversas formas de un modelo digital de elevaciones, anteriormente se utilizó uno generado de una forma sencilla, sin embargo, es importante usar un modelo establecido por INEGI, el cual tiene un error mínimo en Z, por lo cual para este resumen se utilizará una imagen ráster obtenida de la página de INEGI y se trabajará a partir de un *software* especializado en sistemas de información geográfica ArcGIS. Para continuar y crear el MDE, se requerirá importar la imagen ráster en ArcGIS donde simplemente se generarán las curvas de nivel correspondientes al ráster, una imagen que dentro de su información en la tabla de atributos contiene los valores reales de las elevaciones sobre el nivel del mar (Figura 45).

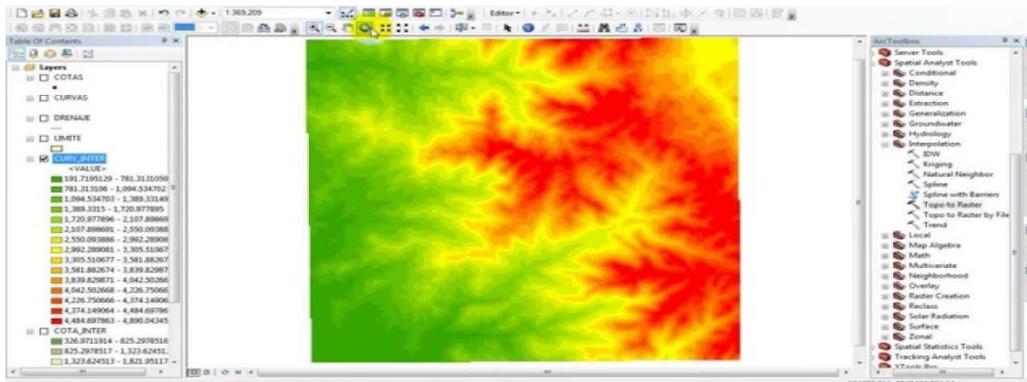


Figura 45. Imagen Raster cargada en ArcGIS, para obtener curvas de nivel.

Las curvas generadas se encuentran guardadas como shapefile “.shp” y se encuentran dibujadas en 2D, pero al importar a MineSight, se utilizará el atributo de las cotas para darles elevaciones (Figura 46).

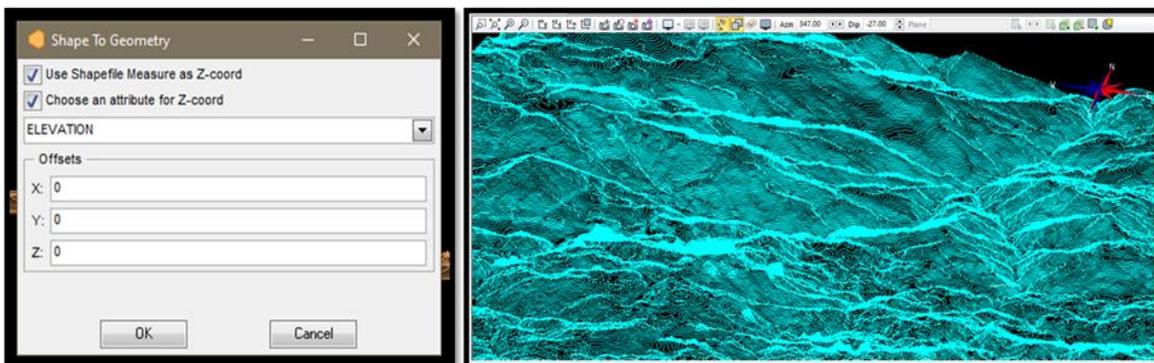


Figura 46. Importación de curvas de nivel a MineSight.

Para finalizar el MDE se requiere formaliza el sólido que lo conforma mediante una triangulando (Figura 47) se genera una superficie formada por triángulos formados entre los nodos que componían a las curvas de nivel.

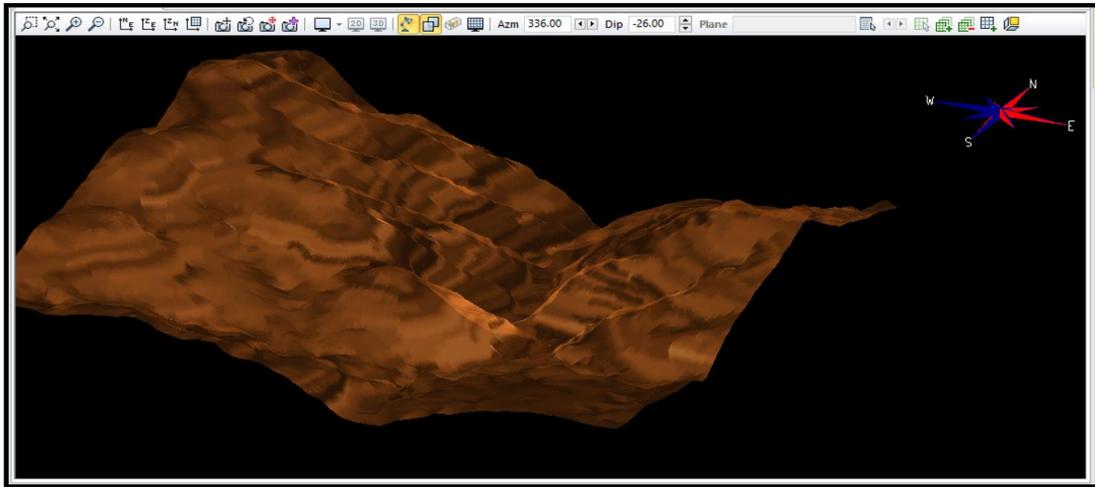


Figura 47. MDE generado a partir de las curvas de nivel.

5.5 ANÁLISIS DE DISTANCIAS

El análisis de resultados cuyo único fin es demostrar que no existan distancias menores a 100 m será realizado como se indicó el capítulo 4 para este nuevo levantamiento, sin embargo, debe aclararse que no es el único método, pero por cuestiones de facilidad se realiza de esta manera (Tabla 4). El resto de las se encuentran en el anexo 2.

Tabla 4. Distancias correspondientes a sec. az_330.10_1571690.0

EC_AZ_330.10_1571690.0	
Grados	Distancia [m]
0	663.08
10	668.14
20	548.08
30	325.34
40	235.5
50	188.4
60	173.72
70	169.01
80	148.57
90	146.61
100	146.05
110	153.06
120	169.46
130	197.67
140	230.89
150	253.33
160	275.12
170	595
180	591.5

De la misma forma eliminaremos los valores que estén por debajo de la unidad principal, su valor se calcula obteniendo la diferencia entre la medición del dato y la media

Tabla 5. Conjunto de distancias obtenidas en el levantamiento.

	SEC1	SEC2	SEC3	SEC4	SEC5	SEC6	SEC7	SEC8	SEC9	SEC10	SEC11	SEC12	SEC13	SEC14	SEC15	SEC16	SEC17	SEC18
Conjunto de Datos																		
0	337	693	663	732	781	641	610	573	294	224	587	611	136	143	204	143	611	602
10	318	266	668	738	283	240	230	303	253	197	430	613	115	119	179	123	133	223
20	281	245	548	716	257	211	211	267	170	171	271	411	107	114	135	114	115	158
30	246	208	325	385	238	196	145	182	148	143	195	253	98	109	114	110	104	121
40	189	194	236	247	208	153	113	153	131	128	174	198	96	102	103	102	100	107
50	154	166	188	196	181	126	105	146	125	116	152	174	98	101	100	101	98	102
60	140	141	174	174	150	114	103	141	119	115	148	168	97	100	102	99	100	103
70	130	137	169	160	142	121	112	134	116	120	137	159	107	110	109	109	109	115
80	138	142	149	142	145	125	125	137	130	138	137	149	123	127	129	128	126	127
90	146	151	147	135	150	144	144	145	145	149	143	148	143	148	145	148	146	145
100	170	161	146	127	158	158	157	151	153	157	146	148	156	160	156	162	160	158
110	174	190	153	132	181	184	192	165	176	182	161	160	182	194	185	196	193	190
120	200	211	169	144	199	213	222	175	165	181	173	178	191	212	190	214	216	217
130	233	268	198	158	249	274	276	197	190	186	207	205	199	213	195	220	238	244
140	285	316	231	214	283	341	333	220	195	214	221	222	210	221	206	255	276	291
150	538	546	253	247	602	509	537	253	235	301	255	251	324	496	298	494	532	542
160	528	571	275	264	657	540	514	329	569	618	347	312	676	580	584	538	513	505
170	524	553	595	679	637	523	498	519	550	600	527	546	656	561	673	521	497	489
180	523	549	592	674	632	520	494	515	546	596	523	542	651	557	668	516	493	486

propuesta, dividiendo posteriormente esta diferencia entre la desviación estándar. Por lo cual se conjuntaron los datos para poder realizar el análisis a cada uno de una forma práctica (Tabla 5) donde se aprecia el conjunto de datos de cada sección para la propuesta uno de la mina Guadalupe.

Posteriormente al aplicar la fórmula presentada anteriormente para calcular la puntuación de cada dato, se observa como resultado el siguiente bloque de datos representado en su mayoría por valores de entre 0 y 3, es decir que desde cero veces se alejan de la media hasta tres veces la desviación estándar, por lo cual se estarán marcando las distancias con cero, dejando solo los números mayores que representan números mayores a 100.

De esta forma podemos ver las distancias menores y marcar la sección donde esta se encuentra (Tabla 6). El procedimiento descrito anteriormente debe realizarse con cada una de las propuestas, teniendo en cada caso, un conjunto de datos por sección que se encuentre acotado con las distancias que pudieran resultar mayores y que saquen de rango a la zona que representa una manera adecuada. Así de esta forma podemos marcar en cada sección las distancias menores y distinguir cuál propuesta no tiene distancias por debajo de 100 m o tiene un mínimo de distancias menores a este número.

Tabla 6. Valores menores a 100 metros.

Conjunto de Datos																		
0	2	4	4	4	4	4	3	3	2	1	3	3	1	1	1	1	3	3
10	2	1	4	4	2	1	1	2	1	1	2	3	1	1	1	1	1	1
20	2	1	3	4	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1
30	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
40	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
50	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
60	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
70	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
80	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
90	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
100	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
110	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
120	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
130	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
140	2	2	1	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2
150	3	3	1	1	3	3	3	1	1	2	1	1	2	3	2	3	3	3
160	3	3	2	1	4	3	3	2	3	3	2	2	4	3	3	3	3	3
170	3	3	3	4	4	3	3	3	3	3	3	3	4	3	4	3	3	3
180	3	3	3	4	4	3	3	3	3	3	3	3	4	3	4	3	3	3

6. RESUMEN DE ACTIVIDADES DE LABCHICO

La idea de un laboratorio subterráneo es un proyecto que se ha tenido desde hace unos años, en por lo que para de crear LABChico ha sido un proyecto de mucho trabajo para los colaboradores del IF y del ICN de la UNAM. A partir de haber seleccionado un sitio para la instalación el trabajo de divulgación y acercamiento al proyecto para la gente ha sido una labor con la que se ha trabajado.

Las jornadas de la ciencia son actividades de divulgación que hablan de temas que pueden resultar de interés para el público y en relación con el laboratorio y lo que se pretende hacer ahí, así como los avances del proyecto; hasta el momento se han realizado tres jornadas de la ciencia: una en febrero de 2019, la segunda en septiembre del mismo año y la tercera en marzo del 2020 (Figura 48)



Figura 48. Poster de la 3era Jornada de la Ciencia de LABchico (FACEBOOK: LABCHICO, 2020)

Se han realizado también instalaciones provisionales con el detector de Germanio en la zona seleccionada para la obtención de datos y pruebas del equipo, en la Figura 49, se observa una instalación provisional realizada en mayo del 2019, se dejó el equipo durante un par de días obteniendo datos.



Figura 49. Fotografía de Instalación provisional en el sitio de la mina Guadalupe.

La publicación de algunos artículos ha dado a conocer de una manera más formal el proyecto, artículos presentado en periódicos, la gaceta UNAM, noticieros etc (Figura 50), son trabajo de divulgación, que se hace actualmente mientras culmina el proyecto de LABChico. Él trabajó realizó mediante redes sociales tales como: Twitter: @LAB_Chico, FaceBook: LABChico: Laboratorio Subterráneo de Mineral del Chico y un canal del YouTube: LABChico, mantiene informado sobre las recientes actividades de los investigadores y Del grupo de trabajo del proyecto, en estas redes se encuentran las ligas para los artículos que se han publicado pues han sido compartidos al público para que conozcan cada día un poco más de LABChico.



Figura 50. Portada de un artículo que se publicó en la Newsletter de la Red Global de Geoparques acerca del proyecto LABChico, después de la primer jornada de la ciencia (GLOBAL GEOPARKS NETWORK, 2019)

7. RECOMENDACIONES

El documento presentado es una propuesta metodológica para la selección de un emplazamiento donde se pueda instalar un laboratorio subterráneo de física, concretamente para el proyecto científico y educativo LABChico. La selección solo nos permitió ubicar una zona donde realizar la instalación, sin embargo, al hablar de obras subterráneas deben hacerse varias consideraciones para su desarrollo, que garanticen la seguridad del personal que labora dentro, así como el desarrollo de la obra, por eso mismo en cuestiones de seguridad estructural es recomendable realizar estudios con enfoque en las siguientes áreas relacionadas:

- Mecánica de rocas
- Análisis estructural

Realizando como recomendación un análisis del índice de calidad del macizo rocoso que ayude a determinar las condiciones de excavación y refuerzo de las obras al realizar algún trabajo dentro; también entre algún otro sería importante un análisis de los principales esfuerzos y deformaciones a los que pueda estar sometida la obra. Con el objetivo de determinar las condiciones actuales y extrapolar mediante los estudios a las condiciones que pudieran estar generando al realizar la construcción de un laboratorio, teniendo así las mejores condiciones en cuestiones estructurales y de seguridad. En resumen, las áreas anteriores proporcionan las bases para la construcción estructural de una obra dentro del emplazamiento seleccionado, así como los parámetros adicionales que pudieran ser requeridos para llevar a cabo la instalación y garantizar la seguridad estructural de la obra y seguridad íntegra de quien labore dentro de las instalaciones.

Como complemento, y no menos importante podrían realizarse los siguientes estudios que enriquecerán el trabajo realizado y algunos cimentaron las bases para continuar con el desarrollo del proyecto:

- Geohidrología, debido a que se encuentra un río con una distancia considerable al emplazamiento y principalmente para cuantificar la profundidad al nivel freático.
- Obra civil: que permitiría con las bases estructurales realizar la mejor propuesta para la construcción.
- Ventilación: aunque la ventilación está garantizada hasta el momento, sería importante hacer la consideración para los trabajos en el laboratorio, así como la calidad requerida y el flujo necesario.

En general es fundamental complementar de información la zona seleccionada para el desarrollo del laboratorio, por lo cual se hace la recomendación de seis análisis que complementan y ayudan al desarrollo del laboratorio.

8. ANALISIS DE RESULTADOS

Se obtuvo un emplazamiento ubicado en la mina de Guadalupe, que a pesar de que esta tiene un acceso más reducido y puntos con alturas menores a 1.50, tiene un sitio ideal para la construcción de LABChico; el cual se ubica al final del túnel principal de la mina, podemos obtener la cobertura necesaria para la construcción y aunque el área actual tiene 10 metros cuadrados no permitiría la instalación inmediata, es adecuada por encontrarse al tope del túnel, ya que permite realizar trabajos de obra civil para la ampliación y construcción pudiendo extenderse en cualquier dirección si ningún problema, ya que no obstruye las actividades dedicadas al turismo; con los 10 metros de área el sitio puede comenzar las labores de construcción y acondicionamiento debido a que permite el ingreso de maquinaria manual y de mediano tamaño para la ampliación y nivelación del terreno; las condiciones del ambiente en ese punto son adecuadas ya que hay un buen flujo de aire a pesar de ser el tope del túnel, se percibe además una temperatura adecuada para realizar trabajos y construcción, sin embargo como se hizo recomendación es necesario complementar este trabajo con diferentes estudios que sustenten la seguridad y condiciones.

Las secciones elaboradas a cada 10 grados justifican la selección de la zona, puesto que se pudo medir la cobertura de roca desde el contorno del túnel hasta la superficie, de este modo mediante dichas secciones se cuantifica que la menor longitud registrada no es menor a los 100 metros, por lo cual el sitio es adecuado para realizar la instalación, además las secciones generadas en conjunto con los planos son de apoyo a los trabajos obra civil que vayan a realizarse.

Se elaboró de manera exitosa una propuesta metodológica para la selección del sitio, la cual resulta de diversos conocimientos e ideas que en conjunto pueden utilizarse como primera instancia para obtener una propuesta, que puede ser comprobada de diferentes formas e incluso puede ser mejorada complementando ideas, sin embargo, para esta primera inmersión en el campo y la idea de utilizar una sección y un MDE brinda los resultados requeridos para el proyecto. La metodología puede resumirse en los siguientes pasos:

1. **Reconocimiento del área:** de una manera sencilla el reconocimiento es el primer avistamiento al área de estudio y no solo como apoyo al levantamiento topográfico, sino también para recolección de información de la zona.
2. **Levantamiento topográfico:** realizar las actividades que competen al área de la topografía.
3. **Procesamiento de datos:** Descargar toda la información obtenida en campo, y trabajar sobre ella, ya sea para planos, modelos y o análisis.
4. **Creación de un MDE:** para este caso en particular la creación de un MDE es fundamental para seccionar.
5. **Análisis de distancias:** el análisis puede realizarse de manera sencilla, sin embargo, depende del objetivo del trabajo.

Entonces esta propuesta metodológica puede ser resumida en 5 actividades, aunque algunas de estas solo son complementarias, es importante hacer la consideración como puntos independientes, puesto que pueden existir zonas como lo es la de este caso que requieren de un detallado minucioso o de la búsqueda previa de abordar los trabajos.

9. CONCLUSIONES

La zona de Obras mineras del Rio El Milagro ubicada dentro del GCM, y donde se ubica la mina de Guadalupe, la cual tiene una extensión de 160 metros en su túnel principal, además teniendo algunos cruceros con no más de 100 metros de longitud hasta el tope, tiene el sitio donde puede construirse LABChico, es decir existe un emplazamiento con las características adecuadas tal como se mencionó este sitio se ubica al final del túnel principal de la mina de Guadalupe y posee las condiciones adecuadas ya que, a pesar de ser el tope del túnel pueden realizarse trabajos para la construcción, sin embargo como se hizo recomendación es necesario complementar este trabajo con diferentes estudios que sustenten la seguridad y condiciones.

LABChico es un proyecto de colaboración en diferentes centros de estudio que permite la colaboración multidisciplinaria, ya que desde diversos puntos de vista e ideas que aportan a diferentes áreas que son requeridas para la culminación de este apoyan de diferentes formas, como se describió en el mundo se encuentran diversos laboratorios de este tipo algunos ubicados en minas, para México y América Latina es el primero de su tipo lo que abre una actividad para la ingeniería de minas y disciplinas afines que buscan la colaboración con grupos científicos para la elaboración de proyectos y propuestas similares.

Por lo tanto y en conclusión el presente documento plasma una propuesta metodológica y resultados de cómo se llega a la selección de un emplazamiento óptimo para el desarrollo de un laboratorio subterráneo, haciendo uso de técnicas empleadas en la ingeniería de minas, así como modelos que permiten interpretar, visualizar y justificar, los pasos aplicados.

VII. REFERENCIAS

1. Agencia de Noticias Xinhua. (2017). "Discurso de Xi Jinping en la ceremonia de apertura del Foro de la Cumbre de Cooperación Internacional Belt and Road". Noviembre de 2019, de Noticias Xinhua Sitio web: <http://www.xinhuanet.com>
2. *Arteaga Velázquez Juan Carlos*, (2017), "LOS RAYOS CÓSMICOS". Noviembre 2019, Saber Más Revista de Divulgación, Sitio web: <https://www.sabermas.umich.mx/archivo/articulos>
3. *Arranz-Justel José J. y Soler García*, (2015), "MÉTODOS TOPOGRÁFICOS". Madrid, España, E.T.S.I. Departamento de Ingeniería Topográfica y Cartografía.
4. *Bertou Xavier*, (2014), "EL LABORATORIO SUBTERRÁNEO ANDES". Argentina, Comisión Nacional de Energía Atómica.
5. *Botía Flechas Clara, et al.* (2012), "Altimetría". Bogotá, Colombia, Colección TIERRA Y VIDA.
6. *Calva-Ruiz Héctor*, (1987), "Evolución de las operaciones mineras en México en los últimos 25 años". D.F., México, Academia de Ingeniería Mexicana.
7. *Canet Carles, et al.* (2017), "Cartografía geológica para la gestión del geopatrimonio y la planeación de rutas geoturísticas: Aplicación en el Geoparque Mundial de la UNESCO Comarca Minera, Hidalgo", Noviembre 2019, terra digitalis, Sitio web: <http://terradigitalis.unam.mx/terra/>
8. *Cebrián, Susan*, (2017), "Science goes underground". Noviembre 2019, Science in school, Sitio web: <https://www.scienceinschool.org>
9. CERN Accelerating science, (2019), "The Large Hadron Collider", Noviembre 2019, CERN Accelerating science, Sitio web: <https://home.cern/science/accelerators/large-hadron-collider>
10. *Cherry Robert N.*, (1998), "RADIACIONES IONIZANTES". ENCICLOPEDIA DE SALUD Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO, Madrid, España, Chantal Dufresne BA.
11. *Cohen B.*, (1971), "Concepts of Nuclear Physics", E.U., Mc Graw -Hill.
12. *Coll-Hurtado Atlántida, Sánchez Salazar María Teresa y Morales Josefina*, (2008), "La minería en México". D.F., México, UNAM-Geografía.
13. Geoparque Hidalgo, (2016), "Comarca Minera, Hidalgo", Octubre 2019, Geoparque Hidalgo, Sitio web: <http://www.geoparquehidalgo.com/>
14. Consejo de seguridad nuclear, (2015), "Radiación natural y artificial". Noviembre 2019, Consejo de seguridad nuclear, Sitio web: <https://www.csn.es/radiacion-natural-y-artificial2>
15. *Cortés José M.*, (1996), "Técnicas de prevención de riesgos laborales: seguridad e higiene del trabajo". Madrid, España, TÉBAR.

16. *Domínguez García Tejero Francisco*, (1993), "TOPOGRAFIA GENERAL Y APLICADA". Madrid España, Ediciones Mundi-Prensa.
17. *El Ergonomista*, (2016), "SITUACIÓN DE LA ECONOMÍA ESPAÑOLA A COMIENZOS DEL SIGLO XIX". Noviembre 2019, *El Ergonomista*, Sitio web: <http://www.elergonomista.com/historia/mineria.htm>
18. *Fermilab*, (2019), "MINOS Experiment Areas A Neutrino Division Facility for Underground Experiments", Octubre 2019, *Fermilab*, Sitio web: <https://www.numi.fnal.gov/MinosAreas/access.html>
19. *Estruch-Serra Miquel y Tapia-Gómez Ana*, (2003), "Topografía subterránea para minería y obras". Barcelona, España, EDICIONS UPC.
20. *Fernández Ortiz Antonio*, (2004), "MÉTODOS TOPOGRAFICOS". Octubre 2019, *Cartesia*, Sitio web: <http://www.cartesia.org/data/apuntes/topografia>
21. *Fundación UNAM*, (2017), "Geoparque Comarca Minera beneficiará a 500 mil habitantes". Octubre 2019, *Fundación UNAM*, Sitio web: <http://www.fundacionunam.org.mx>
22. *García Márquez Fernando*, (1988), "TOPOGRAFIA APLICADA". México,, concepto s.a.
23. *García Márquez Fernando*, (2005), "EL TOPOGRAFO DEZCALZO: Manual de Topografía Aplicada", México, Editorial Pax México.
24. *García Martín Antonio*, (2009), "AMPLIACIÓN DE TOPOGRAFÍA MINERA". Cartagena, España, Universidad Politécnica de Cartagena.
25. *García de la Vega León Manuel*, (2017), "MATERIA OSCURA Y MASAS DE NEUTRINOS", México, Facultad de Ciencias UNAM.
26. *Garzón Ruipérez León*, (1979), "RADIOACTIVIDAD Y MEDIO AMBIENTE", Oviedo, España, Universidad de Oviedo.
27. *Global Challenges Research Fund (Foundation Awards, Grant ST/R002908/1), STFC, UK*
28. *Góngora Pérez Juan Pablo*, (2013), "Evolución reciente de la minería en México". *Comercio Exterior*, Vol. 63, Núm. 4, México.
29. *González G. y Rabin C.*, (2011). "Para entender las radiaciones". *Divnuclear física*, Sitio web: <http://divnuclear.fisica.edu.uy/libro/>
30. *Hernández Valencia Leopoldo*, (2011), "MANUAL DE OPERACIONES DE LA ESTACIÓN TOTAL". Chiapas, México, CivilGeeks.
31. *Hexagon Mining*, (2019), "MINESIGHT 3D". *Hexagon Mining*, Sitio web: <https://hexagonmining.com/es>
32. *Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática*, (2002), "Cuaderno estadístico Municipal Mineral el Chico, Estado de Hidalgo". México, Instituto Nacional de Estadística Geografía.
33. *Knave, B., et al*, (2001), "Radiaciones no ionizantes". *ENCICLOPEDIA DE SALUD Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO*, España, Chantal Dufresne, BA.

34. *Krakiwsky E. J. y Wells D. E.*, (1973), "SISTEMAS DE COORDENADAS EN GEODESIA", Canadá, Secretaría de Programación y Presupuesto.
35. *Leica-geosystems*, (2019), "Leica". Hexagon Mining, Sitio web: <https://hexagonmining.com/es>
36. *Lewis, M.*, (2001), (SURVEYING INSTRUMENTS O GREECE AND ROME), U.K., Cambridge University Press.
37. *Machado-Carvajal Luis Enrique*, (2018), "CONSTRUCCIÓN DE UN DETECTOR DE MUONES PORTÁTIL PARA EL LABORATORIO DE ASTROFÍSICA Y ASTROPARTÍCULAS DE LA ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL", Ecuador, Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Escuela Politécnica Nacional. Quito.
38. *Montes de Oca Miguel*, 1996, "TOPOGRAFÍA". México, Alfaomega.
39. *Mora-Rodríguez Patricia*, (1999), "LA RADIACIÓN EN LA VIDA COTIDIANA", Costa Rica, Colegio de Médicos y Cirujanos.
40. Naciones Unidas. (2017). "17 Goals to Transform Our World". Diciembre 2019, ONU, Sitio web: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/>
41. NUSGREM, (2020), "Radiaciones ionizantes", Asociación Nacional de Estudiantes Universitarios de Ciencias Físicas, Enero 2020, Sitio web: <https://nusgrem.es/tag/radiaciones-ionizantes/>
42. *Ortega-Morel Javier*, (1998), "Una Aproximación a la Historia de la Minería Del Estado de Hidalgo", México, Secretaría de Educación Pública-FOMES.
43. *Pérez Joaquín*, (2006), "Minerometalurgia de la plata en México (1767-1849) cambio tecnológico y organización productiva", España, Secretaría de publicaciones e intercambio editorial.
44. *Quintero Deiby Alejandro et al*, (2009), "Aplicación metodológica para obtener modelo digital de elevaciones", Bogotá, Colombia, Gestión y Ambiente.
45. *Ramírez J. Francisco J.*, (1997), "LABORATORIO DE DETECTORES DE RADIACIÓN". Diciembre 2019, Gobierno de México, Sitio web: <https://www.inin.gob.mx>
46. *Raymond E. y Francis S.*, (1971), "TRATADO DE TOPOGRAFIA". Madrid, España, Editorial Aguilar.
47. *Rodríguez Sala María Luisa*, (2006), "Los cirujanos de Hospitales de la Nueva España (1700-1833)". Revista médica latinoamericana, México, Universidad Nacional Autónoma de México Instituto de Investigaciones Sociales.
48. *Sánchez Cardozo Vásquez Rojas Edmundo et al*, (2005), "Carta Geológica-minera Pachuca". Pachuca, México, Servicio Geológico Mexicano.
49. *Sarsa María Luisa*, (2006), "UZ -Dark Matter Searches at Canfranc". Octubre 2019, Researchate, Sitio web: <https://www.researchgate.net/publication>

50. SNOLAB, (2012), "About SNOLAB". Octubre 2019, SNOLAB, Sitio web: <https://www.snolab.ca/about>
51. Sosa Adrián Gustavo y Ibazeta-Alessi Andrés Darío, (2016), "TOPOGRAFIA SUBTERRANEA". Octubre 2019, La Academia, Sitio web: <https://www.academia.edu>
52. Torres-Molinares Cecibel, (2006), "Procedimiento para Levantamiento Topográfico". Panamá, Centro de Investigaciones Hidráulicas e Hidrotécnicas.
53. Triedo de Richoufftz Nicolas, (2016), "Mineral del chico pueblo mágico en Hidalgo". Octubre 2019, Revista Volaris, Sitio web: <http://revista.volaris.com/destinos>
54. UNESCO, (2017), "COMARCA MINERA, HIDALGO UNESCO GLOBAL GEOPARK (Mexico)", Octubre 2019, UNESCO, Sitio web: <http://www.unesco.org>
55. UK Reserch and Innovación, (2018), "Boulby Underground Laboratory". Octubre 2019, Boulby, Sitio web: <https://stfc.ukri.org>
56. Universidad Politécnica de Madrid, (2008), "Métodos topográficos". Octubre 2019, Universidad Politécnica de Madrid, Sitio web: <http://ocw.upm.es/>
57. Valencia Cuevas Waldo y Pizarro Villalobos Carlos, (2012), "Topografía en Minería Cielo Abierto". The Scribd, Sitio web: <https://es.scribd.com>
58. Villar J. Ángel, (2016), "EL LABORATORIO SUBTERRÁNEO DE CANFRANC". Los Coloquios de la Asociación de Exparlamentarios de las cortes de Aragón, N° 59, España.
59. Yáñez-Pérez Gabriela, (2013), "IMPORTANCIA DE LA TOPOGRÁFICA SUBTERRÁNEA PARA EL DESARROLLO Y EL MEJORAMIENTO EN INFRAESTRUCTURA". Puebla, México, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

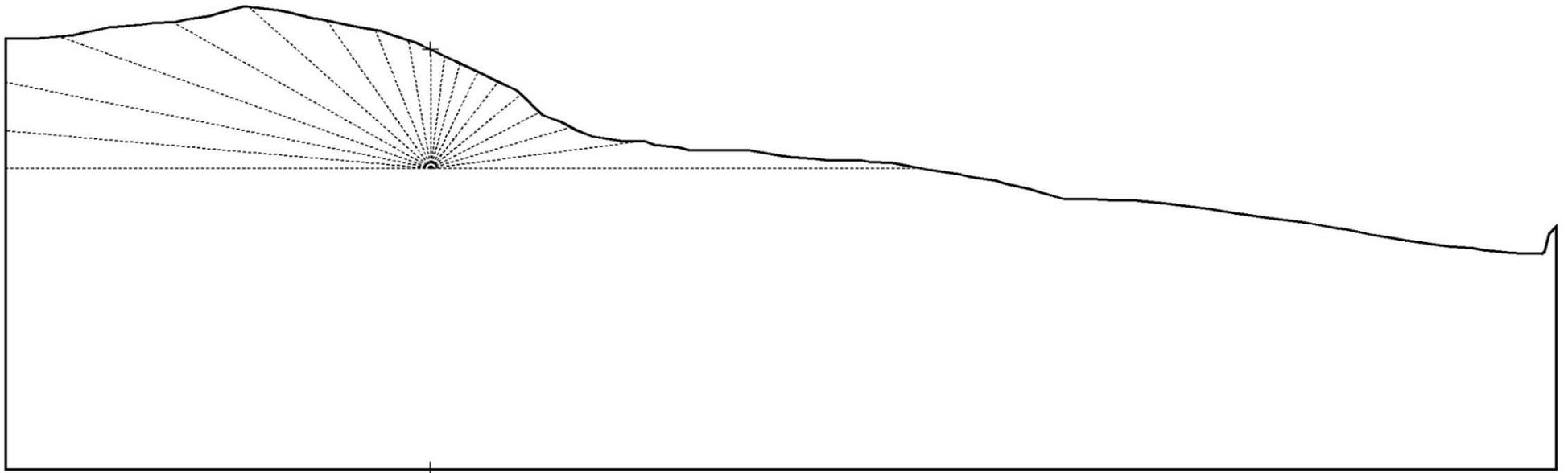
VIII. ANEXO 1

Este anexo corresponde a los planos de manera general y a las sesiones generadas, las cuales son el sustento del presente trabajo, como el objetivo de este anexo es presentar las secciones y planos únicamente, los valores de las longitudes estarán en el siguiente anexo donde se encuentran todas las tablas.

SECCIONES MINA GUADALUPE PRIMER LEVANTAMIENTO

A continuación, las secciones del primer levantamiento de este trabajo el cual se hizo en la mina de Guadalupe con la plancheta. Aquí se presenta primero las 18 secciones de la propuesta 1 y después las 18 secciones la propuesta 2.

PROPUESTA 1

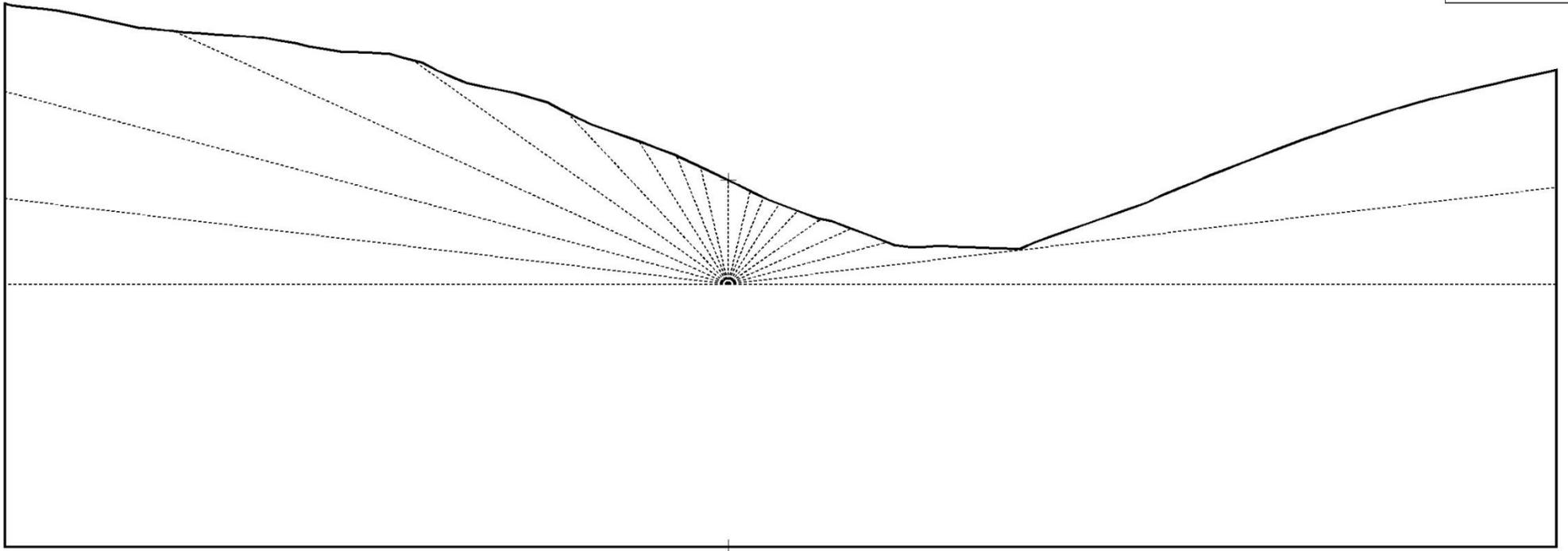


SEC_E_-128.53

1 : 3000

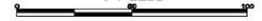


PROYECTO	LABCHICO
FECHA	04AGOSTO2019
UBICACIÓN	MINERAL EL CHICO, HIDALGO
COORDENADAS	E: -230.78; N: -78.78; Z:2227.82
ESCALA	1:3000
ELAVORO	IVAN GUSTAVO VALLEJO CASTILLO

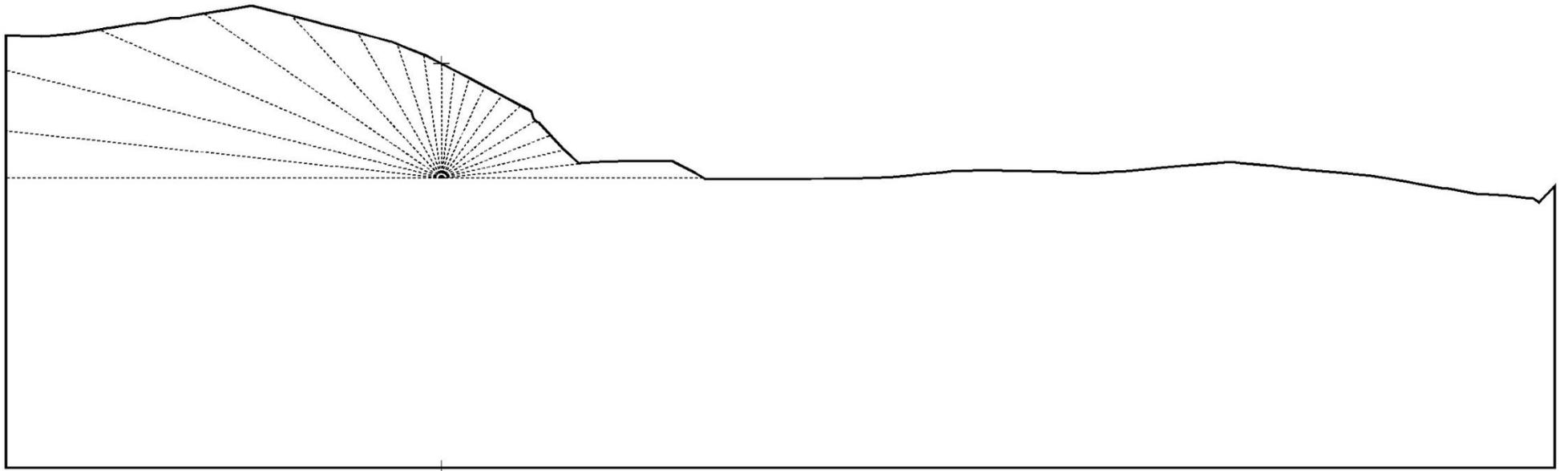


SEC_N_-39.08

1 : 3250



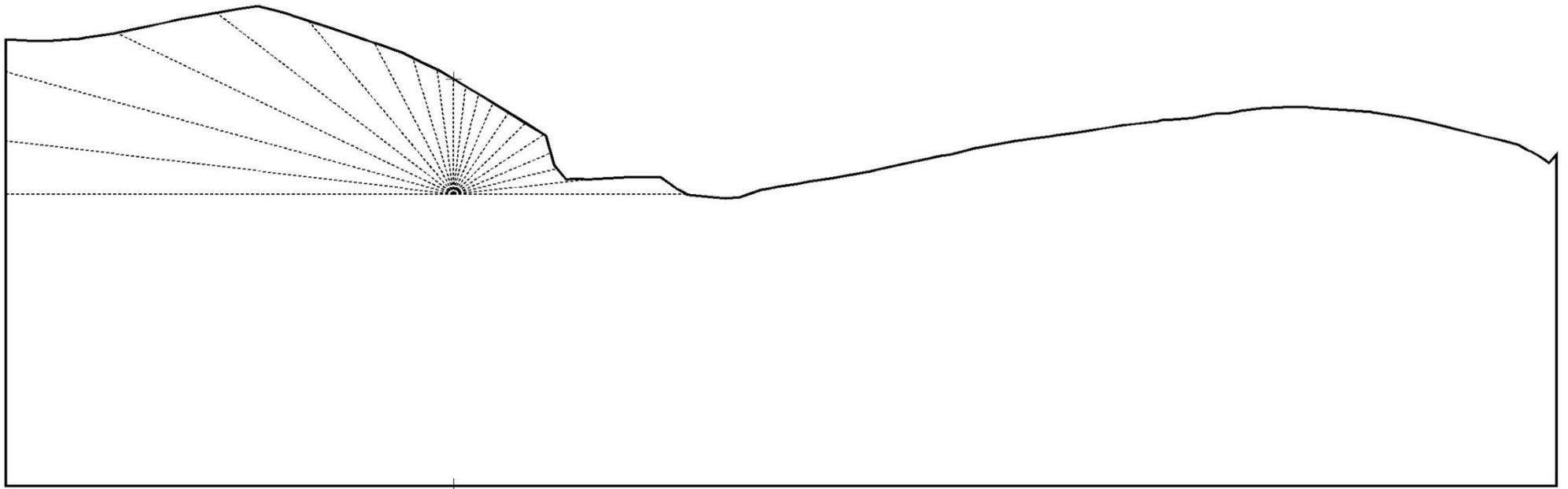
PROYECTO	LABCHICO
FECHA	04 AGOSTO 2019
UBICACIÓN	MINERAL EL CHICO, HIDALGO
COORDENADAS	E: -230.76; N: -78.76; Z: 2227.82
ESCALA	1:3250
ELAVORO	IVAN GUSTAVO VALLEJO CASTILLO



SEC_AZ_10.00_-119.79

1 : 3000

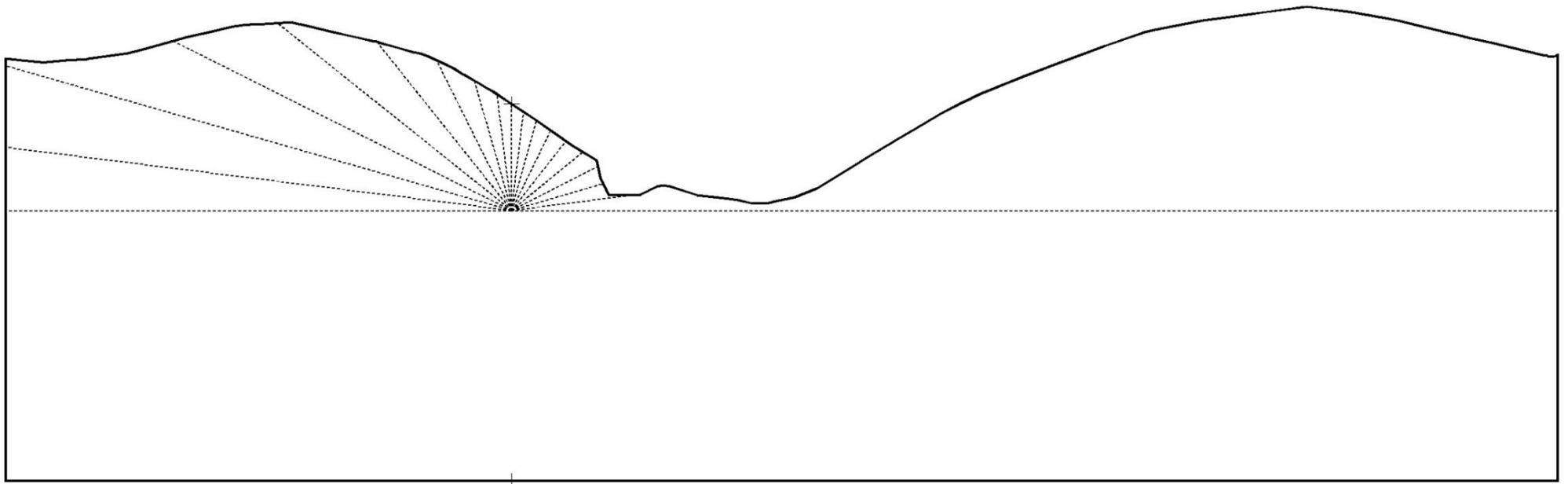
PROYECTO	LABCHICO
FECHA	04AGOSTO2019
UBICACIÓN	MINERAL EL CHICO, HIDALGO
COORDENADAS	E: -230.76; N: -78.76; Z: 2227.82
ESCALA	1:3000
ELAVORO	IVAN GUSTAVO VALLEJO CASTILLO



SEC_AZ_20.00_-107.41

1 : 3000

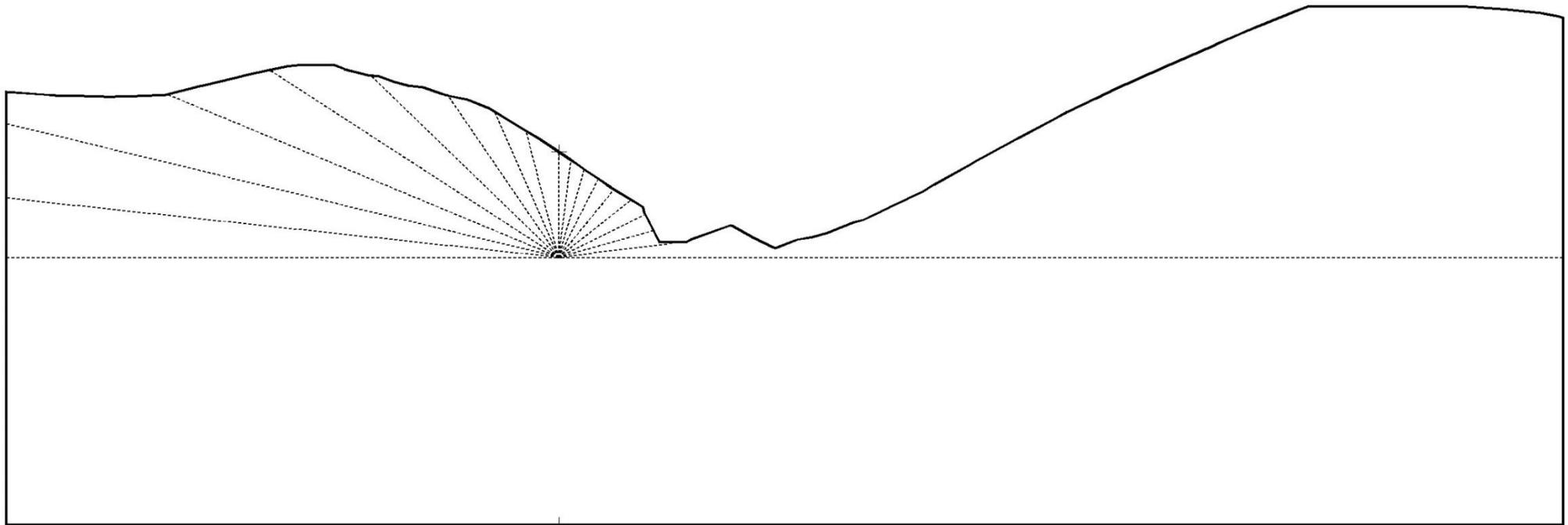
PROYECTO	LABCHICO
FECHA	04/AGOSTO/2018
UBICACIÓN	MINERAL EL CHICO, HIDALGO
COORDENADAS	E: -230.76; N: -78.76; Z: 2227.92
ESCALA	1:3000
ELAVORO	IVAN GUSTAVO VALLEJO CASTILLO



SEC_AZ_40.00_-73.34

1 : 3250

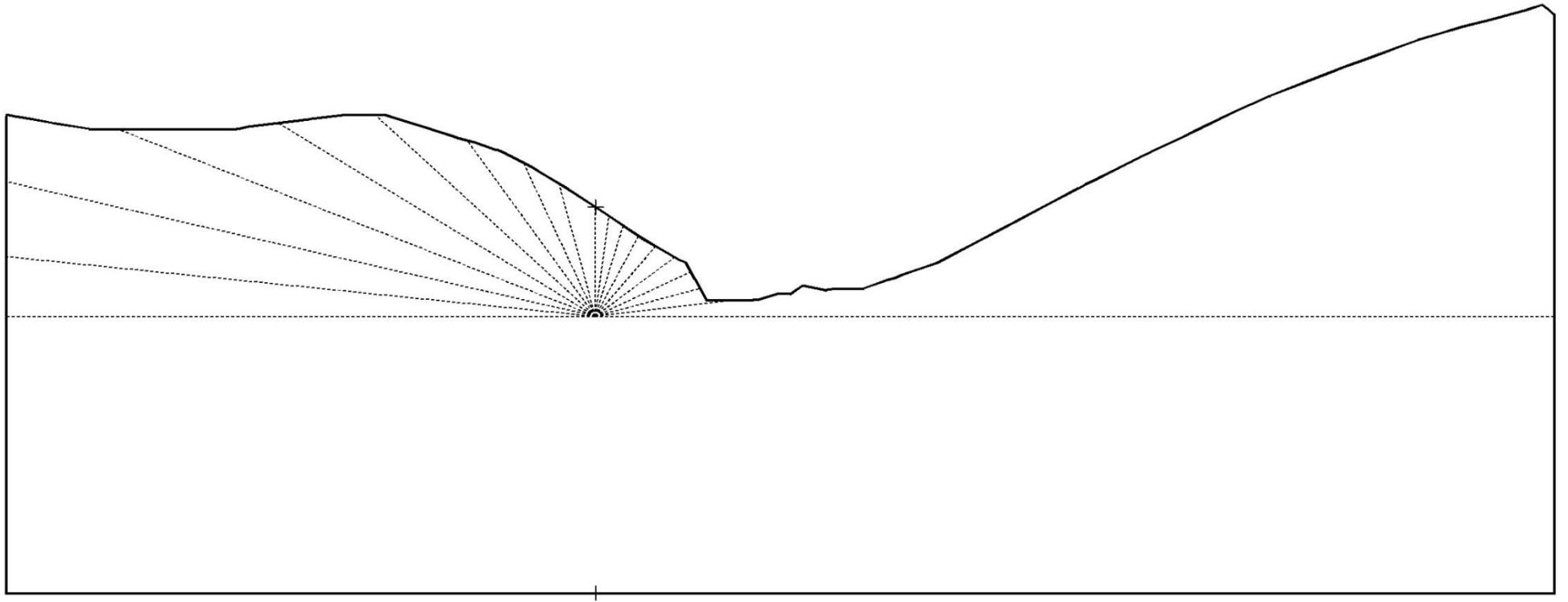
PROYECTO	LABCHICO
FECHA	04/AGOSTO/2019
UBICACIÓN	MINERAL EL CHICO, HIDALGO
COORDENADAS	E: -230.76; N: -78.76; Z: 2227.92
ESCALA	1:3250
ELAVORO	IVAN GUSTAVO VALLEJO CASTILLO



SEC_AZ_50.00_52.68

1 : 3250

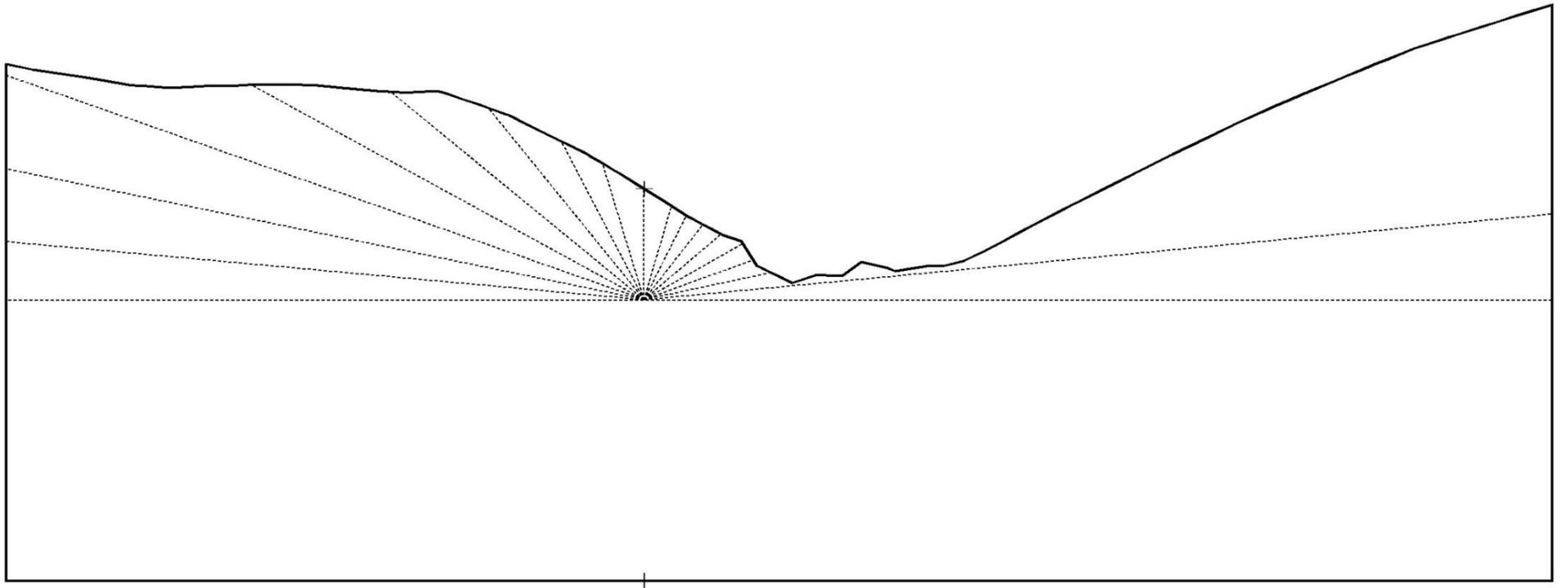
PROYECTO	LABORICO
FECHA	04AGOSTO/2019
UBICACIÓN	MINERAL EL CHICO, HIDALGO
COORDENADAS	E: -230.78; N: -78.78; Z: 2227.82
ESCALA	1:3250
ELABORO	IVAN GUSTAVO VALLEJO CASTILLO



SEC_AZ_60.00_30.42

1 : 3250

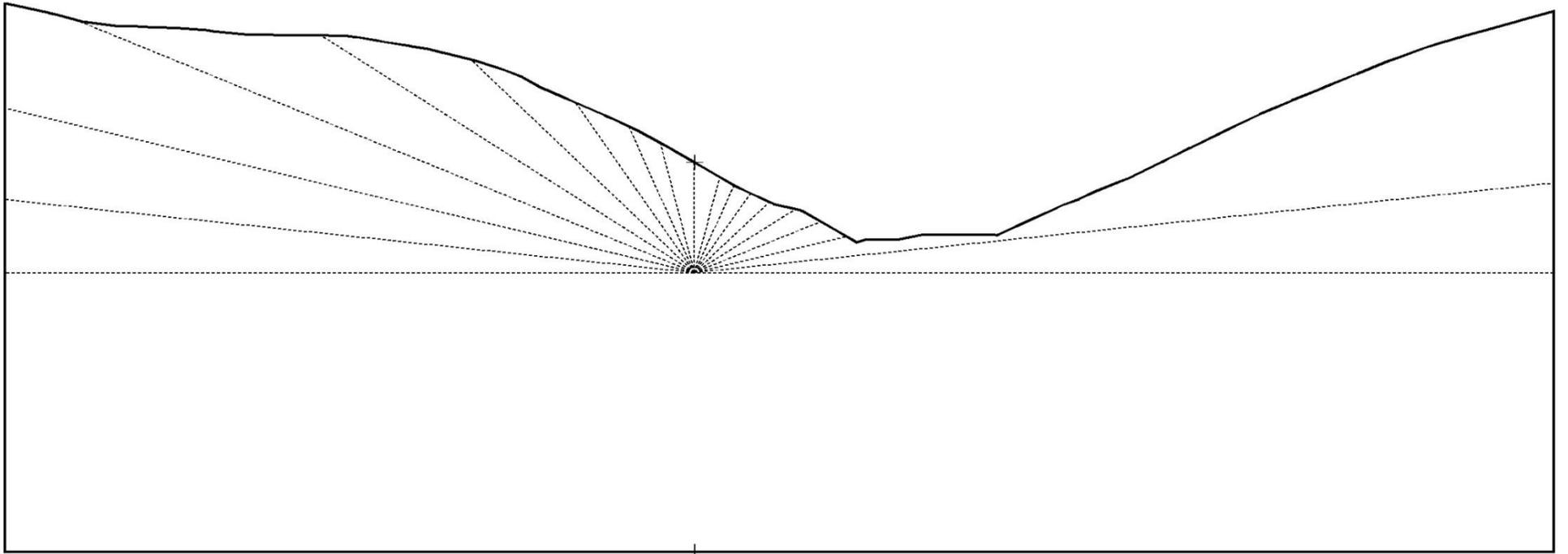
PROYECTO	LABCHICO
FECHA	04AGOSTO2018
UBICACIÓN	MINERAL EL CHICO, HIDALGO
COORDENADAS	E: -230.76; N: -78.76; Z:2227.92
ESCALA	1:3250
ELAVORO	IVAN GUSTAVO VALLEJO CASTILLO



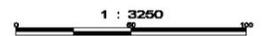
SEC_AZ_70.00_7.26

1 : 3250

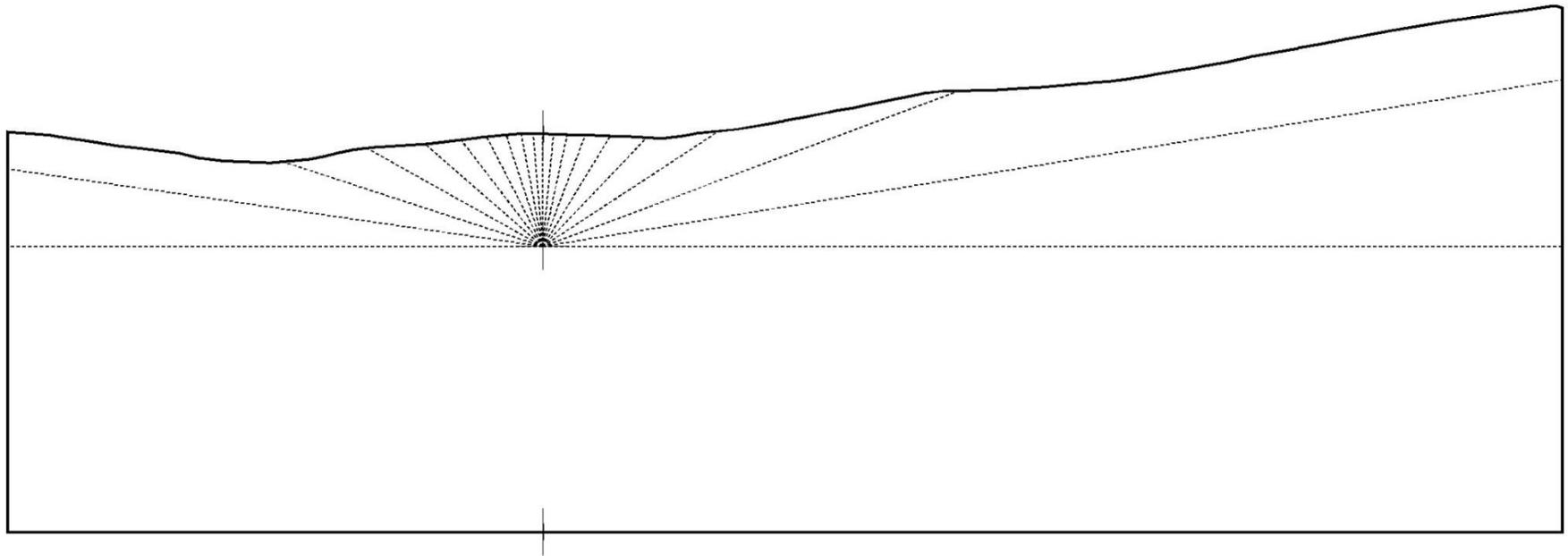
PROYECTO	LABCHICO
FECHA	04/AGOSTO/2019
UBICACIÓN	MINERAL EL CHICO, HIDALGO
COORDENADAS	E- 230.76; N-78.76; Z.2227.92
ESCALA	1:3250
ELABORO	IVAN GUSTAVO VALLEJO CASTILLO



SEC_AZ_80.00_-16.16



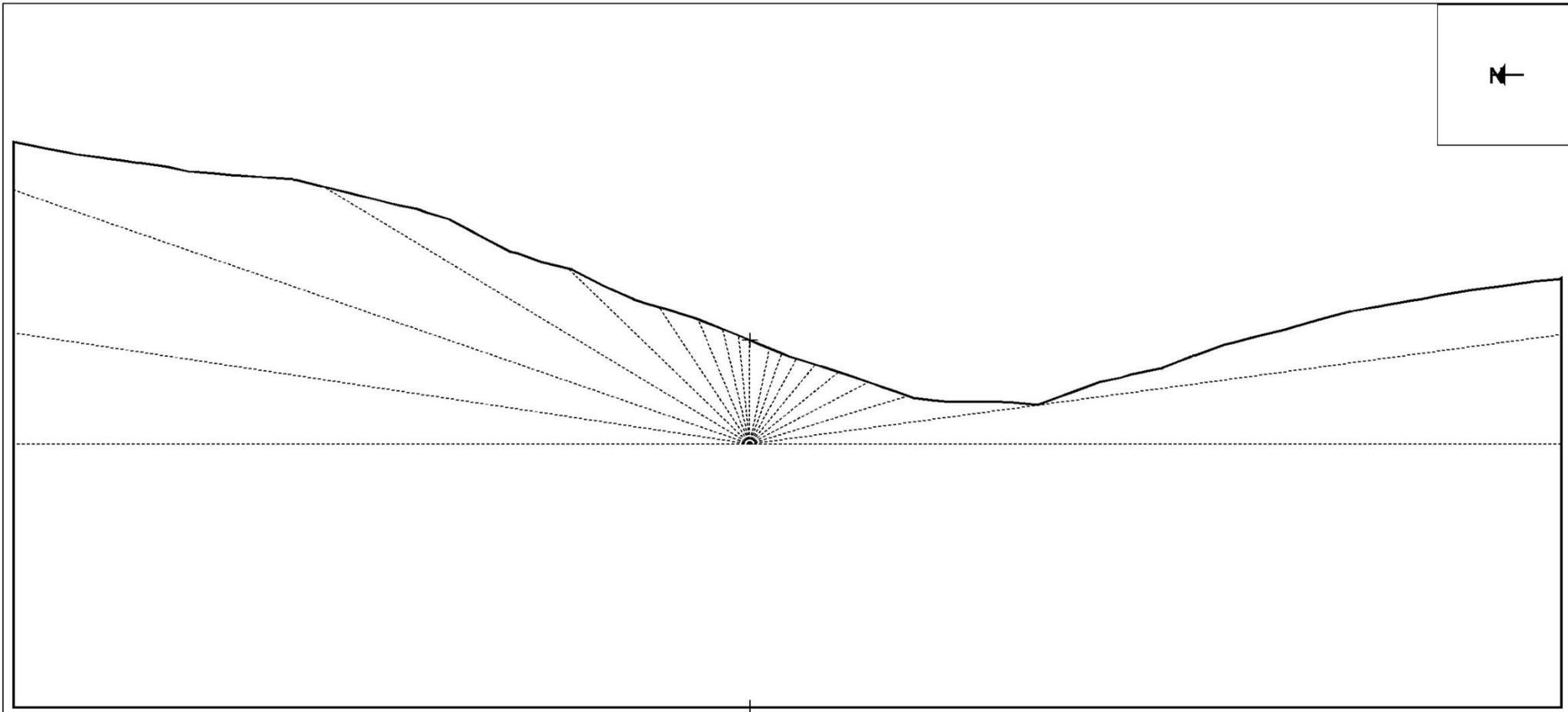
PROYECTO	LABCHICO
FECHA	04/AGOSTO/2018
UBICACIÓN	MINERAL EL CHICO, HIDALGO
COORDENADAS	E: -230.76; N: -78.76; Z: 2227.92
ESCALA	1:3250
ELABORO	IVAN GUSTAVO VALLEJO CASTILLO



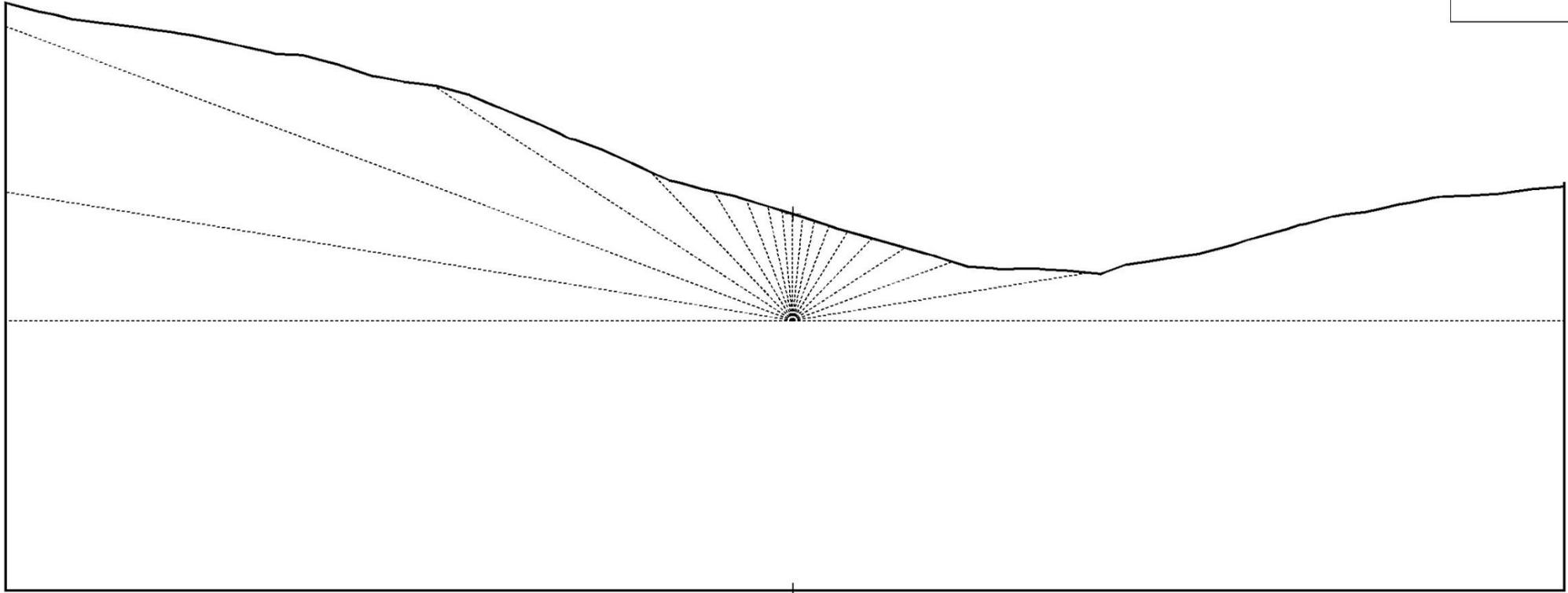
SEC_AZ_90.00_-123.58

1 : 3500

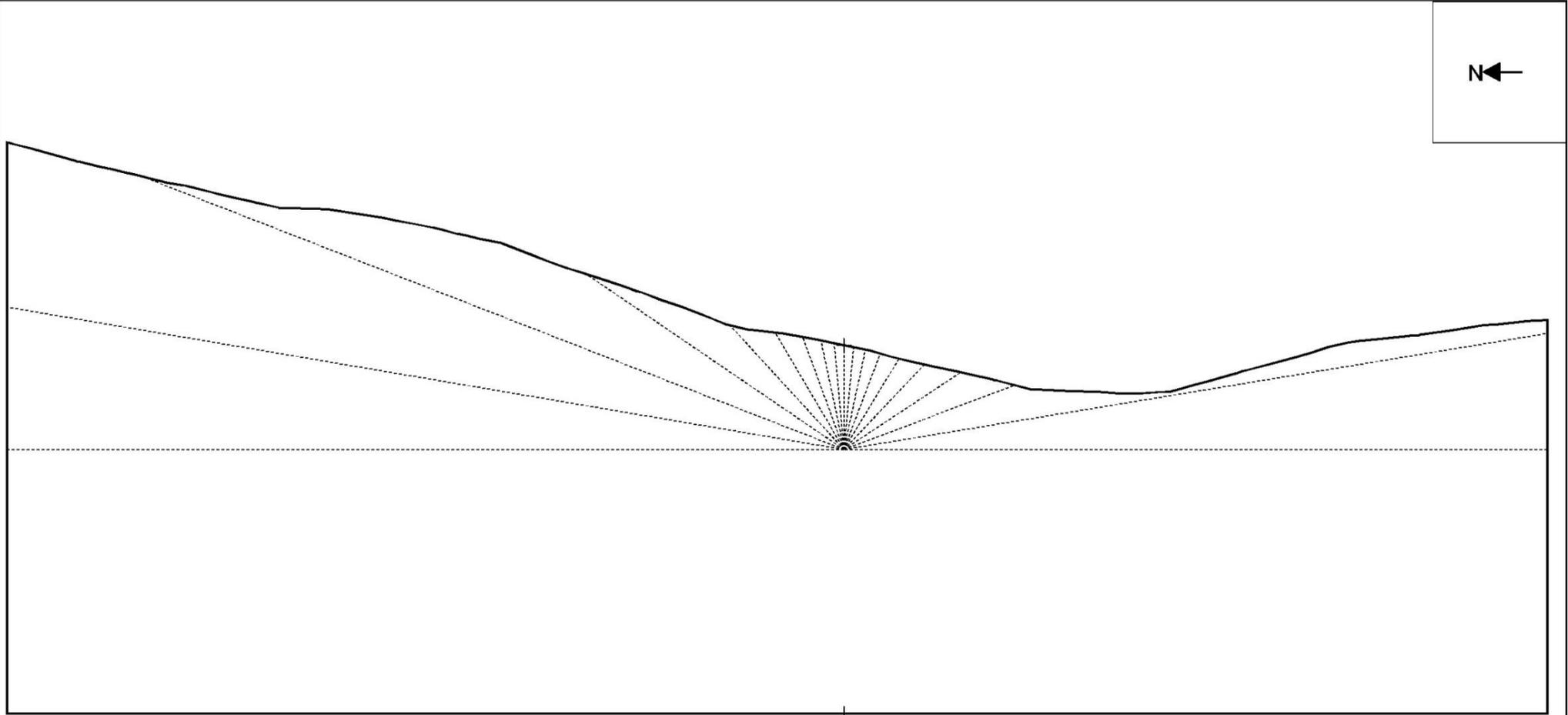
PROYECTO	LABCHICO
FECHA	04AGOSTO2018
UBICACIÓN	MINERAL EL CHICO, HIDALGO
COORDENADAS	E: -230.76; N: -78.76; Z:2227.92
ESCALA	1:3500
ELAVORO	IVAN GUSTAVO VALLEJO CASTILLO



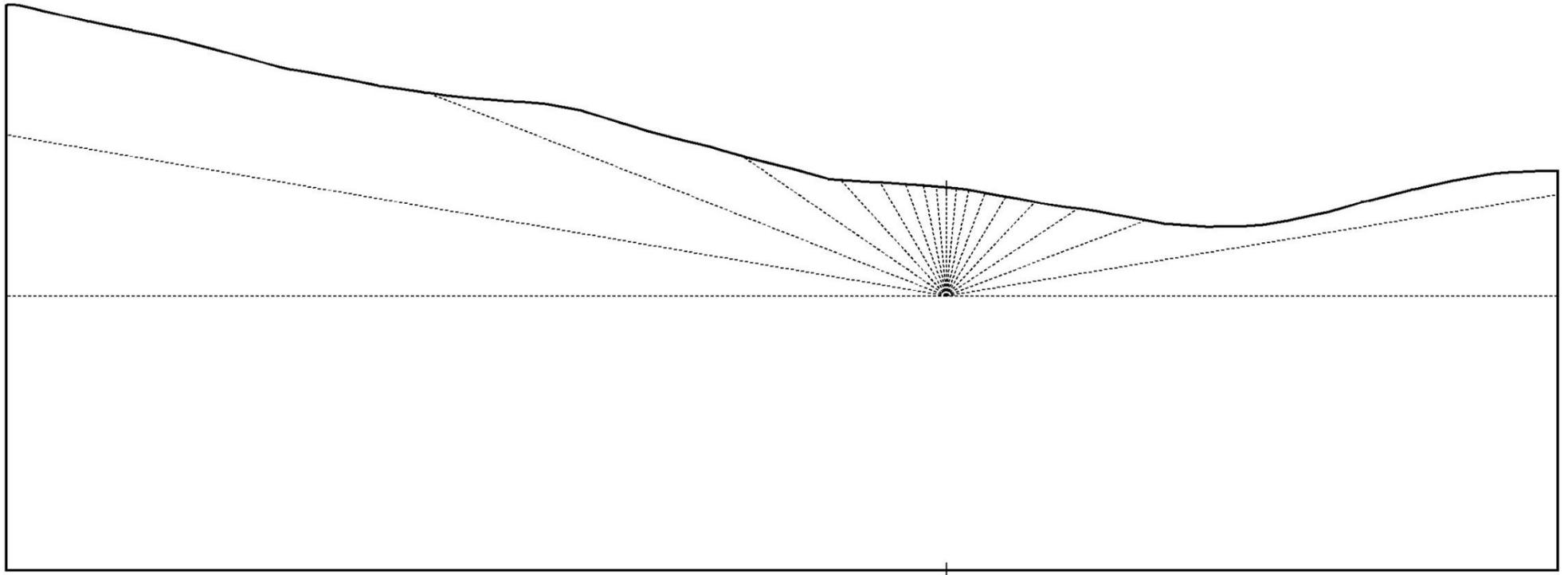
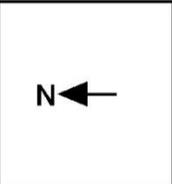
SEC_AZ_100.00_-60.82	
1 : 3250 	
PROYECTO	LABORICO
FECHA	04AGOSTO2019
UBICACIÓN	MINERAL EL CHICO, HIDALGO
COORDENADAS	E: -230.76; N: -78.76; Z: 2227.82
ESCALA	1:3250
ELAVORO	IVAN GUSTAVO VALLEJO CASTILLO



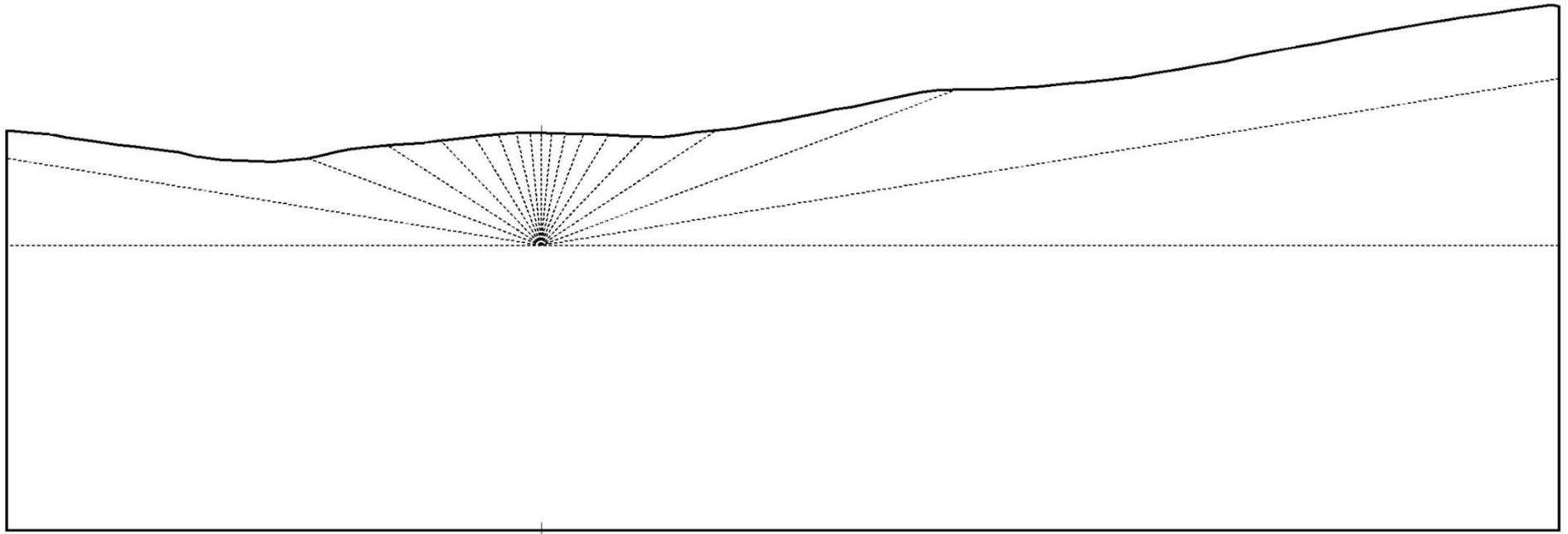
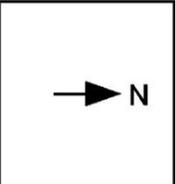
SEC_AZ_110.00_-80.68	
 1 : 3250	
PROYECTO	LABCHICO
FECHA	04/AGOSTO/2018
UBICACIÓN	MINERAL EL CHICO, HIDALGO
COORDENADAS	E: -230.76; N: -78.76; Z: 2227.92
ESCALA	1:3250
ELABORO	IVAN GUSTAVO VALLEJO CASTILLO



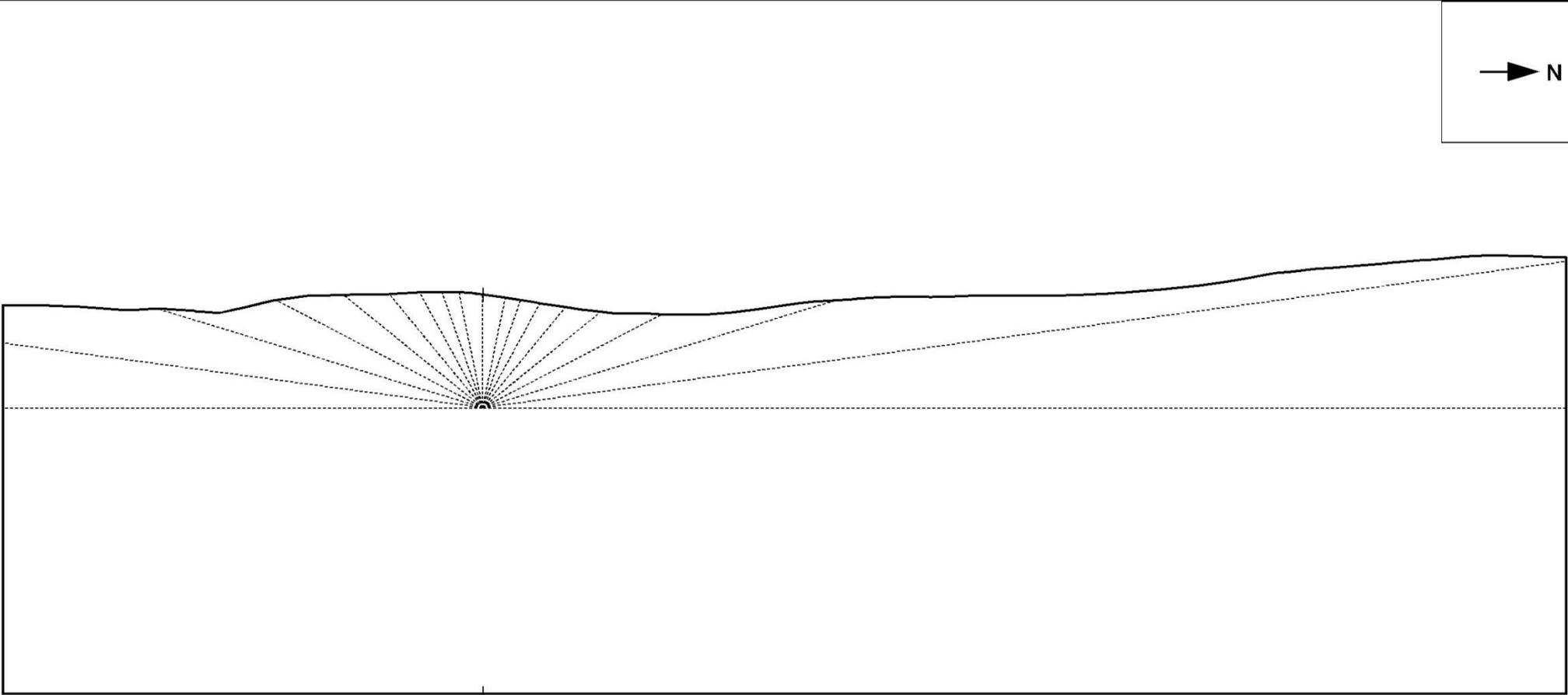
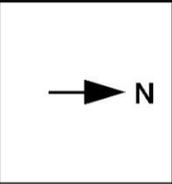
SEC_AZ_120.00_-98.08	
 1 : 3250	
PROYECTO	LABCHICO
FECHA	04/AGOSTO/2019
UBICACIÓN	MINERAL EL CHICO, HIDALGO
COORDENADAS	E: -290.76; N: -78.76; Z: 2227.92
ESCALA	1:3250
ELAVORO	IVAN GUSTAVO VALLEJO CASTILLO



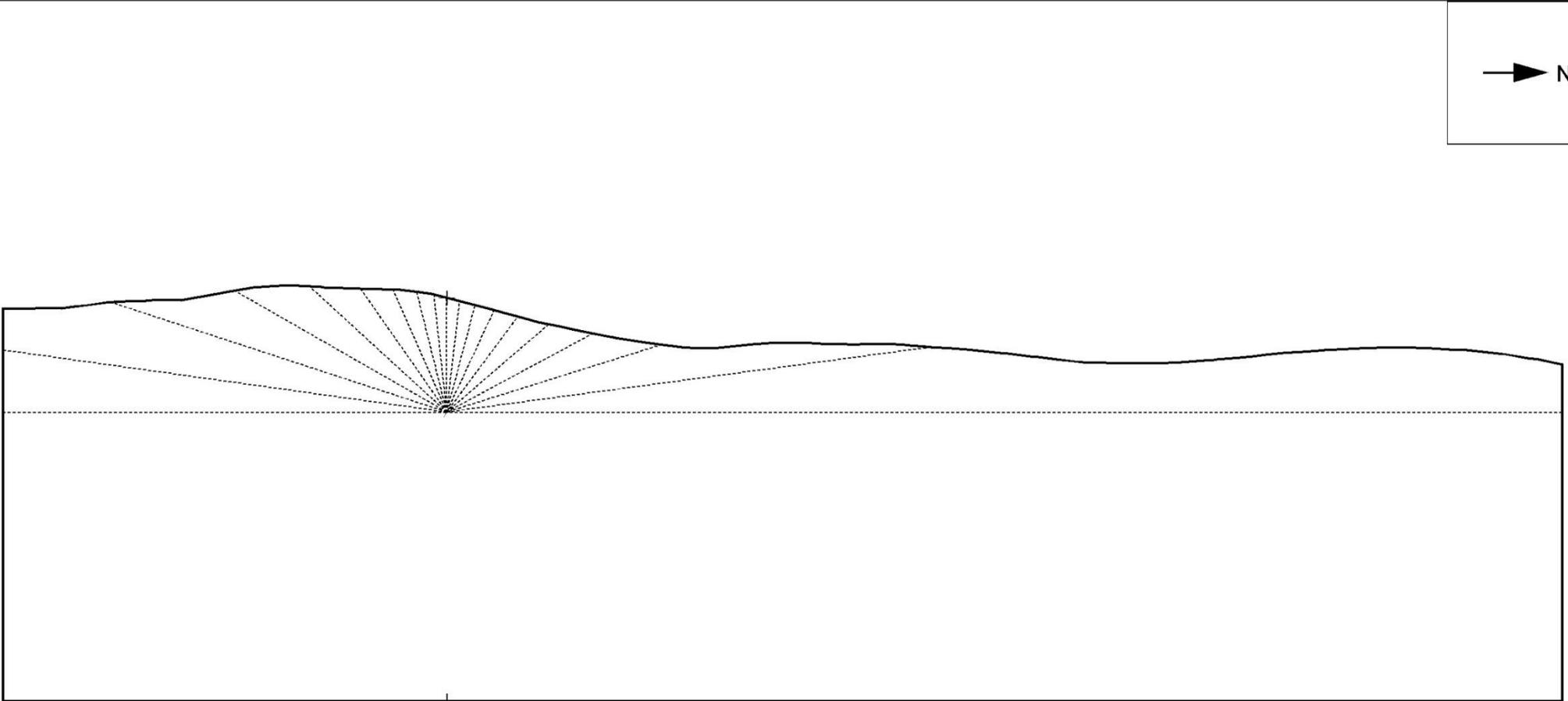
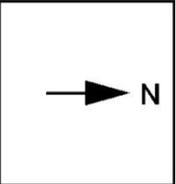
SEC_AZ_130.00_-112.53	
 1 : 3250	
PROYECTO	LABCHICO
FECHA	04/AGOSTO/2018
UBICACIÓN	MINERAL EL CHICO, HIDALGO
COORDENADAS	E: -230.78; N: -78.76; Z: 2227.82
ESCALA	1:3250
ELABORO	IVAN GUSTAVO VALLEJO CASTILLO



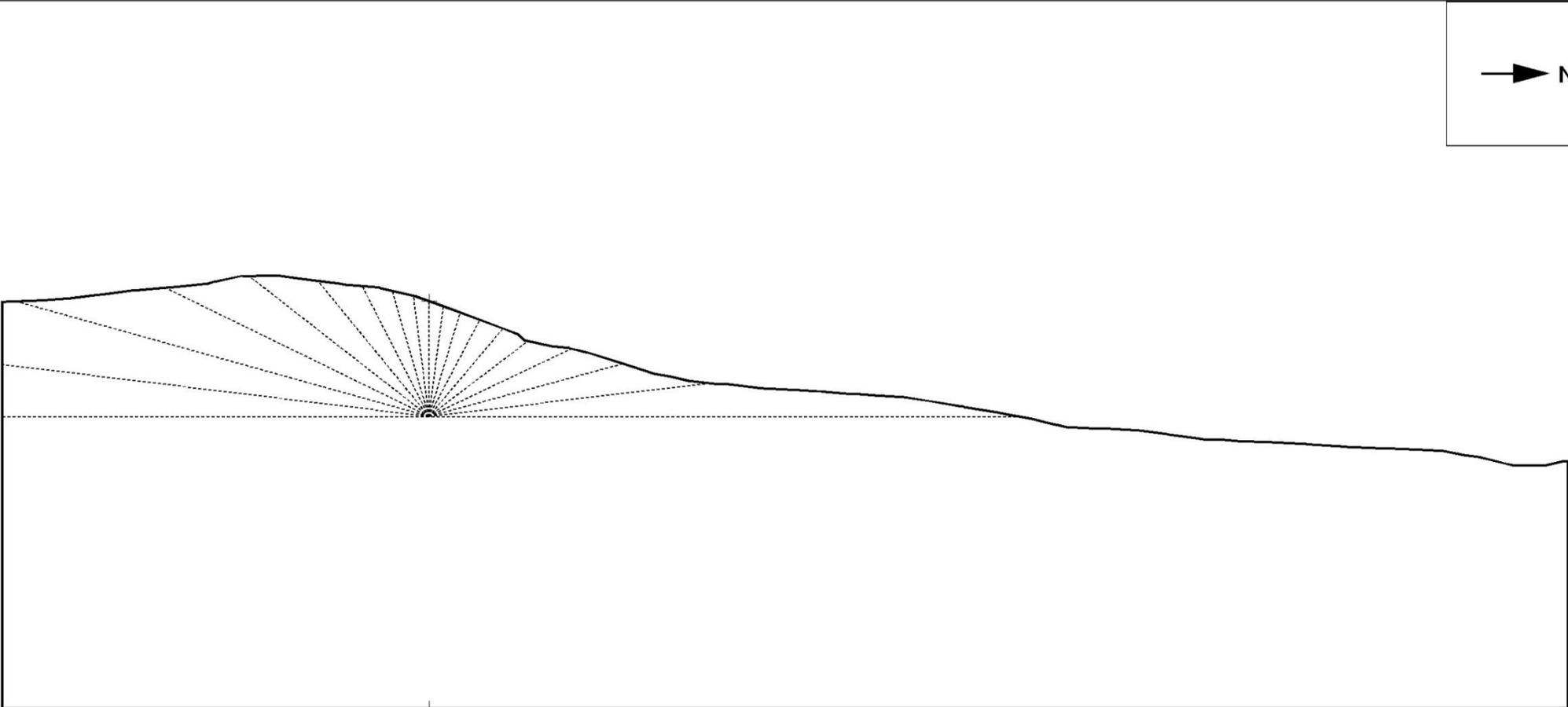
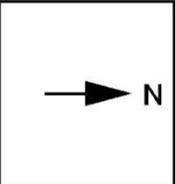
SEC_AZ_320.00_-123.57	
 1 : 3250	
PROYECTO	LABCHICO
FECHA	04AGOSTO2018
UBICACIÓN	MINERAL EL CHICO, HIDALGO
COORDENADAS	E: -230.76; N: -78.76; Z:2227.92
ESCALA	1:3250
ELAVORO	IVAN GUSTAVO VALLEJO CASTILLO



SEC_AZ_330.00_-130.85	
PROYECTO	LABCHICO
FECHA	04/AGOSTO/2019
UBICACIÓN	MINERAL EL CHICO, HIDALGO
COORDENADAS	E: -230.76; N: -78.76; Z: 2227.92
ESCALA	1:3000
ELABORO	IVAN GUSTAVO VALLEJO CASTILLO

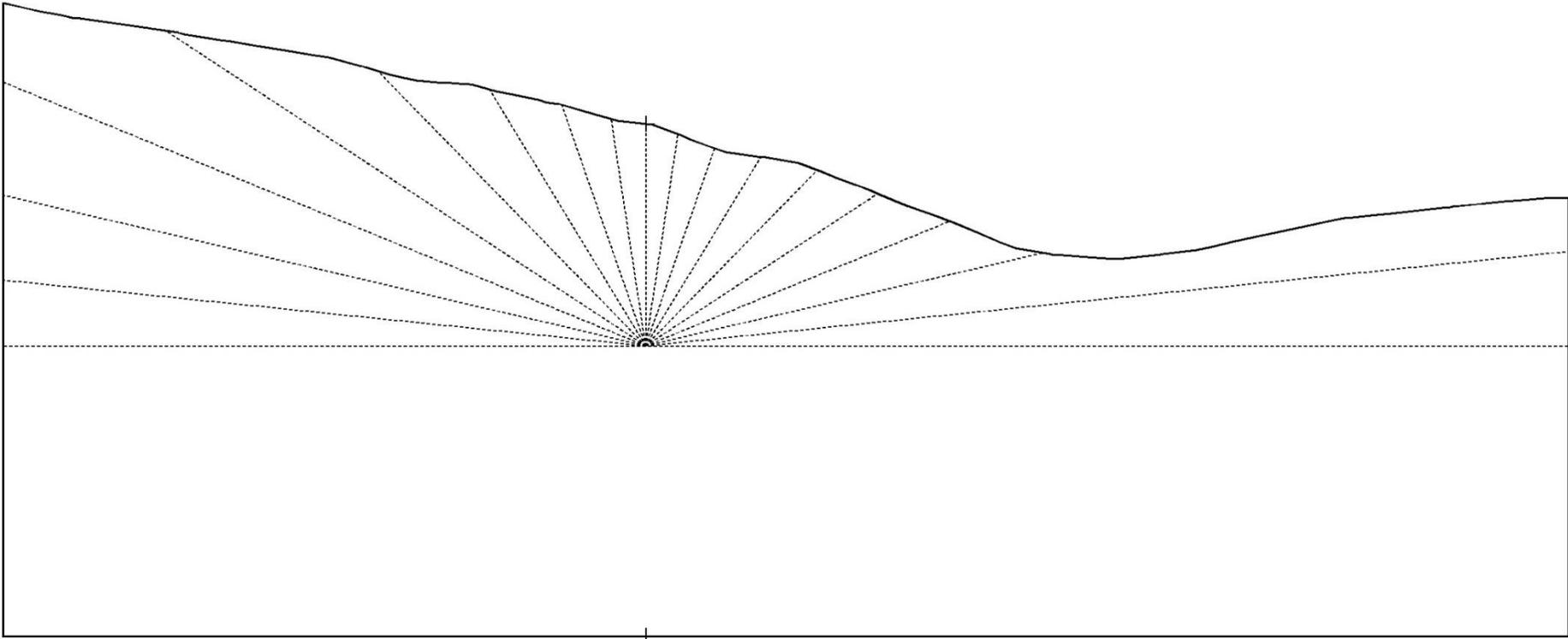


SEC_AZ_340.00_134.16	
PROYECTO	LABCHICO
FECHA	04AGOSTO2019
UBICACIÓN	MINERAL EL CHICO, HIDALGO
COORDENADAS	E: -230.76; N: -78.76; Z: 2227.92
ESCALA	1:3000
ELAVORO	IVAN GUSTAVO VALLEJO CASTILLO

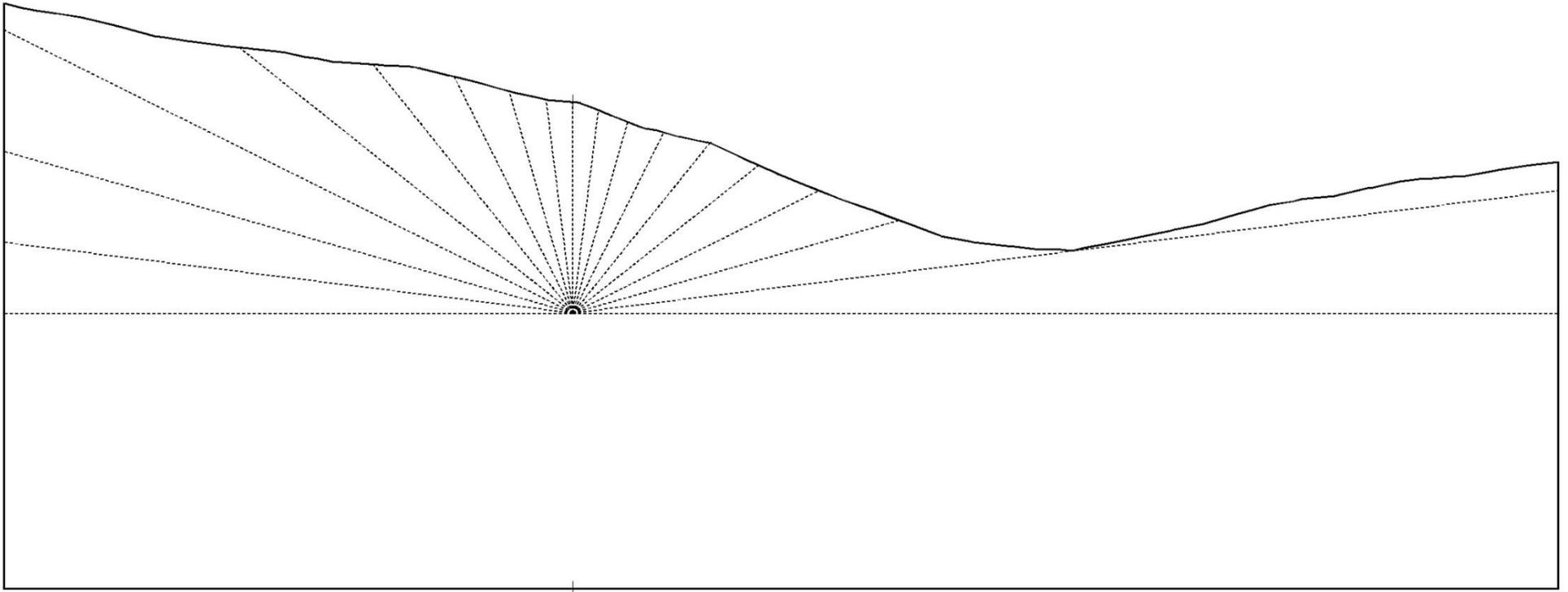
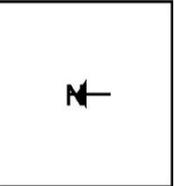


SEC_AZ_350.00_-133.36	
 1 : 3000	
PROYECTO	LABCHICO
FECHA	04AGOSTO2019
UBICACIÓN	MINERAL EL CHICO, HIDALGO
COORDENADAS	E. -290.76; N.-78.76; Z.2227.92
ESCALA	1:3000
ELAVORO	IVAN GUSTAVO VALLEJO CASTILLO

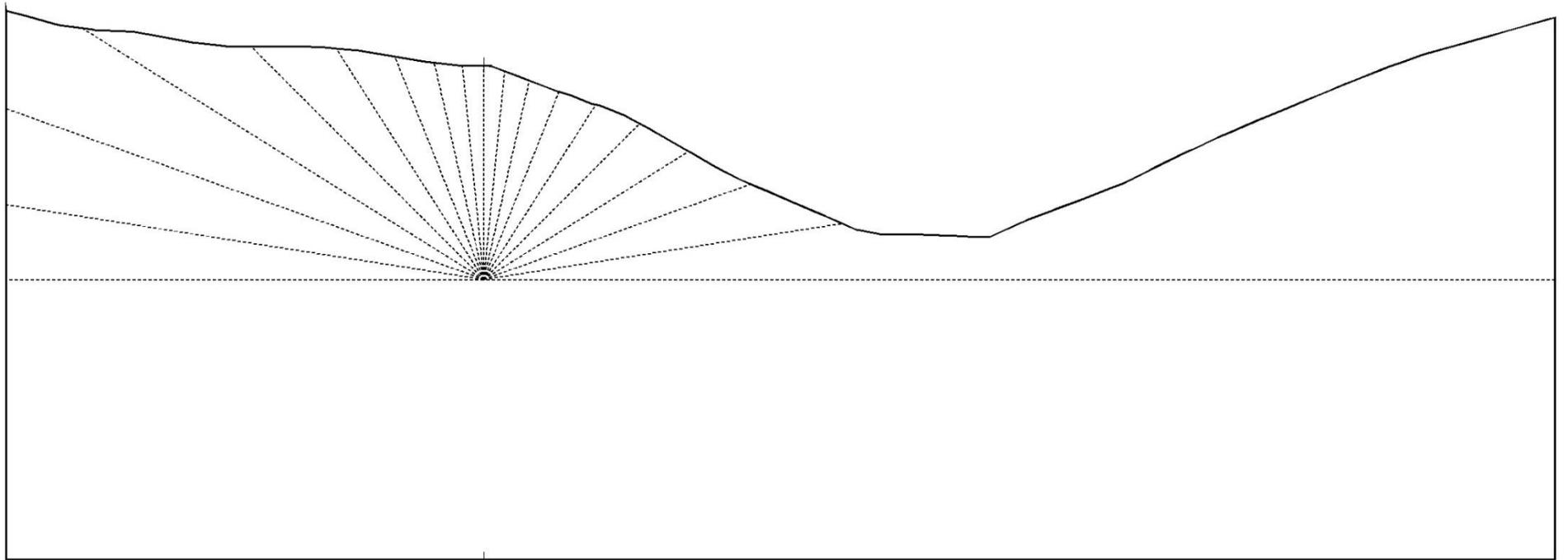
PROPUESTA 2



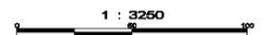
SEC_AZ_110.00_-152.93	
 1 : 3250	
PROYECTO	LABORICO
FECHA	04AGOSTO2019
UBICACIÓN	MINERAL EL CHICO, HIDALGO
COORDENADAS	E: -230.76; N: -78.76; Z: 2227.82
ESCALA	1:3250
ELABORO	IVAN GUSTAVO VALLEJO CASTILLO



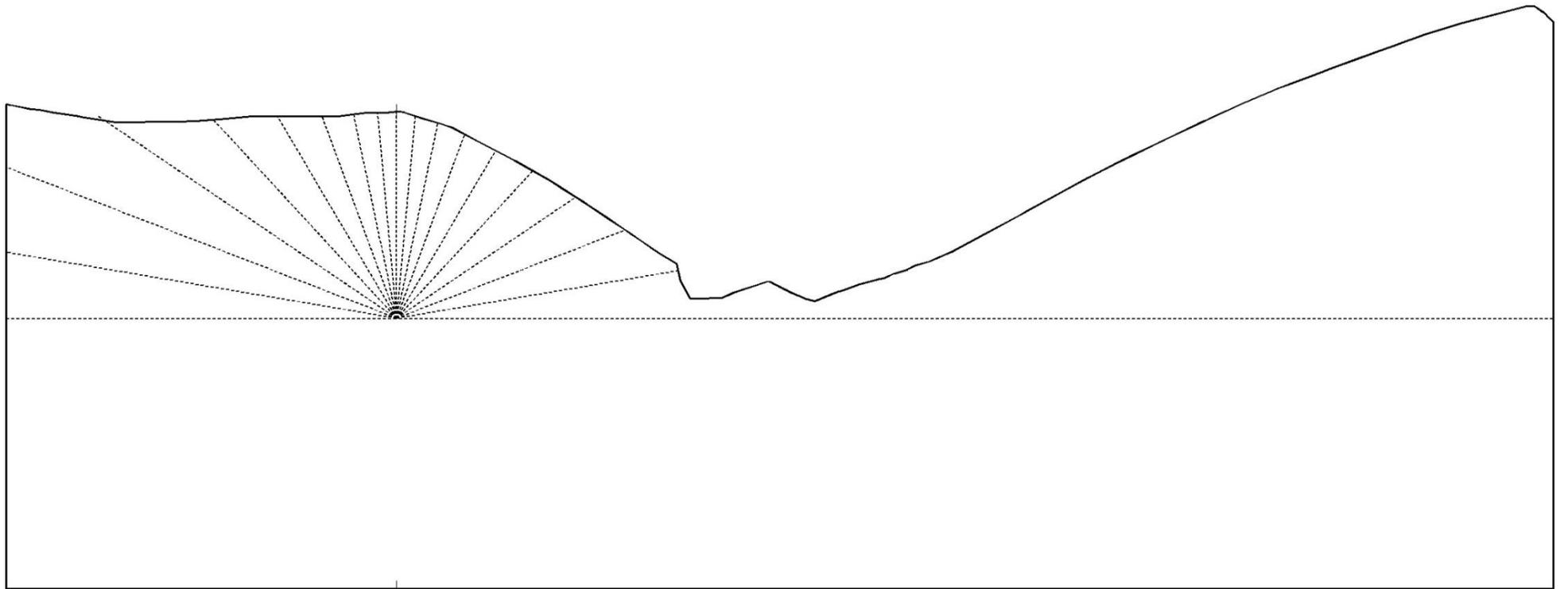
SEC_AZ_99.99_-117.61	
 1 : 3250	
PROYECTO	LABCHICO
FECHA	04AGOSTO2019
UBICACIÓN	MINERAL EL CHICO, HIDALGO
COORDENADAS	E: -230.78; N: -78.76; Z: 2227.92
ESCALA	1:3250
ELAVORO	IVAN GUSTAVO VALLEJO CASTILLO



SEC_AZ_80.00_-37.49



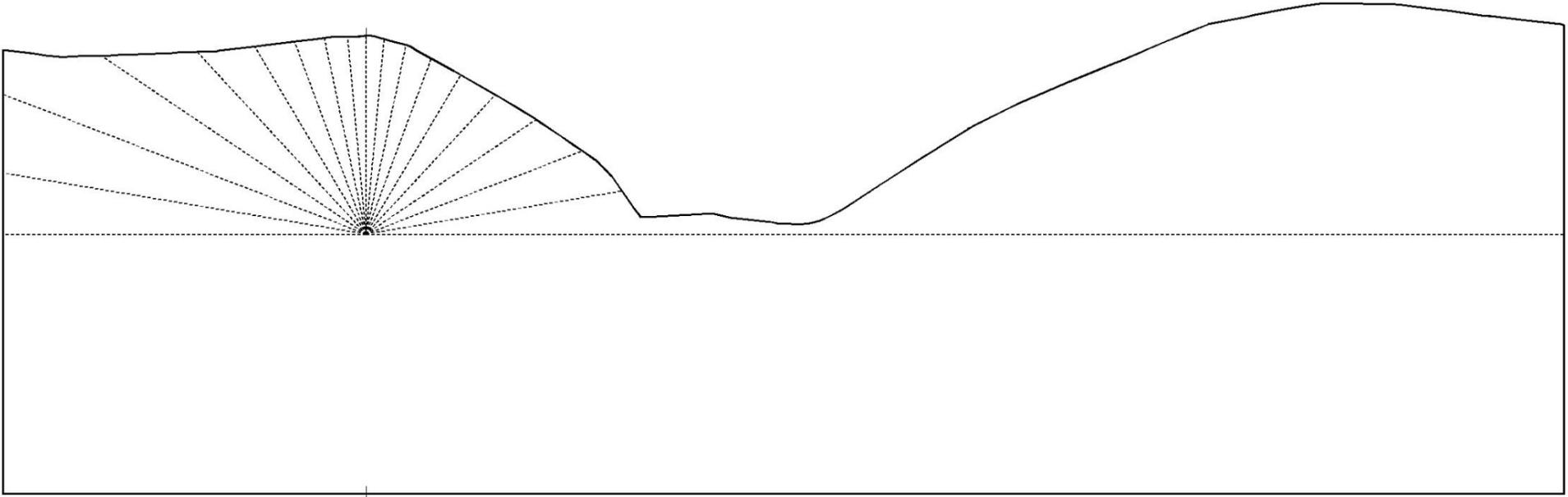
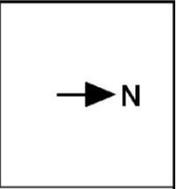
PROYECTO	LABCHICO
FECHA	04AGOSTO/2019
UBICACIÓN	MINERAL EL CHICO, HIDALGO
COORDENADAS	E: -230.78; N: -78.76; Z: 2227.92
ESCALA	1:3250
ELAVORO	IVAN GUSTAVO VALLEJO CASTILLO



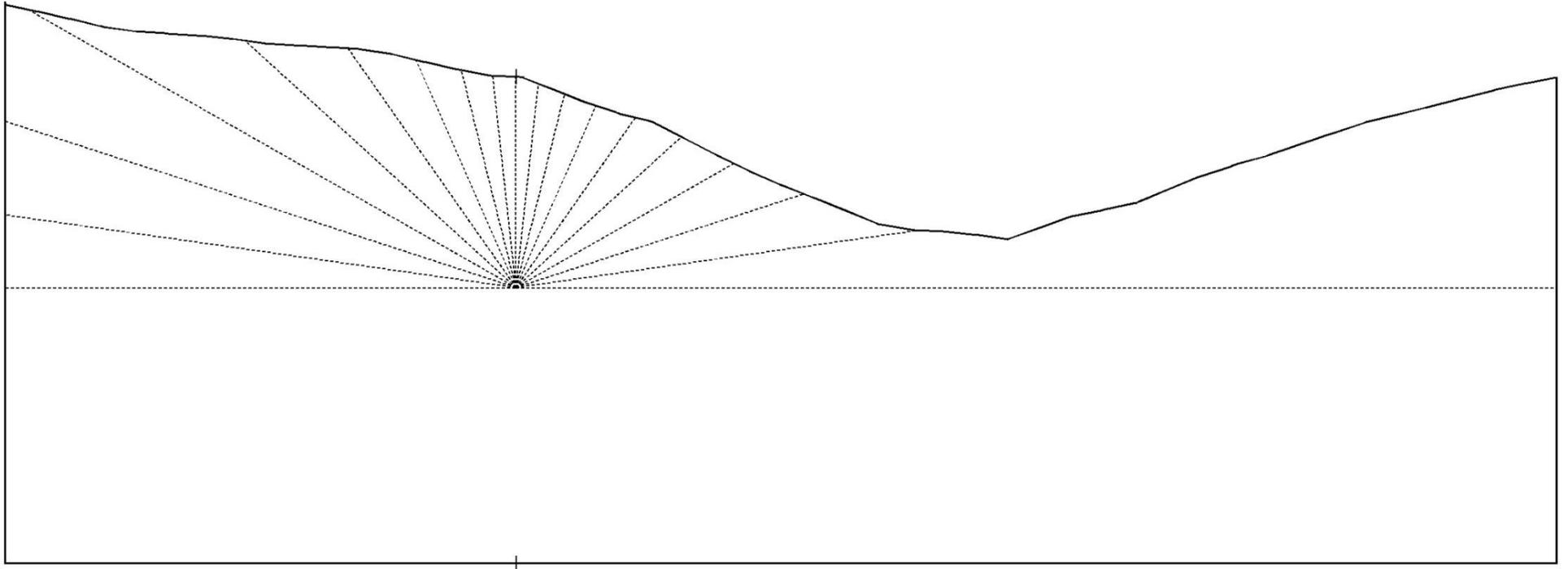
SEC_AZ_60.00_47.17



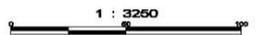
PROYECTO	LABCHICO
FECHA	04AGOSTO/2018
UBICACIÓN	MINERAL EL CHICO, HIDALGO
COORDENADAS	E: -230.78; N: -78.76; Z: 2227.92
ESCALA	1:3250
ELAVORO	IVAN GUSTAVO VALLEJO CASTILLO



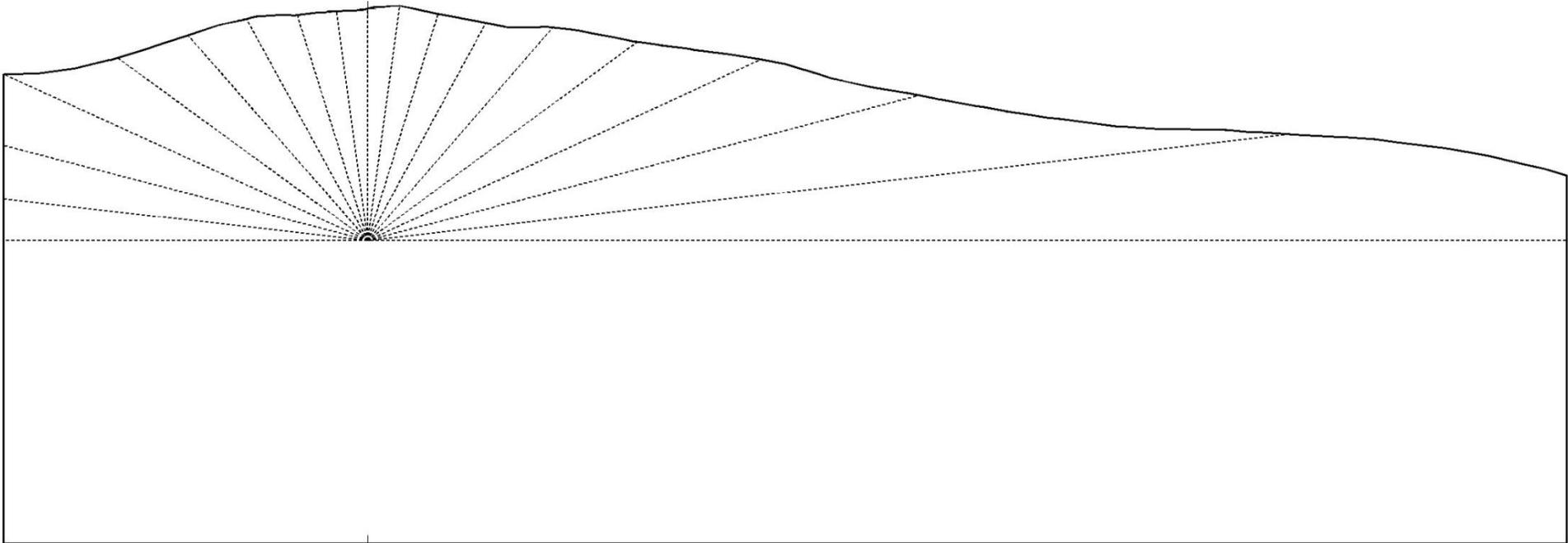
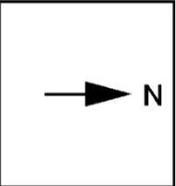
SEC_AZ_50.00_88.00	
 1 : 3500	
PROYECTO	LABCHICO
FECHA	04AGOSTO/2019
UBICACIÓN	MINERAL EL CHICO, HIDALGO
COORDENADAS	E: -230.76; N: -78.76; Z: 2227.92
ESCALA	1:3500
ELAVORO	IVAN GUSTAVO VALLEJO CASTILLO



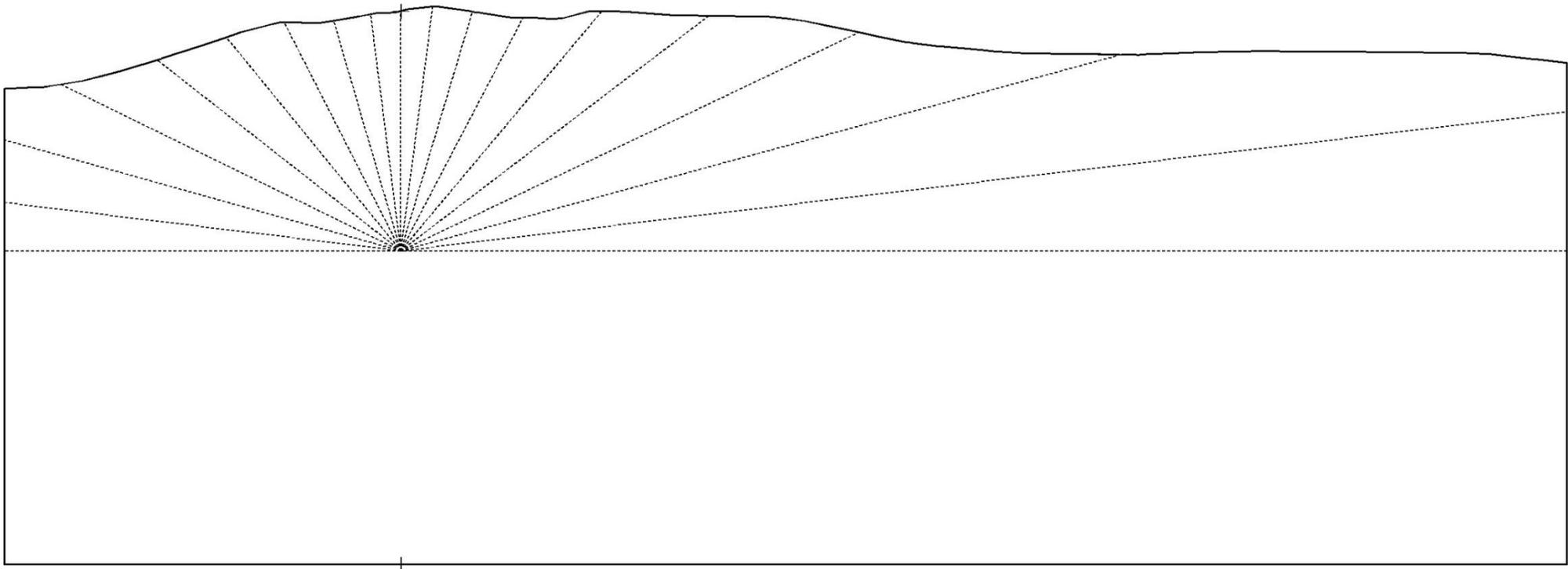
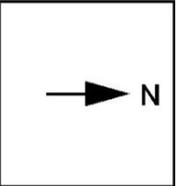
SEC_N_-78.75



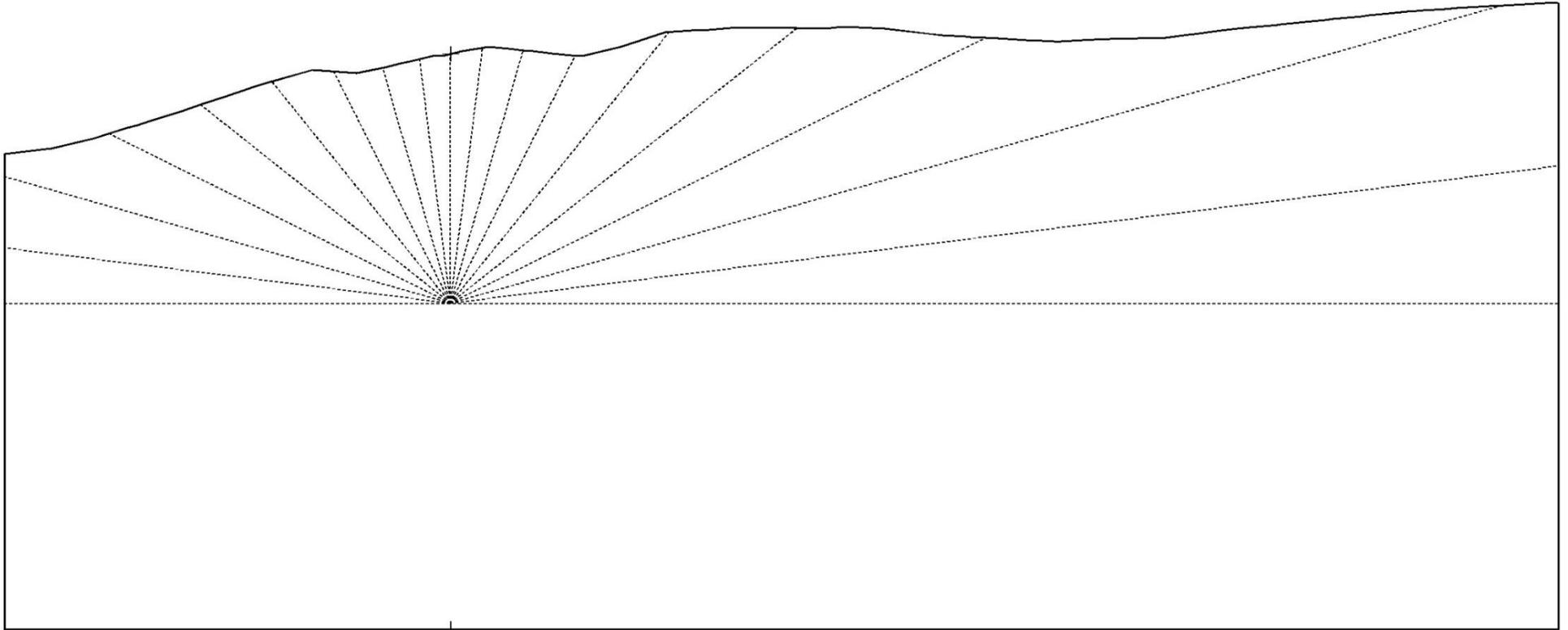
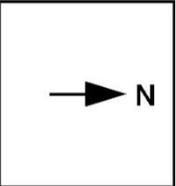
PROYECTO	LABCHICO
FECHA	04AGOSTO2019
UBICACIÓN	MINERAL EL CHICO, HIDALGO
COORDENADAS	E: -230.76; N: -78.76; Z: 2227.82
ESCALA	1:3250
ELAVORO	IVAN GUSTAVO VALLEJO CASTILLO



SEC_AZ 350.00_-240.00	
PROYECTO	LABCHICO
FECHA	04AGOSTO2019
UBICACIÓN	MINERAL EL CHICO, HIDALGO
COORDENADAS	E: -230.76; N: -78.76; Z: 2227.82
ESCALA	1:3000
ELAVORO	IVAN GUSTAVO VALLEJO CASTILLO



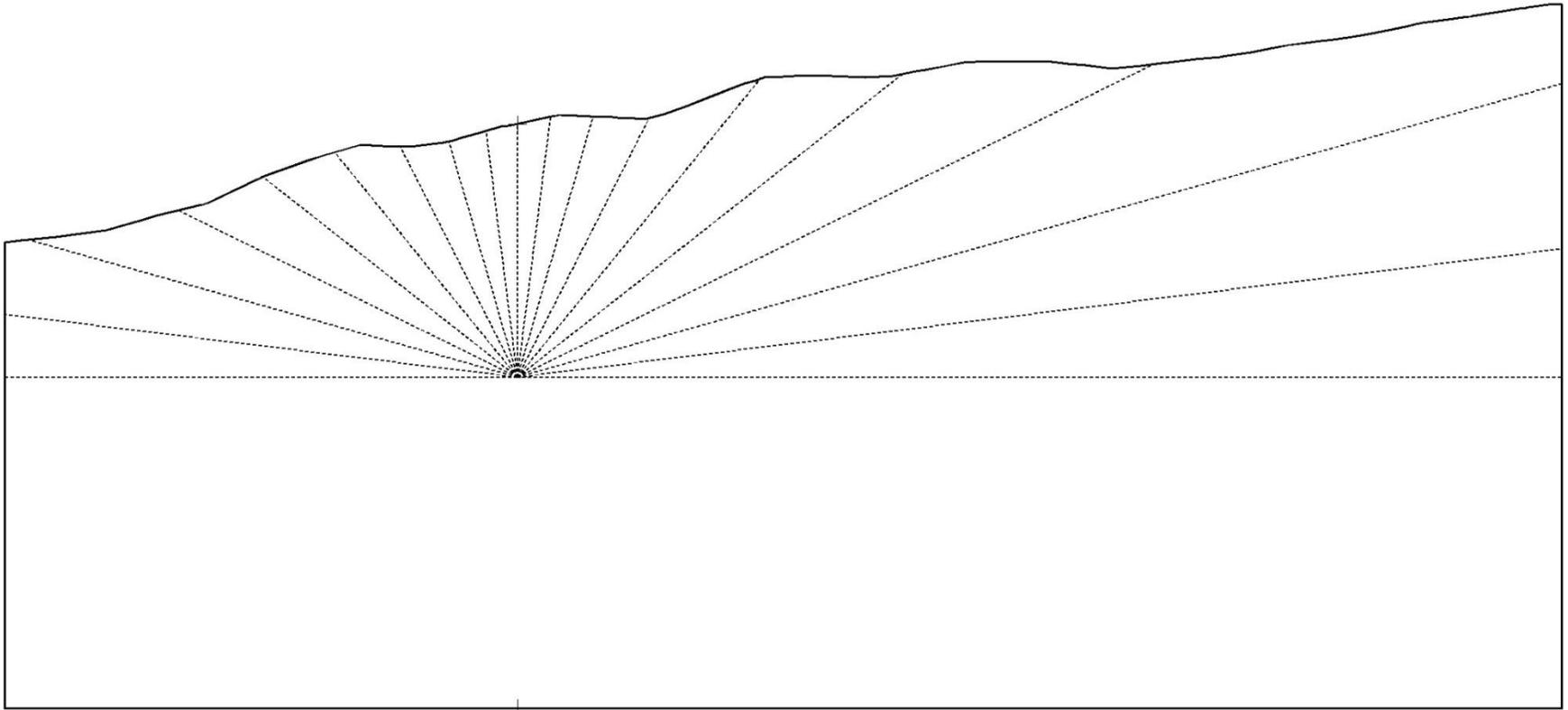
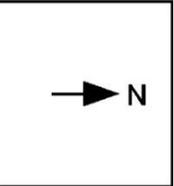
SEC_AZ_340.00_-243.79	
PROYECTO	LABCHICO
FECHA	04AGOSTO2018
UBICACIÓN	MINERAL EL CHICO, HIDALGO
COORDENADAS	E: -230.76; N: -78.76; Z:2227.92
ESCALA	1:2750
ELAVORO	IVAN GUSTAVO VALLEJO CASTILLO



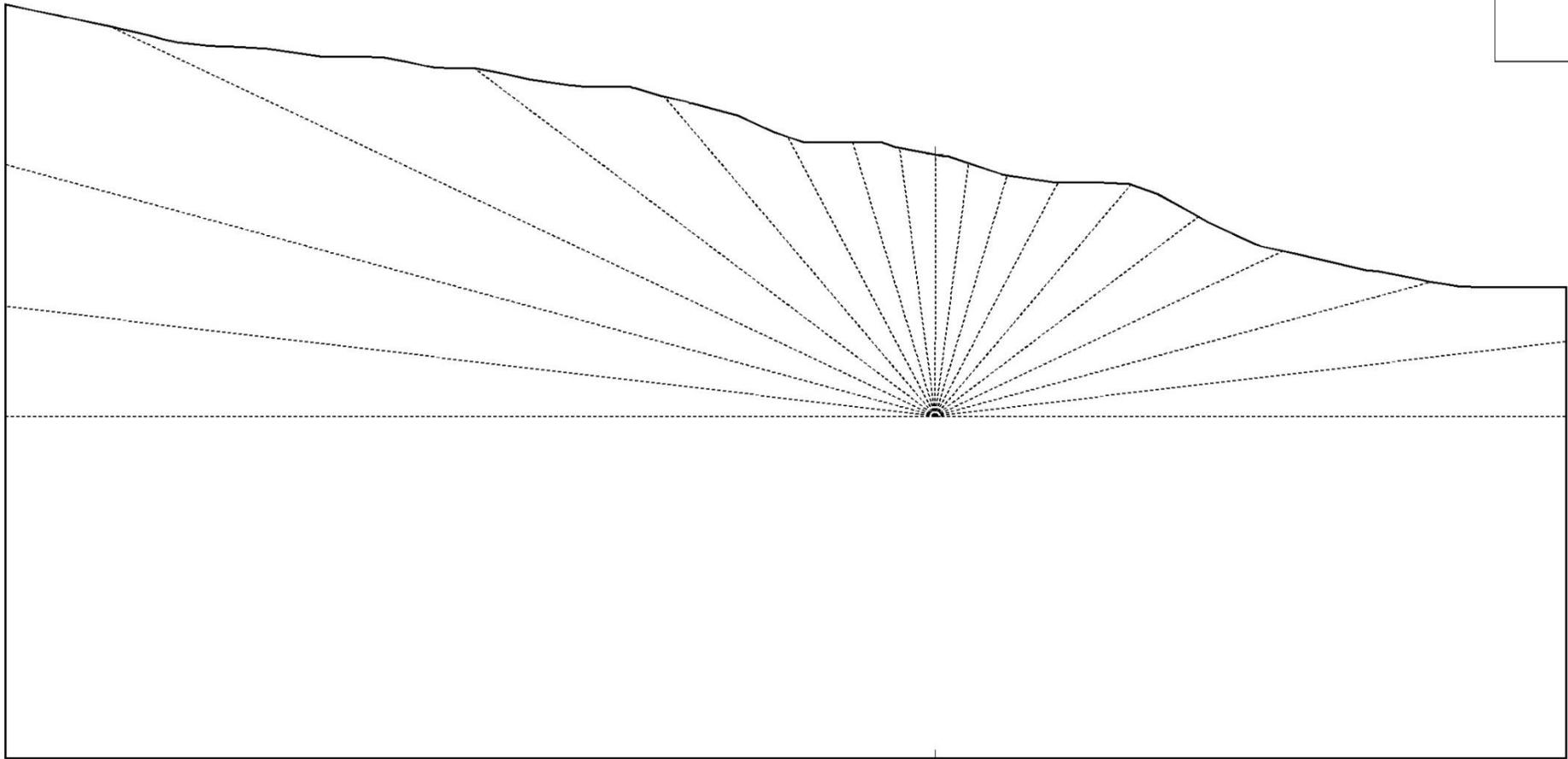
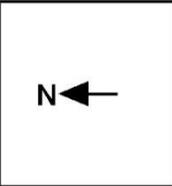
SEC_AZ_330.00_-239.23



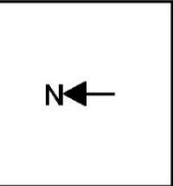
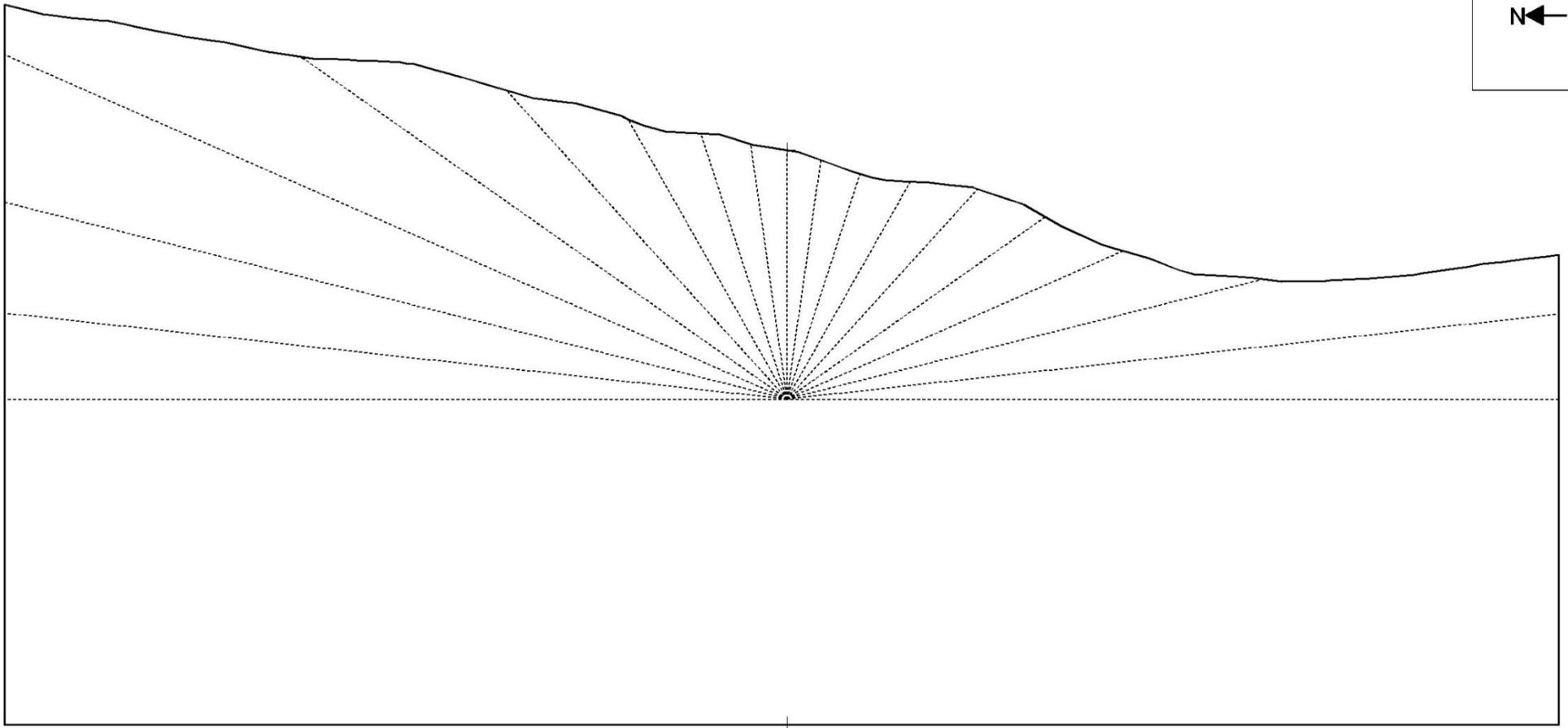
PROYECTO	LABCHICO
FECHA	04AGOSTO2019
UBICACIÓN	MINERAL EL CHICO, HIDALGO
COORDENADAS	E: -230.76; N: -78.76; Z: 2227.82
ESCALA	1:2750
ELABORO	IVAN GUSTAVO VALLEJO CASTILLO



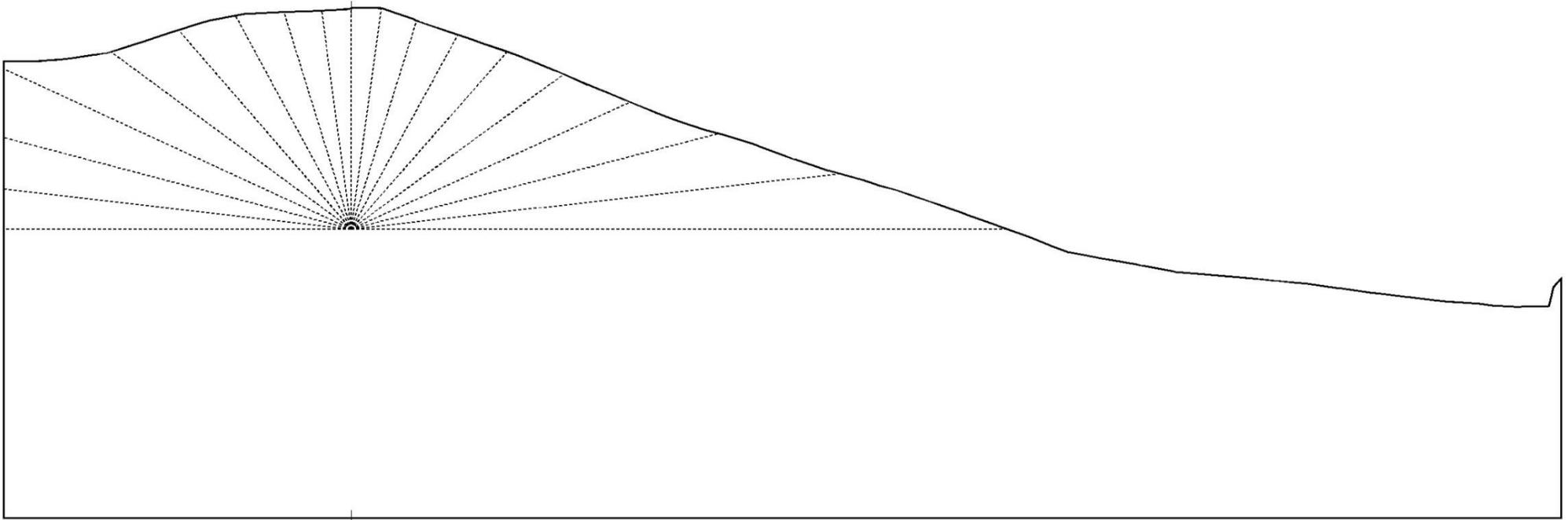
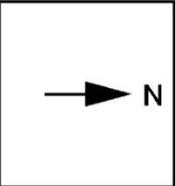
SEC_AZ_320_-227.40	
PROYECTO	LABCHICO
FECHA	04AGOSTO2018
UBICACIÓN	MINERAL EL CHICO, HIDALGO
COORDENADAS	E: -230.76; N: -78.76; Z:2227.92
ESCALA	1:3000
ELAVORO	IVAN GUSTAVO VALLEJO CASTILLO



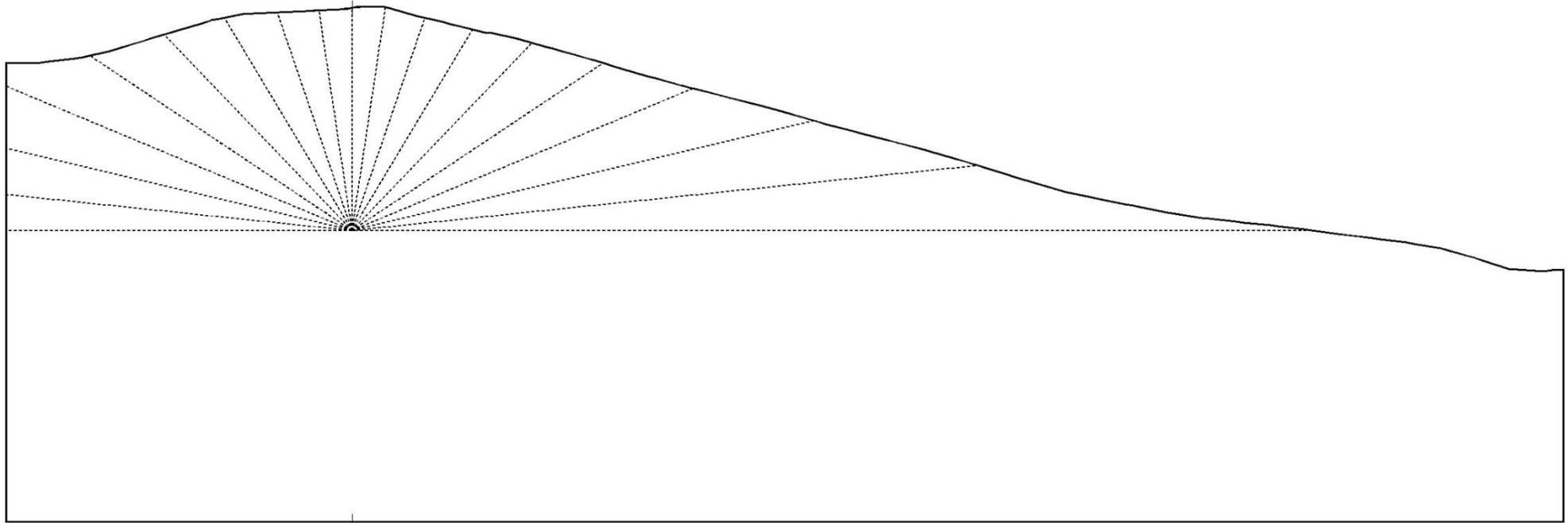
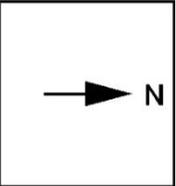
SEC_AZ_130.00_-208.00	
 1 : 2750	
PROYECTO	LABCHICO
FECHA	04AGOSTO2018
UBICACIÓN	MINERAL EL CHICO, HIDALGO
COORDENADAS	E: -230.76; N: -78.76; Z:2227.92
ESCALA	1:2750
ELAVORO	IVAN GUSTAVO VALLEJO CASTILLO



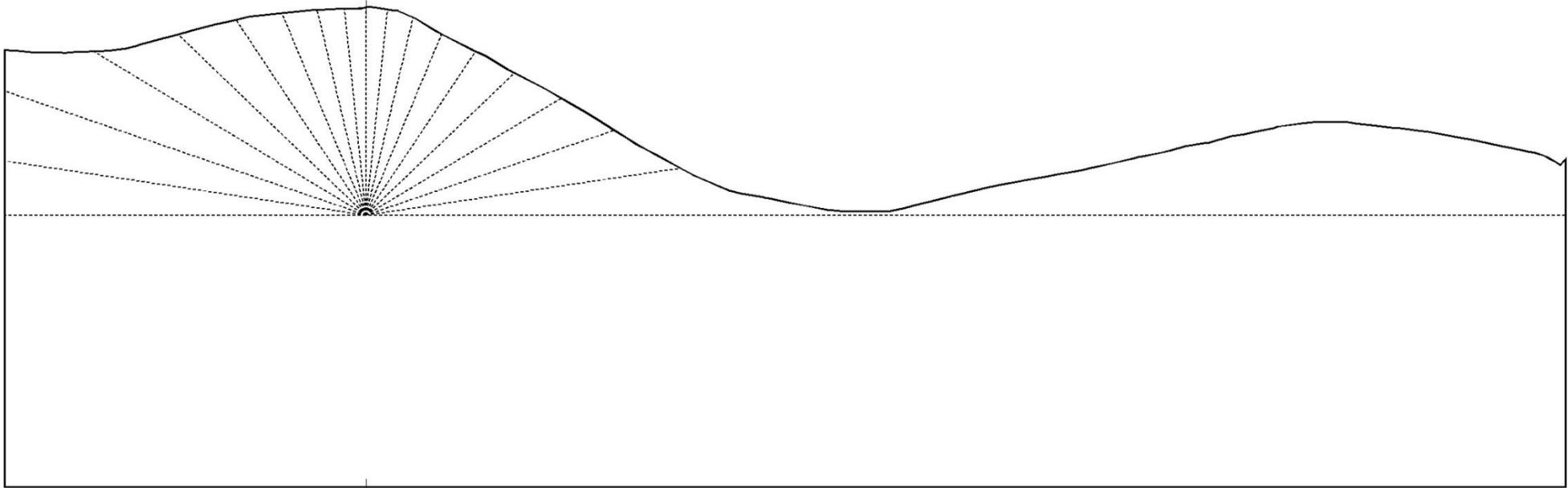
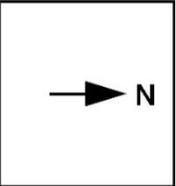
SEC_AZ_120.00_-183.53	
 1 : 2750	
PROYECTO	LABCHICO
FECHA	04AGOSTO2018
UBICACIÓN	MINERAL EL CHICO, HIDALGO
COORDENADAS	E: -230.76; N: -78.76; Z:2227.92
ESCALA	1:2750
ELAVORO	IVAN GUSTAVO VALLEJO CASTILLO



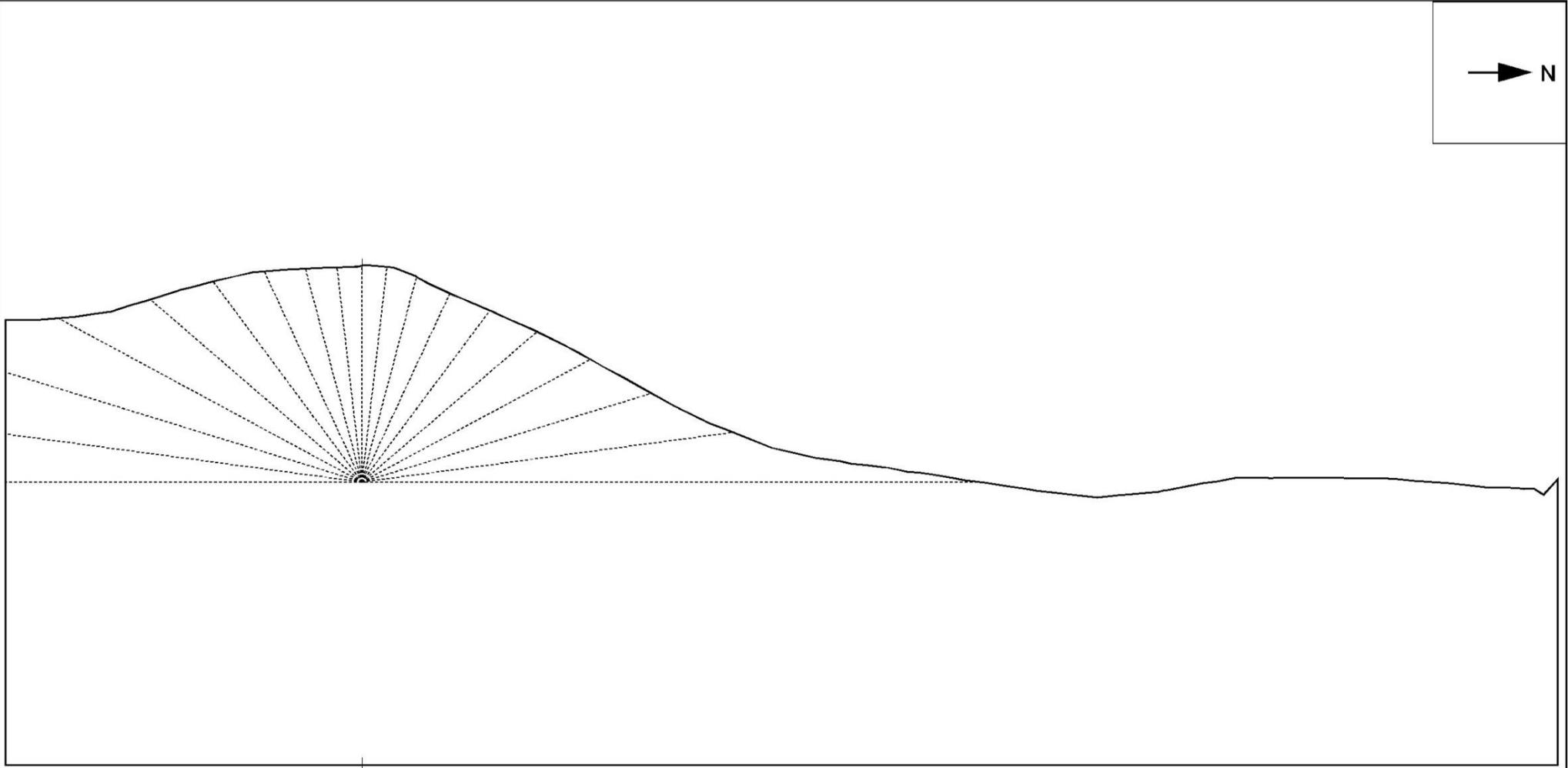
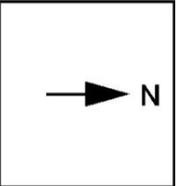
SEC_AZ_9.99_-213.59	
PROYECTO	LABCHICO
FECHA	04AGOSTO/2019
UBICACIÓN	MINERAL EL CHICO, HIDALGO
COORDENADAS	E: -230.76; N: -78.76; Z: 2227.82
ESCALA	1:3000
ELAVORO	IVAN GUSTAVO VALLEJO CASTILLO



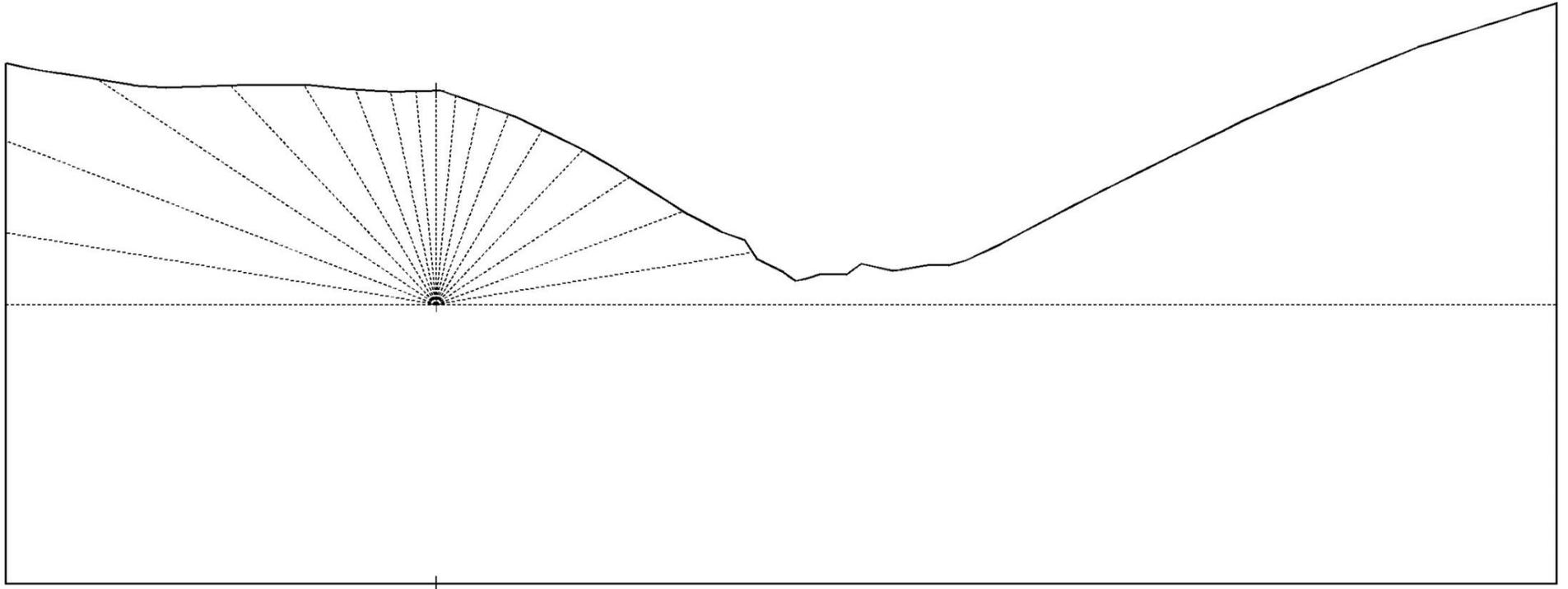
SEC_E_-230.76	
 1 : 3000	
PROYECTO	LABCHICO
FECHA	04AGOSTO2018
UBICACIÓN	MINERAL EL CHICO, HIDALGO
COORDENADAS	E: -230.76; N:-78.76; Z:2227.92
ESCALA	1:3000
ELAVORO	IVAN GUSTAVO VALLEJO CASTILLO



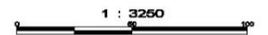
SEC_AZ_30.00_-160.46	
PROYECTO	LABCHICO
FECHA	04AGOSTO2018
UBICACIÓN	MINERAL EL CHICO, HIDALGO
COORDENADAS	E: -230.76; N: -78.76; Z: 2227.92
ESCALA	1:3250
ELAVORO	IVAN GUSTAVO VALLEJO CASTILLO



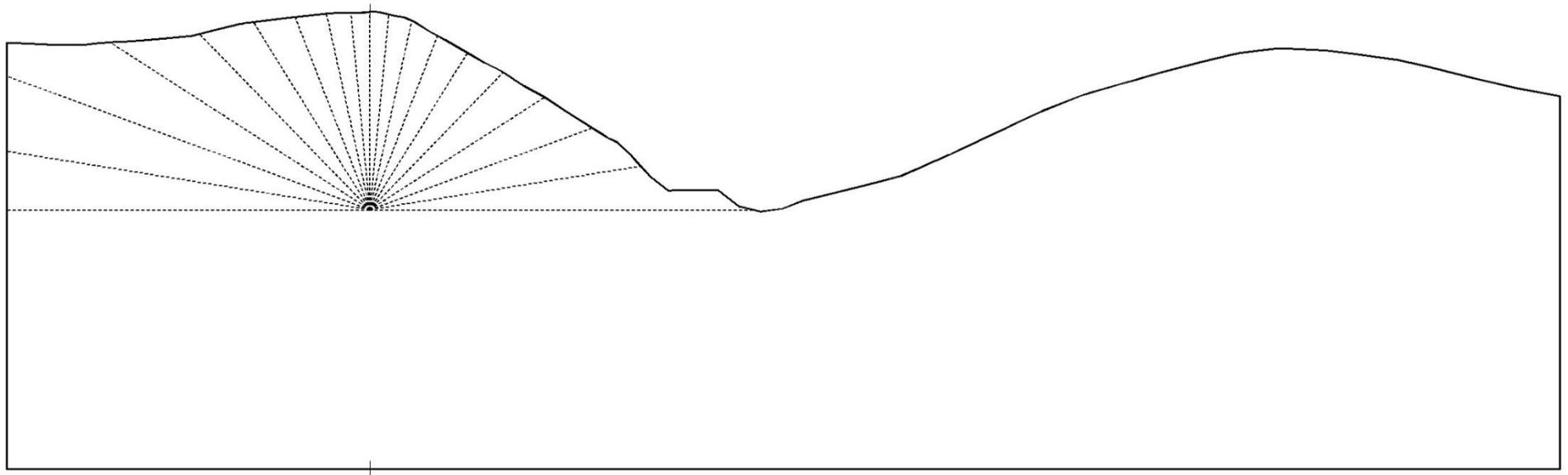
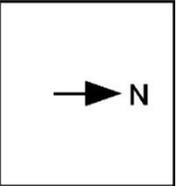
SEC_AZ_20.00_-184.91	
PROYECTO	LABCHICO
FECHA	04AGOSTO2019
UBICACIÓN	MINERAL EL CHICO, HIDALGO
COORDENADAS	E: -230.76; N: -78.76; Z: 2227.82
ESCALA	1:3000
ELABORO	IVAN GUSTAVO VALLEJO CASTILLO



SEC_AZ_69.99_4.93



PROYECTO	LABORICO
FECHA	04AGOSTO2019
UBICACIÓN	MINERAL EL CHICO, HIDALGO
COORDENADAS	E: -230.76; N: -78.76; Z: 2227.82
ESCALA	1:3250
ELAVORO	IVAN GUSTAVO VALLEJO CASTILLO



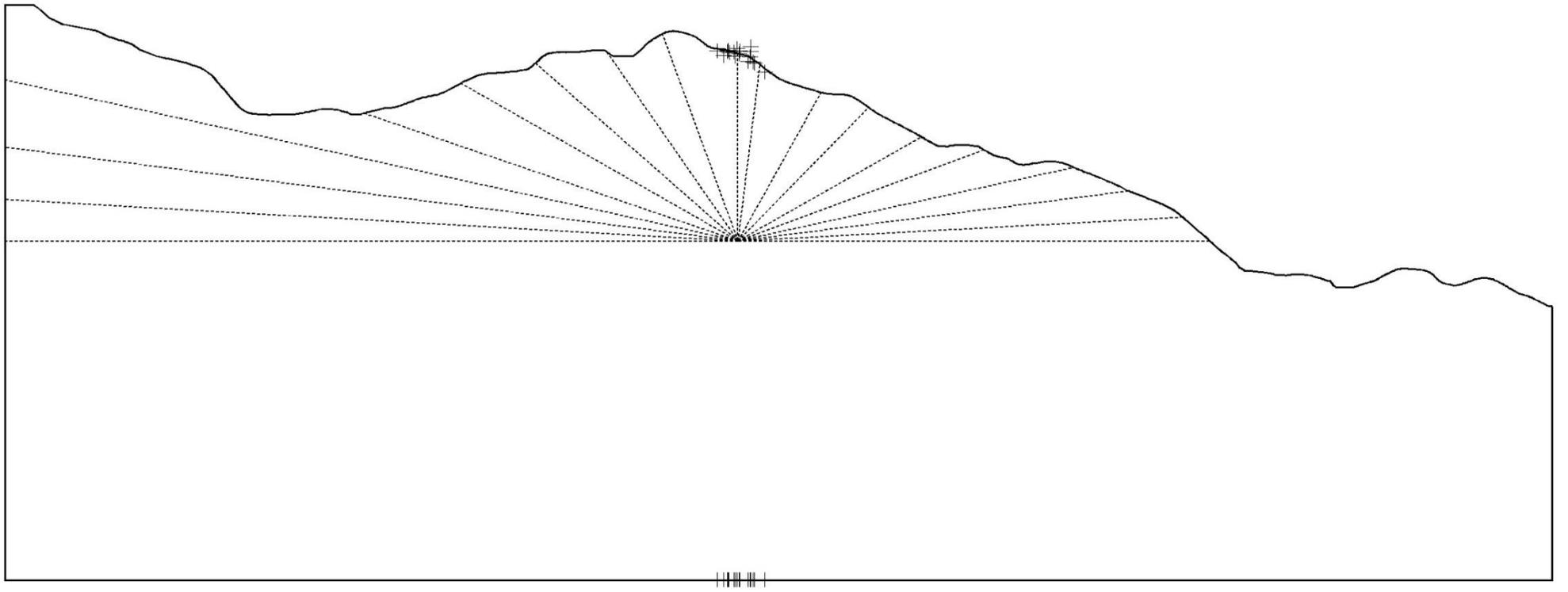
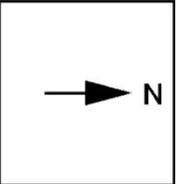
SEC_AZ_40.00_126.15

1 : 3500

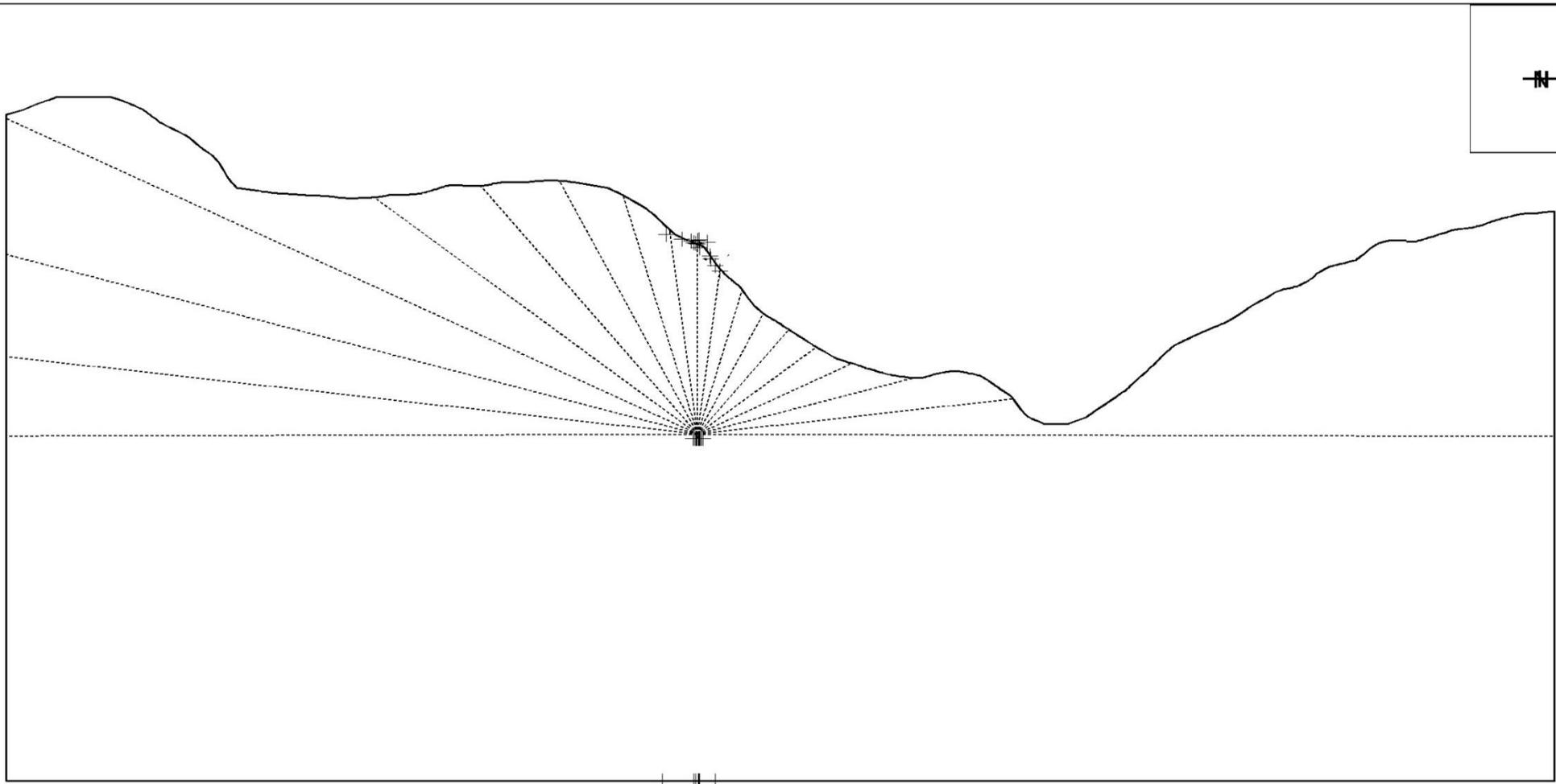
PROYECTO	LABCHICO
FECHA	04AGOSTO2019
UBICACIÓN	MINERAL EL CHICO, HIDALGO
COORDENADAS	E: -290.76; N: -78.76; Z: 2227.92
ESCALA	1:3500
ELAVORO	IVAN GUSTAVO VALLEJO CASTILLO

SECCIONES MINA GUADALUPE TERCER LEVANTAMIENTO

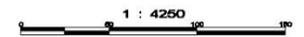
A continuación, las secciones del segundo levantamiento realizado en la mina Guadalupe, el cual fue el levantamiento definitivo, solo se realizaron las secciones para la zona de LABChico pues ya está definida y se realizó con una estación total.



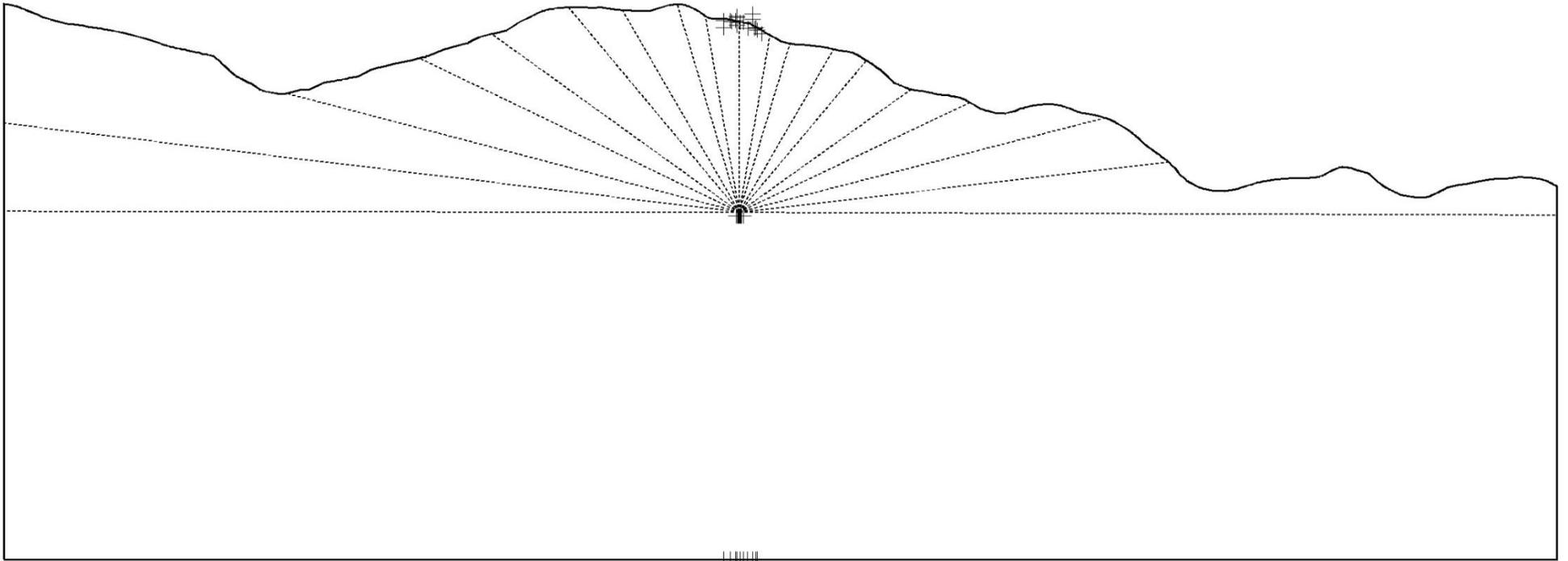
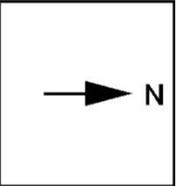
SEC_AZ_9.87_136536.00	
1 : 4250	
PROYECTO	LABORICO
FECHA	04AGOSTO2018
UBICACIÓN	MINERAL EL CHICO, HIDALGO
COORDENADAS	E: -230.76; N: -78.76; Z: 2227.92
ESCALA	1:4250
ELABORO	IVAN GUSTAVO VALLEJO CASTILLO



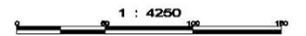
SEC_N_2235780.00



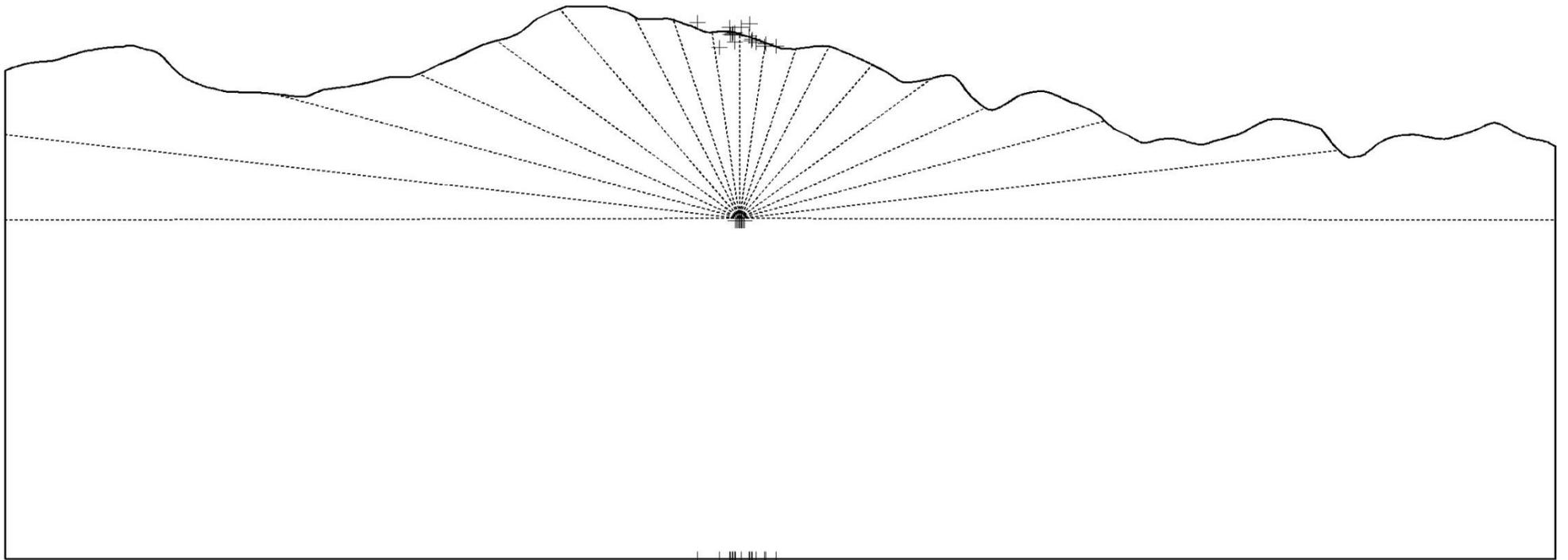
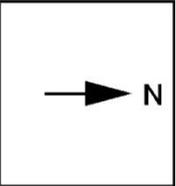
PROYECTO	LABCHICO
FECHA	04AGOSTO2019
UBICACIÓN	MINERAL EL CHICO, HIDALGO
COORDENADAS	E: -230.76; N: -78.76; Z: 2227.92
ESCALA	1:4250
ELAVORO	IVAN GUSTAVO VALLEJO CASTILLO



SEC_E_527417.00



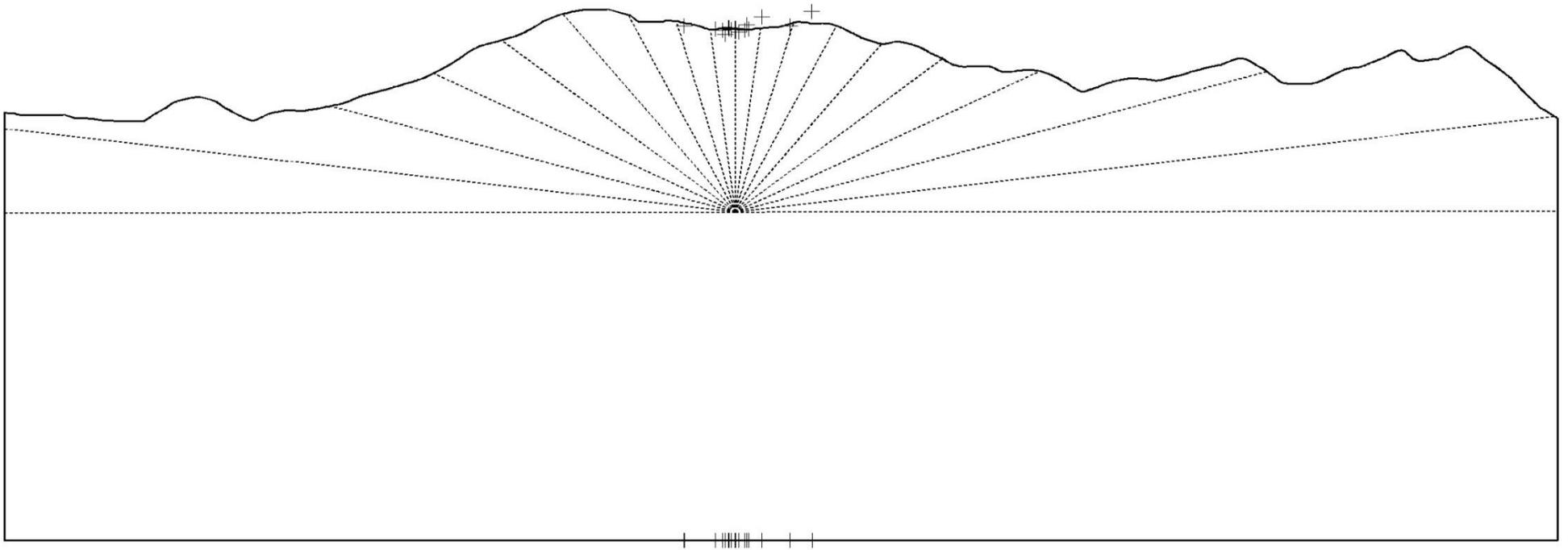
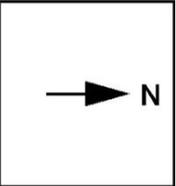
PROYECTO	LABCHICO
FECHA	04AGOSTO2018
UBICACIÓN	MINERAL EL CHICO, HIDALGO
COORDENADAS	E: -230.76; N: -78.76; Z: 2227.92
ESCALA	1:4250
ELAVORO	IVAN GUSTAVO VALLEJO CASTILLO



SEC_AZ_350.13_902700.00

1 : 4250

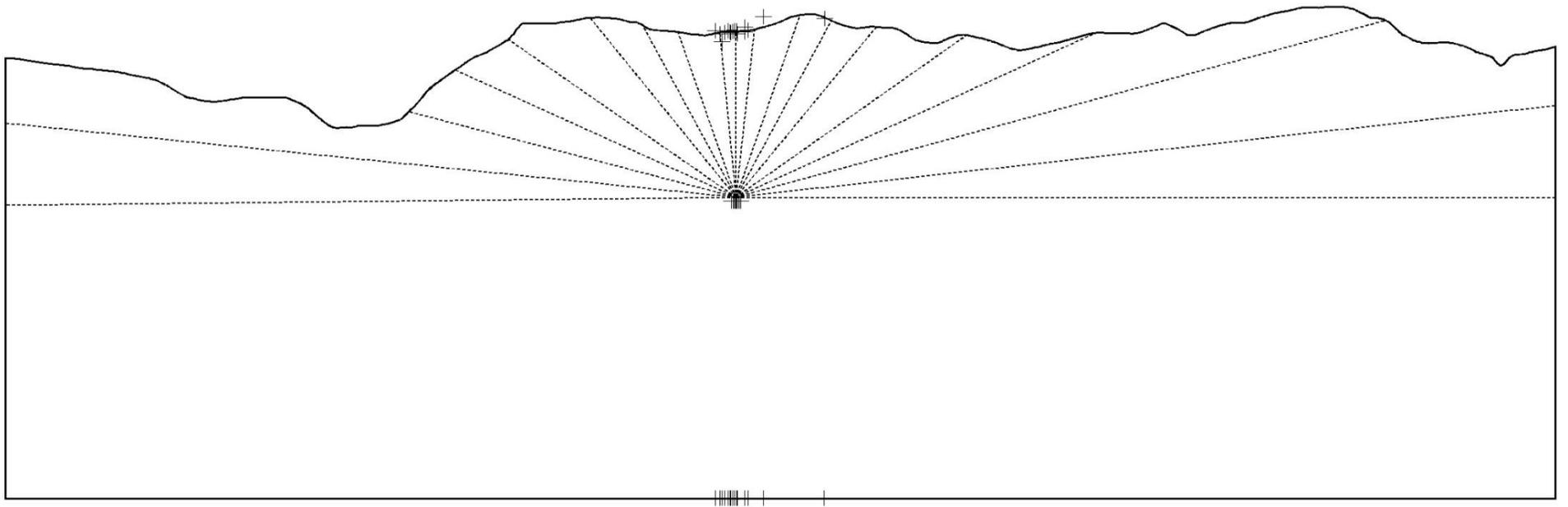
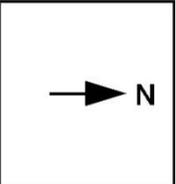
PROYECTO	LABCHICO
FECHA	04AGOSTO2018
UBICACIÓN	MINERAL EL CHICO, HIDALGO
COORDENADAS	E: -230.76; N: -78.76; Z: 2227.92
ESCALA	1:4250
ELAVORO	IVAN GUSTAVO VALLEJO CASTILLO



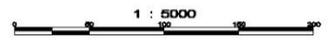
SEC_AZ_340.59_1240310.00



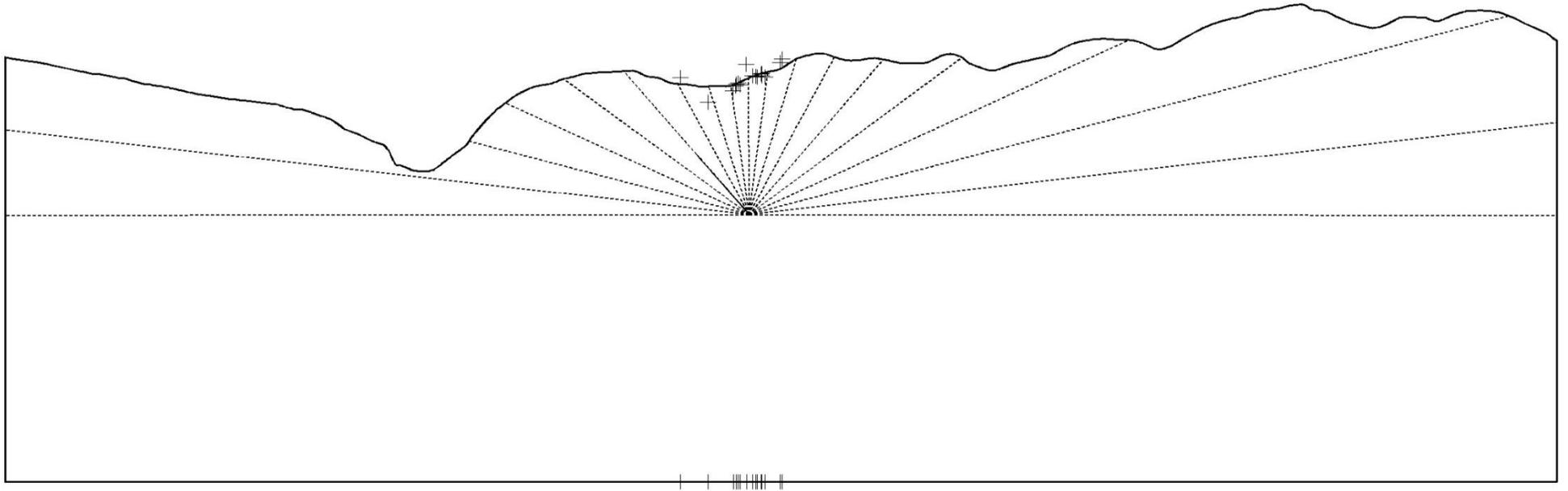
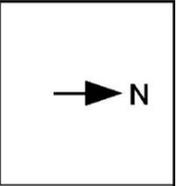
PROYECTO	LABCHICO
FECHA	04AGOSTO2018
UBICACIÓN	MINERAL EL CHICO, HIDALGO
COORDENADAS	E: -230.76; N: -78.76; Z: 2227.92
ESCALA	1/4500
ELAVORO	IVAN GUSTAVO VALLEJO CASTILLO



SEC_AZ_330.10_1571690.00



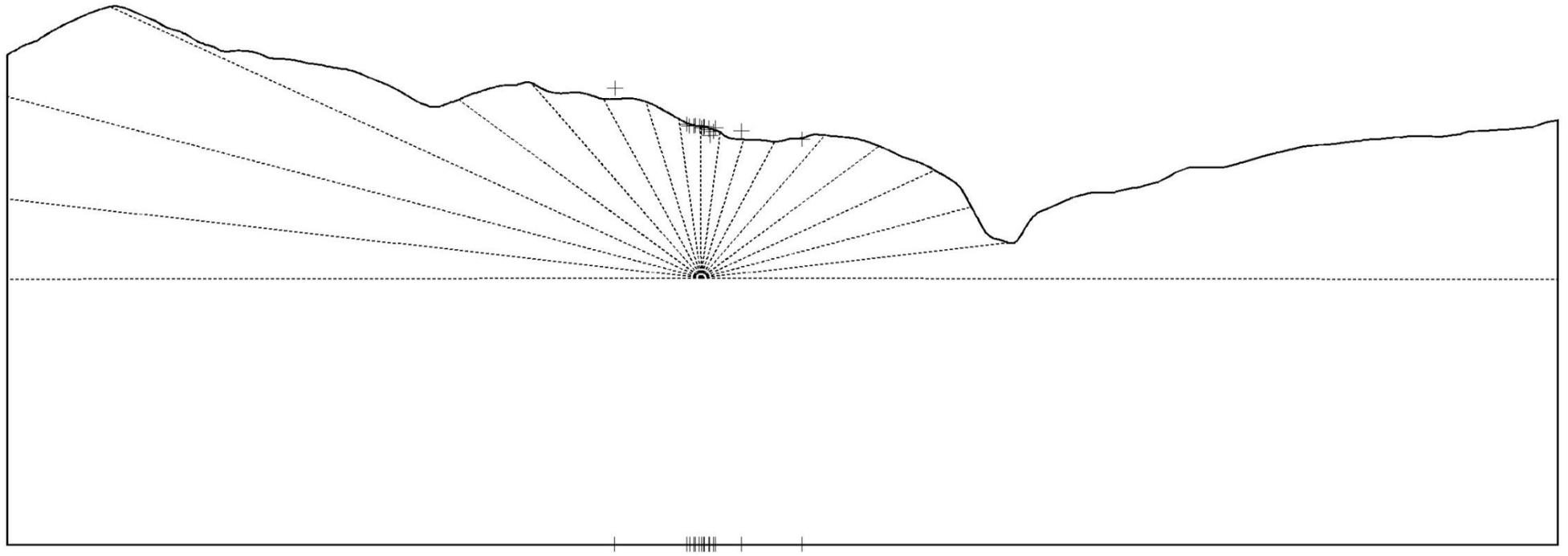
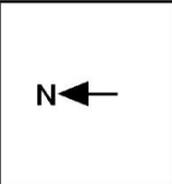
PROYECTO	LABCHICO
FECHA	04AGOSTO2019
UBICACIÓN	MINERAL EL CHICO, HIDALGO
COORDENADAS	E: -230.76; N: -78.76; Z: 2227.92
ESCALA	1:5000
ELAVORO	IVAN GUSTAVO VALLEJO CASTILLO



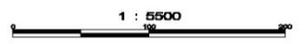
SEC_AZ_320.67_1825040.00

1 : 5500

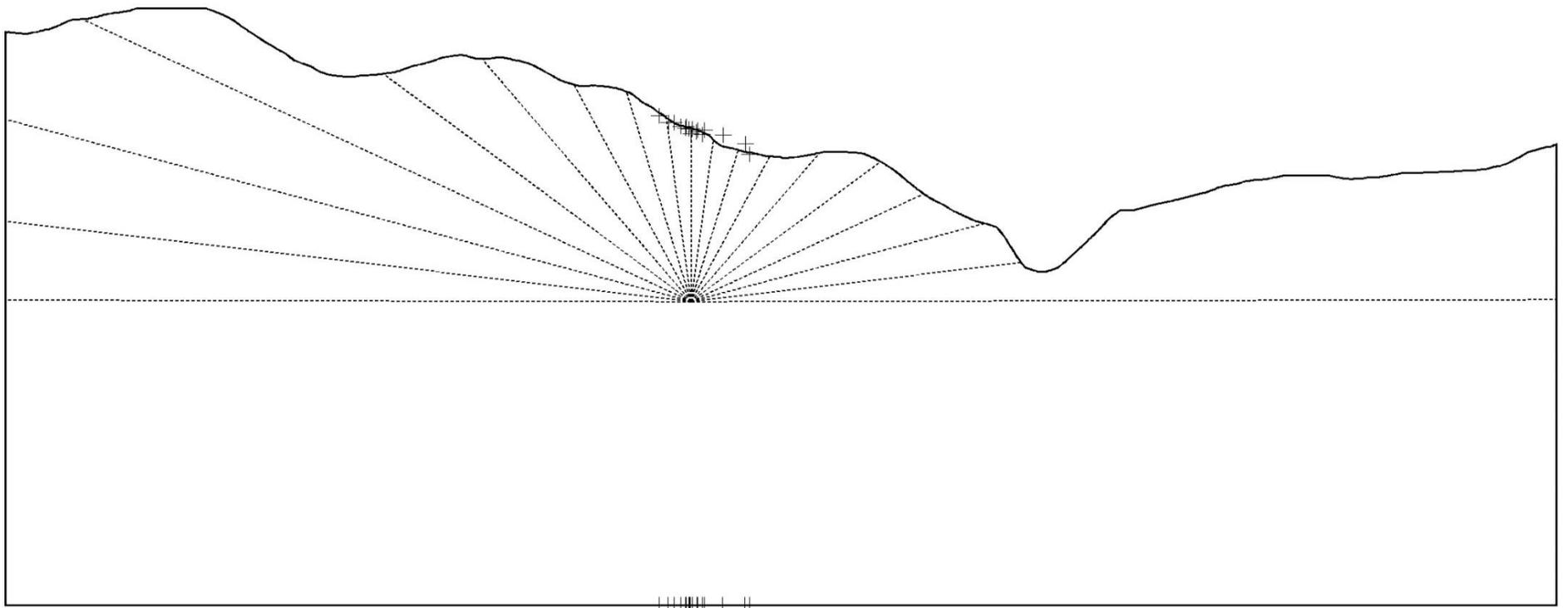
PROYECTO	LABCHICO
FECHA	04AGOSTO2018
UBICACIÓN	MINERAL EL CHICO, HIDALGO
COORDENADAS	E: -230.76; N: -78.76; Z: 2227.92
ESCALA	1:5500
ELAVORO	IVAN GUSTAVO VALLEJO CASTILLO



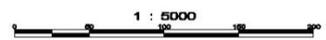
SEC_AZ_130.60_2040770.00



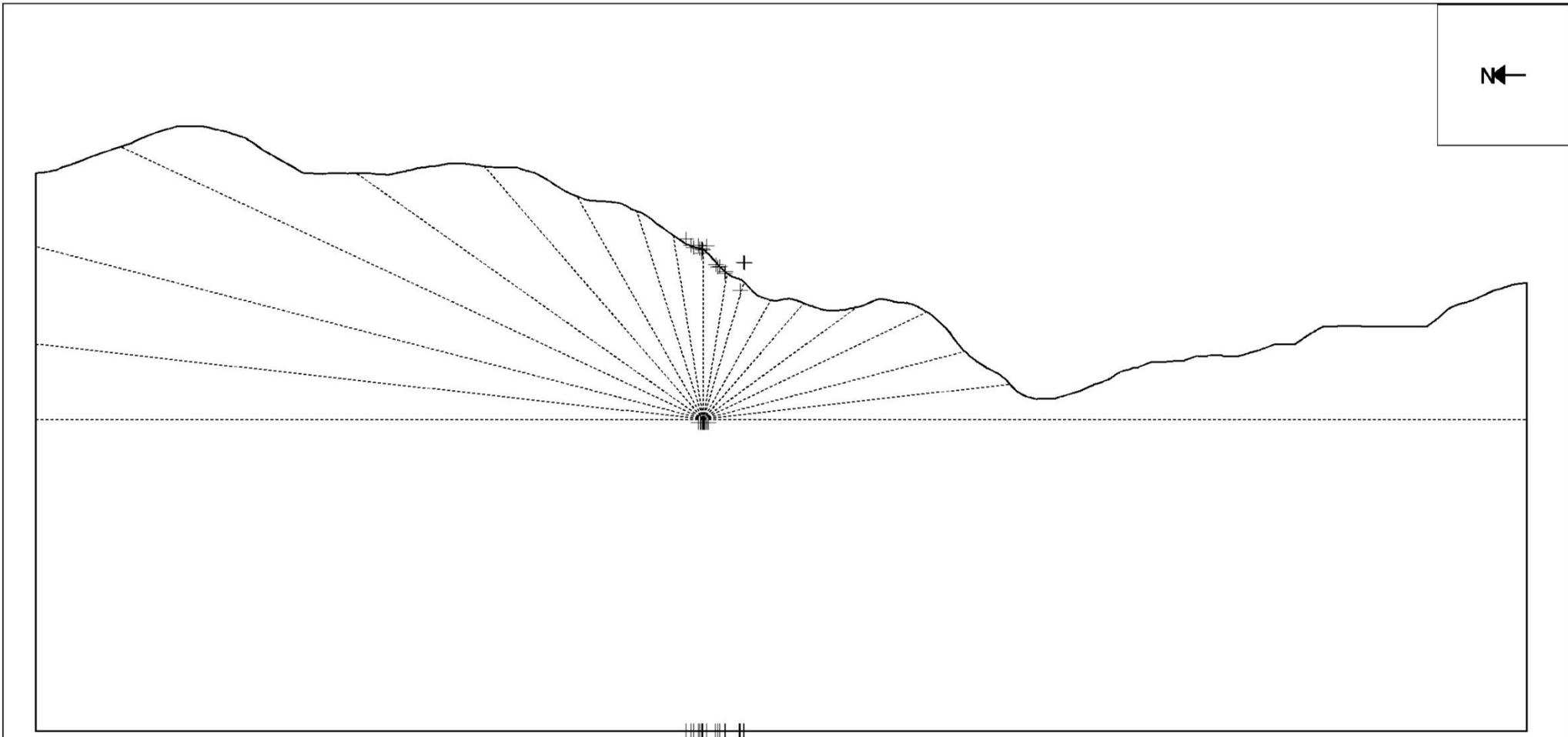
PROYECTO	LABCHICO
FECHA	04AGOSTO2018
UBICACIÓN	MINERAL EL CHICO, HIDALGO
COORDENADAS	E: -230.76; N: -78.76; Z: 2227.92
ESCALA	1:5500
ELAVORO	IVAN GUSTAVO VALLEJO CASTILLO



SEC_AZ_118.81_2213200.00



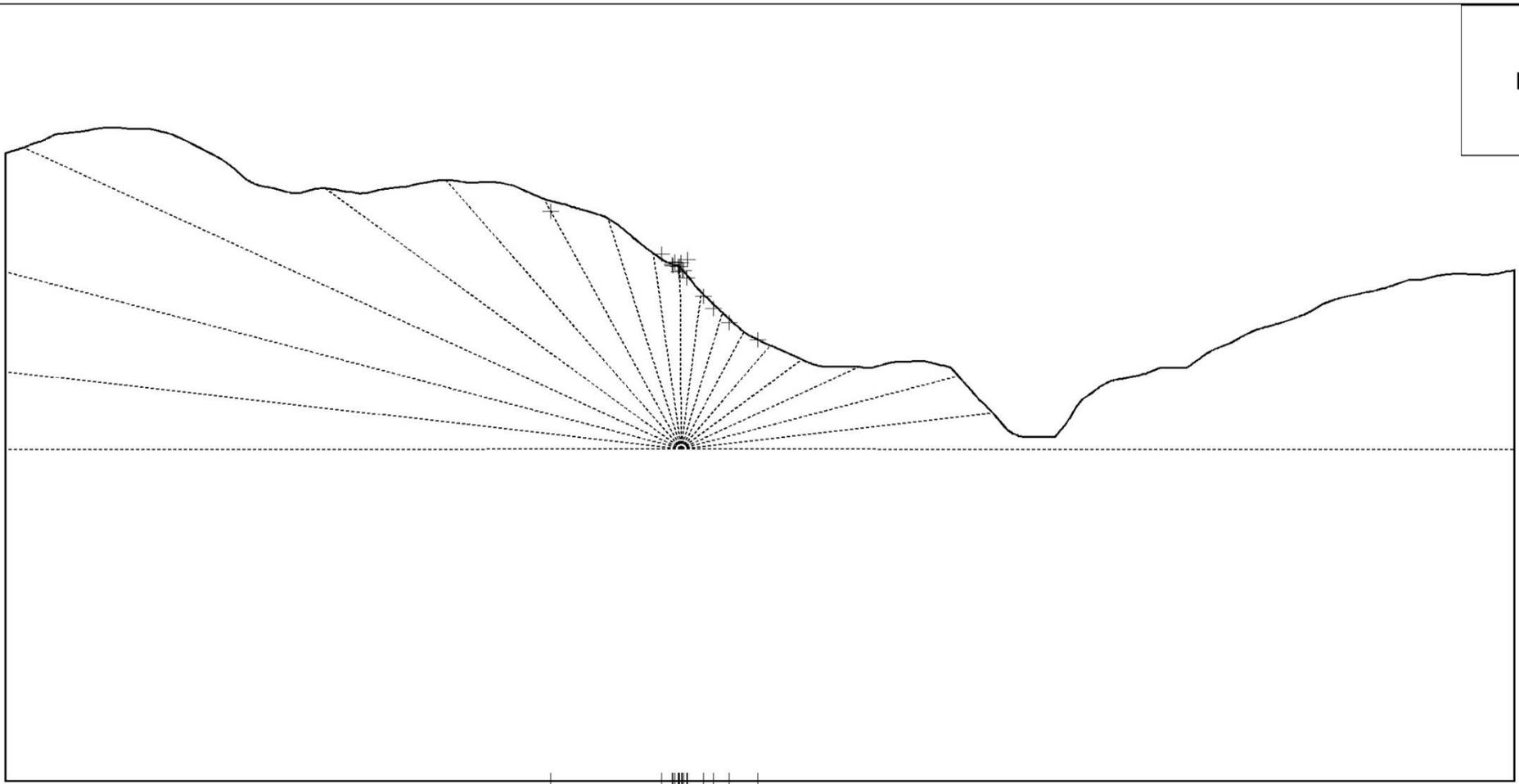
PROYECTO	LABCHICO
FECHA	04AGOSTO2018
UBICACIÓN	MINERAL EL CHICO, HIDALGO
COORDENADAS	E: -230.76; N: -78.76; Z: 2227.92
ESCALA	1:5000
ELAVORO	IVAN GUSTAVO VALLEJO CASTILLO



SEC_AZ_110.41_2279350.00



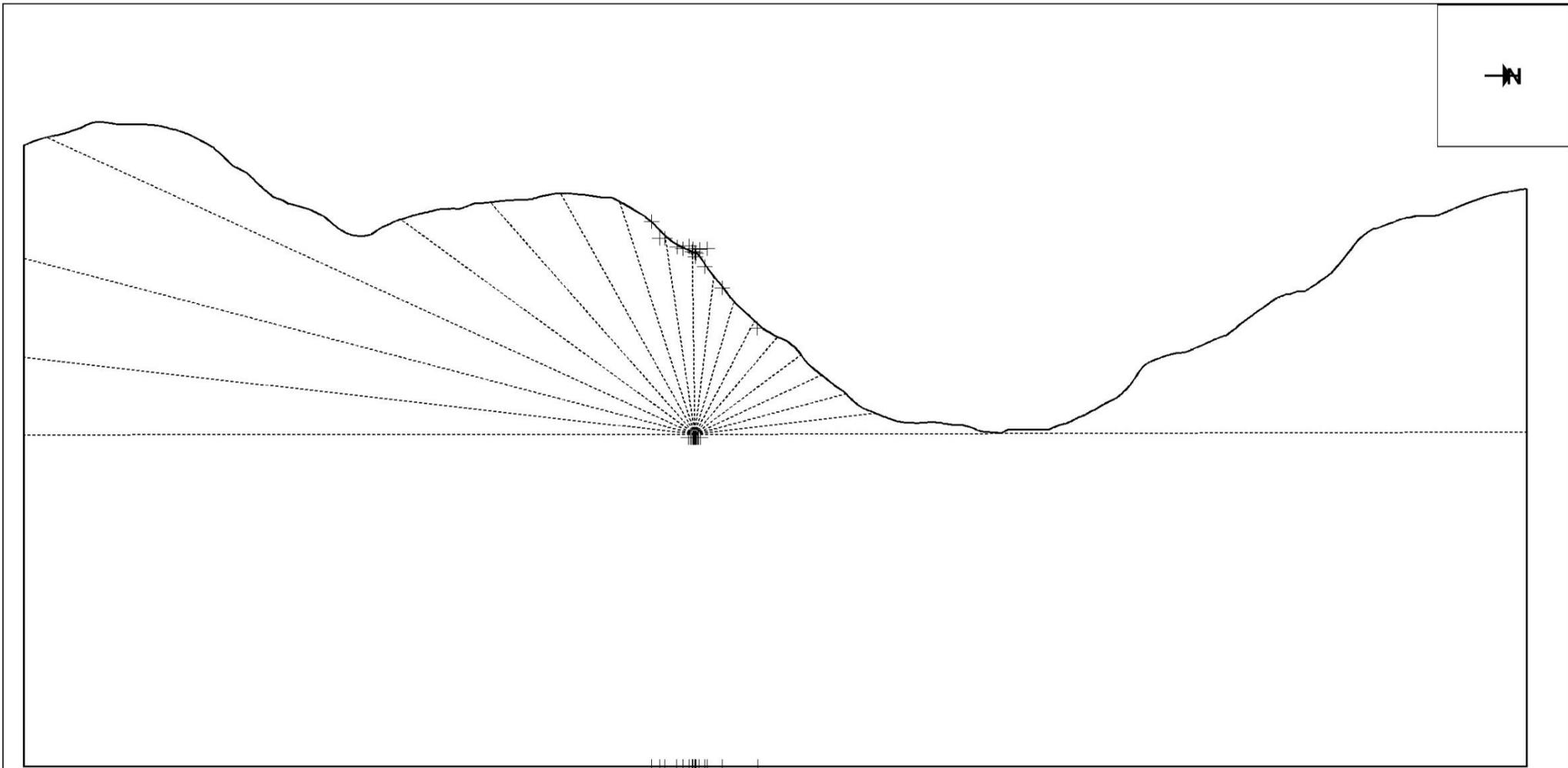
PROYECTO	LABCHICO
FECHA	04AGOSTO2018
UBICACIÓN	MINERAL EL CHICO, HIDALGO
COORDENADAS	E: -230.76; N: -78.76; Z: 2227.92
ESCALA	1:4500
ELAVORO	IVAN GUSTAVO VALLEJO CASTILLO



SEC_AZ_99.97_2293340.00

1 : 4500

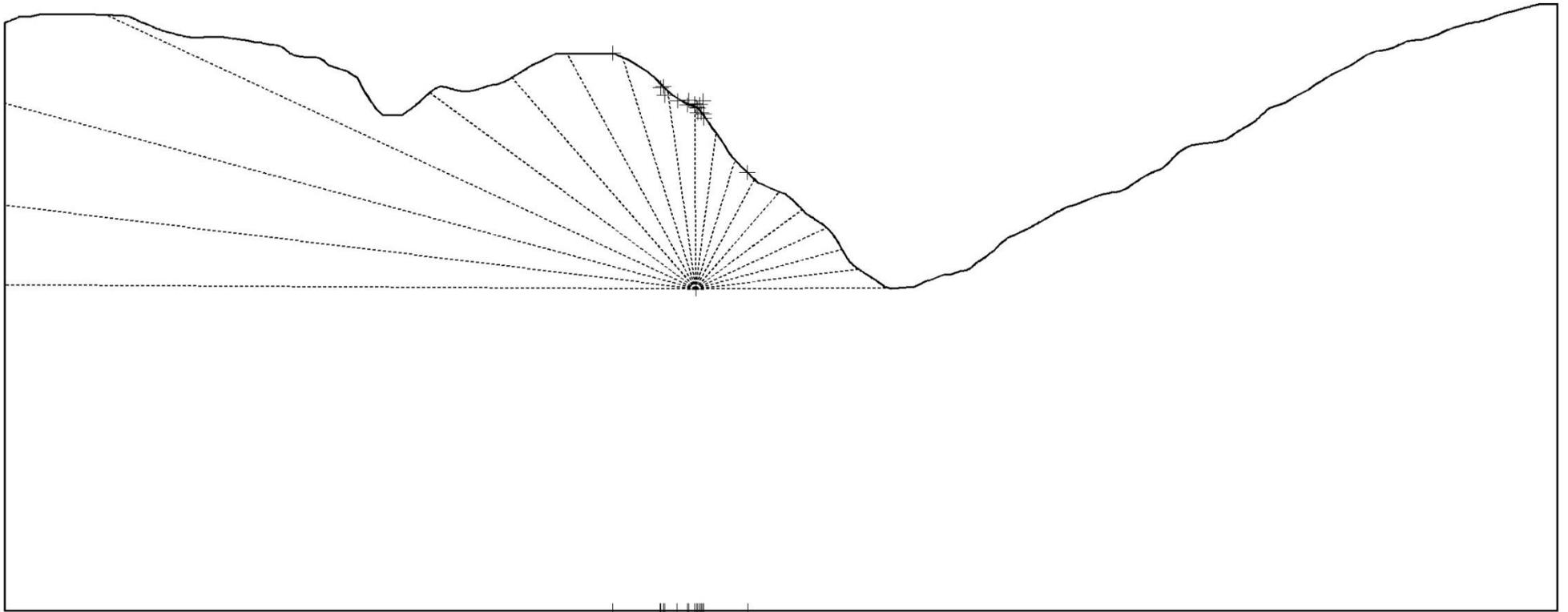
PROYECTO	LABCHICO
FECHA	04AGOSTO2018
UBICACIÓN	MINERAL EL CHICO, HIDALGO
COORDENADAS	E: -230.76; N: -78.76; Z: 2227.92
ESCALA	1/4500
ELAVORO	IVAN GUSTAVO VALLEJO CASTILLO



SEC_AZ_80.03_2110670.00

1 : 4250

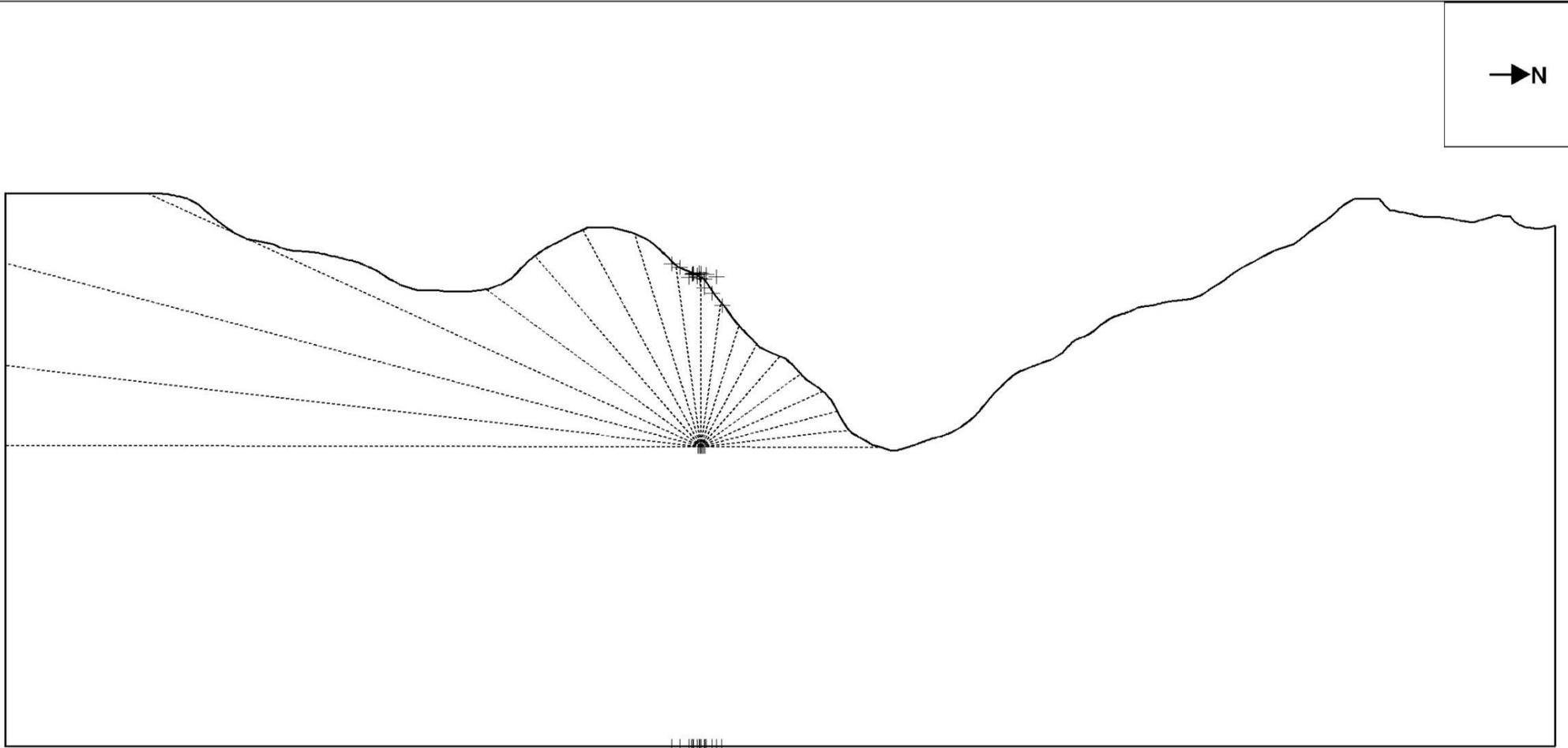
PROYECTO	LABCHICO
FECHA	04AGOSTO2018
UBICACIÓN	MINERAL EL CHICO, HIDALGO
COORDENADAS	E: -230.76; N: -78.76; Z: 2227.92
ESCALA	1:4250
ELAVORO	IVAN GUSTAVO VALLEJO CASTILLO



SEC_AZ_69.59_1911500.00

1 : 4500

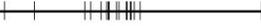
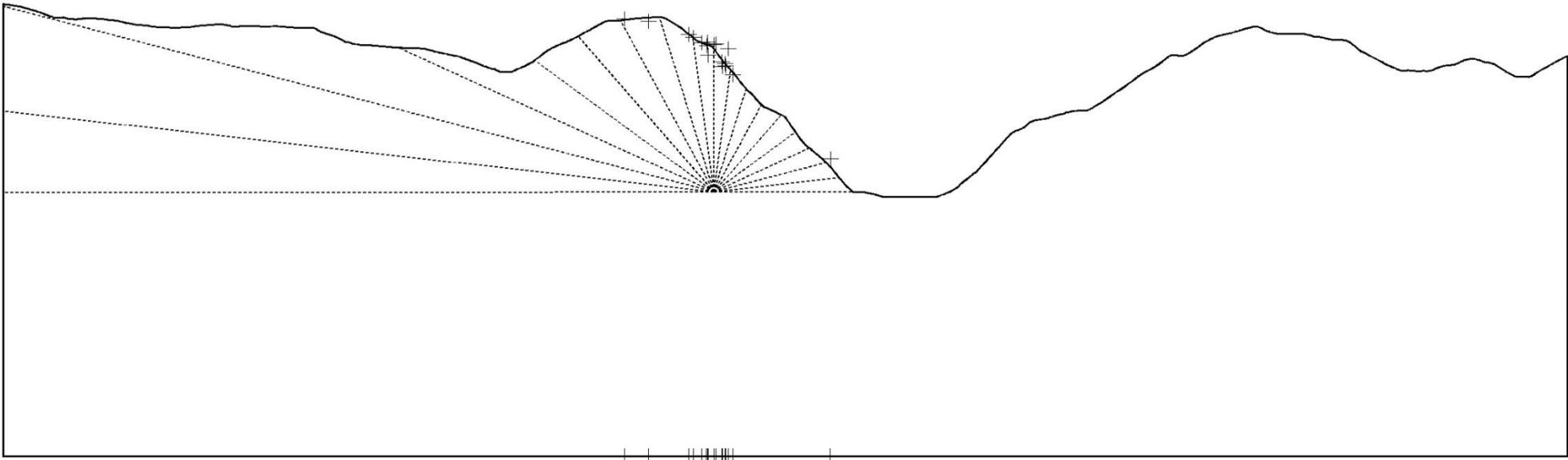
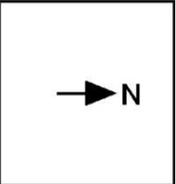
PROYECTO	LABCHICO
FECHA	04AGOSTO2019
UBICACIÓN	MINERAL EL CHICO, HIDALGO
COORDENADAS	E: -230.76; N: -76.76; Z: 2227.92
ESCALA	1:4500
ELAVORO	IVAN GUSTAVO VALLEJO CASTILLO



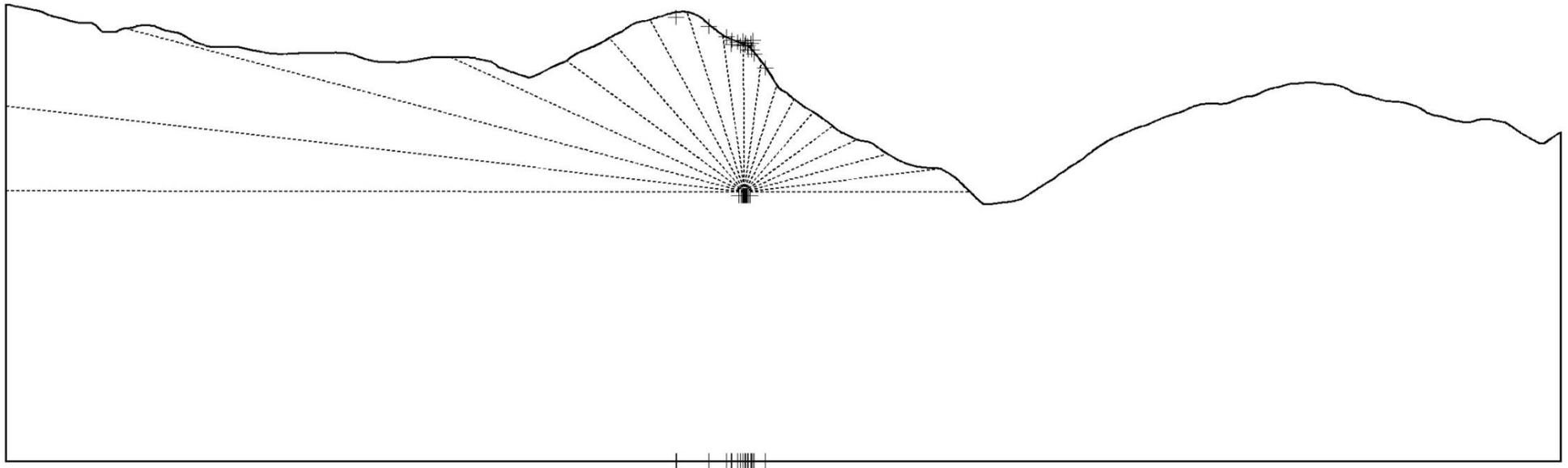
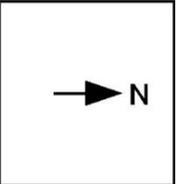
SEC_AZ_61.19_1704860.00

1 : 4750

PROYECTO	LABCHICO
FECHA	04AGOSTO2018
UBICACIÓN	MINERAL EL CHICO, HIDALGO
COORDENADAS	E: -230.76; N: -78.76; Z: 2227.92
ESCALA	1:4750
ELAVORO	IVAN GUSTAVO VALLEJO CASTILLO



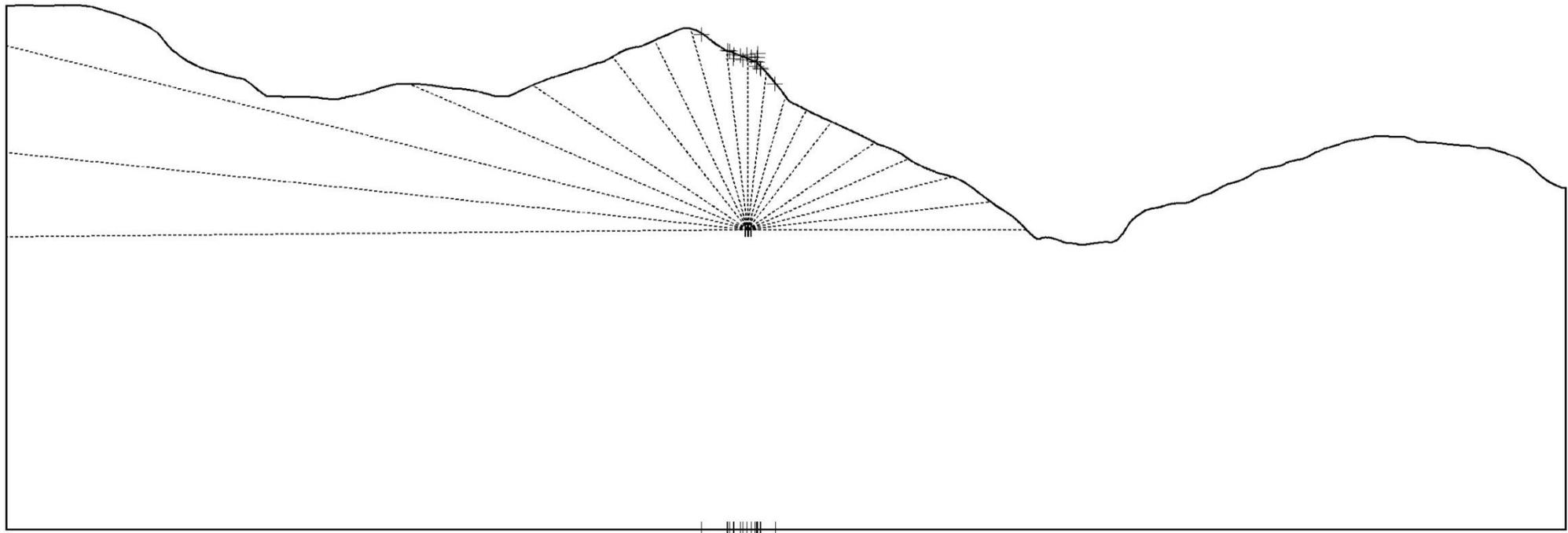
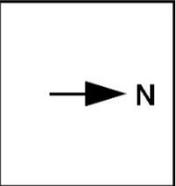
SEC_49.40_1354290.00	
1 : 5500 	
PROYECTO	LABCHICO
FECHA	04AGOSTO2018
UBICACIÓN	MINERAL EL CHICO, HIDALGO
COORDENADAS	E: -230.76; N: -78.76; Z: 2227.92
ESCALA	1:5500
ELAVORO	IVAN GUSTAVO VALLEJO CASTILLO



SEC_AZ_39.33_-1009140.00

1 : 5500

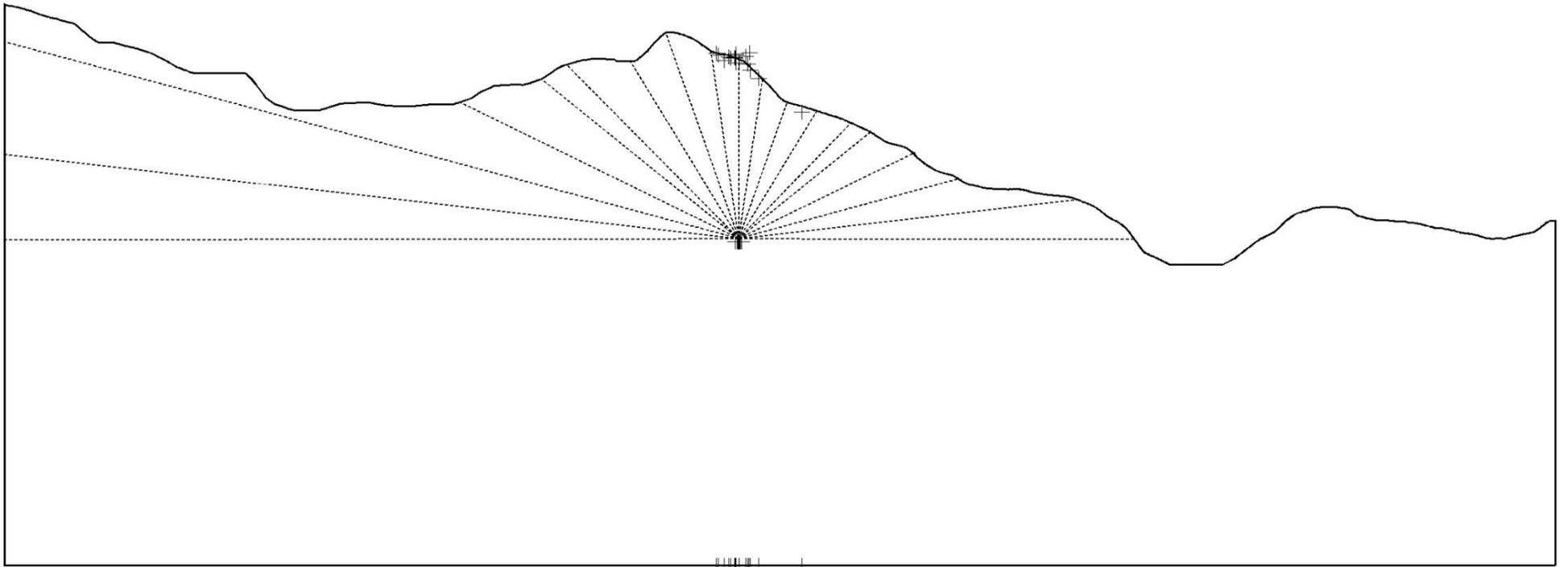
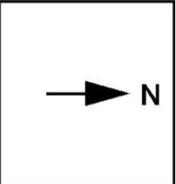
PROYECTO	LABCHICO
FECHA	04AGOSTO2018
UBICACIÓN	MINERAL EL CHICO, HIDALGO
COORDENADAS	E: -230.76; N: -78.76; Z: 2227.92
ESCALA	1:5500
ELAVORO	IVAN GUSTAVO VALLEJO CASTILLO



SEC_AZ_29.90_-657252.00



PROYECTO	LABCHICO
FECHA	04AGOSTO2018
UBICACIÓN	MINERAL EL CHICO, HIDALGO
COORDENADAS	E: -230.76; N: -78.76; Z: 2227.92
ESCALA	1/4750
ELAVORO	IVAN GUSTAVO VALLEJO CASTILLO



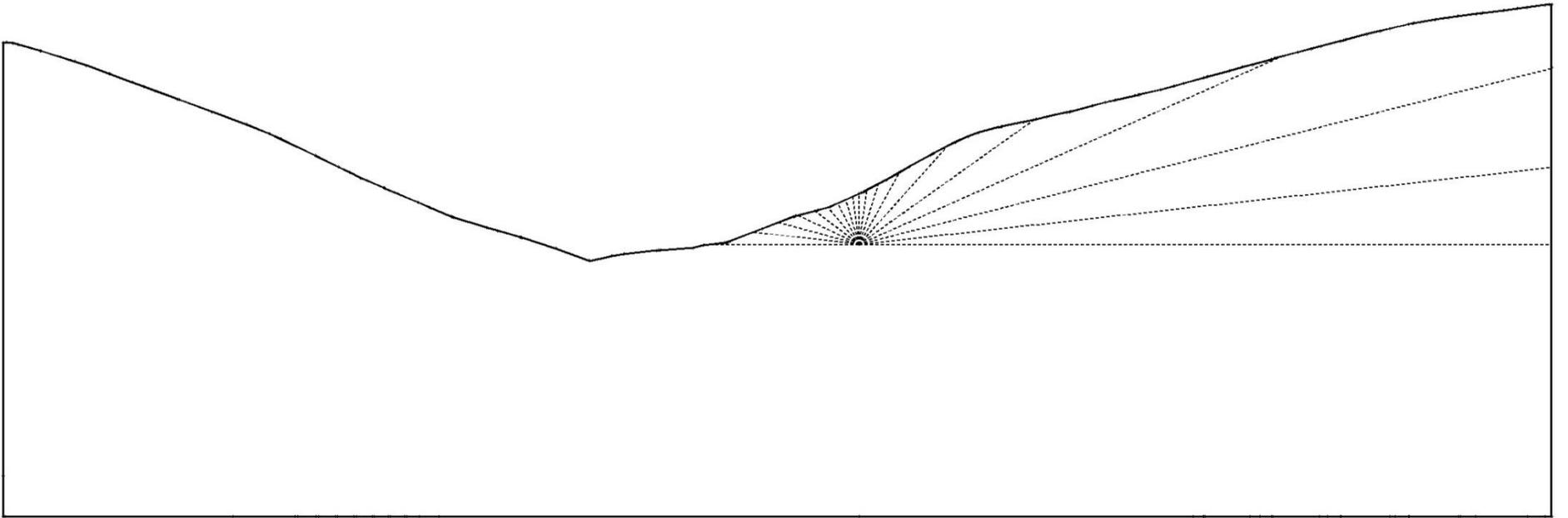
SEC_AZ_19.91_-245406.00

1 : 4500

PROYECTO	LABCHICO
FECHA	04AGOSTO2018
UBICACIÓN	MINERAL EL CHICO, HIDALGO
COORDENADAS	E: -230.76; N: -78.76; Z: 2227.92
ESCALA	1:4500
ELAVORO	IVAN GUSTAVO VALLEJO CASTILLO

SECCIONES MINA SAN ANTONIO SEGUNDO LEVANTAMIENTO

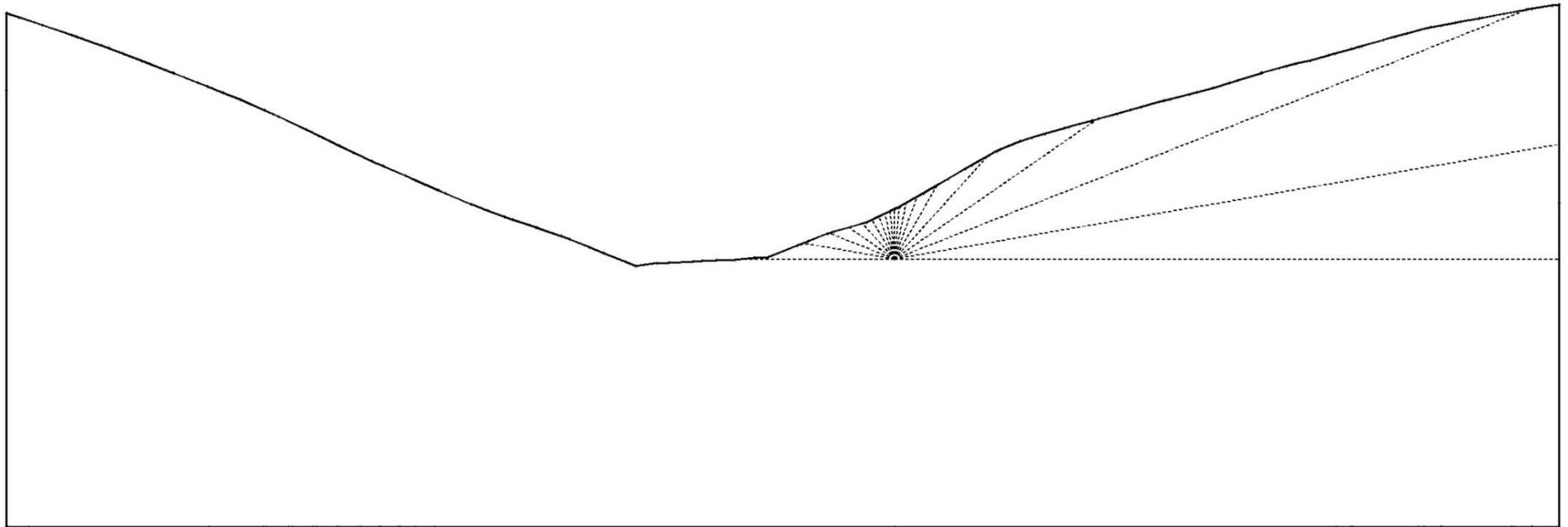
A continuación, las secciones del segundo levantamiento de este trabajo realizado en la mina San Antonio, el cual fue realizado con una estación total.



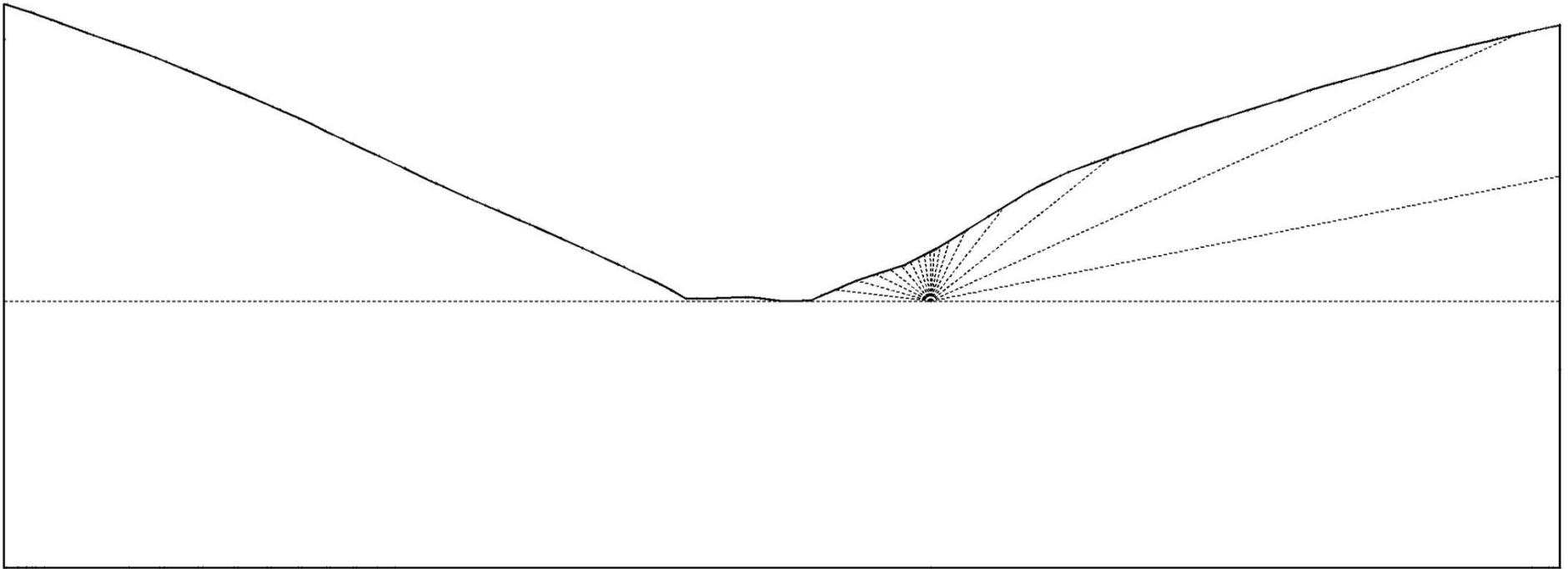
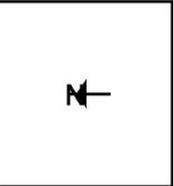
SEC_AZ_116.68_147.88



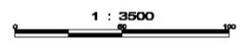
PROYECTO	LABCHICO
FECHA	04AGOSTO2018
UBICACIÓN	MINERAL EL CHICO, HIDALGO
COORDENADAS	E: -230.76; N: -78.76; Z:2227.92
ESCALA	1:3500
ELAVORO	IVAN GUSTAVO VALLEJO CASTILLO



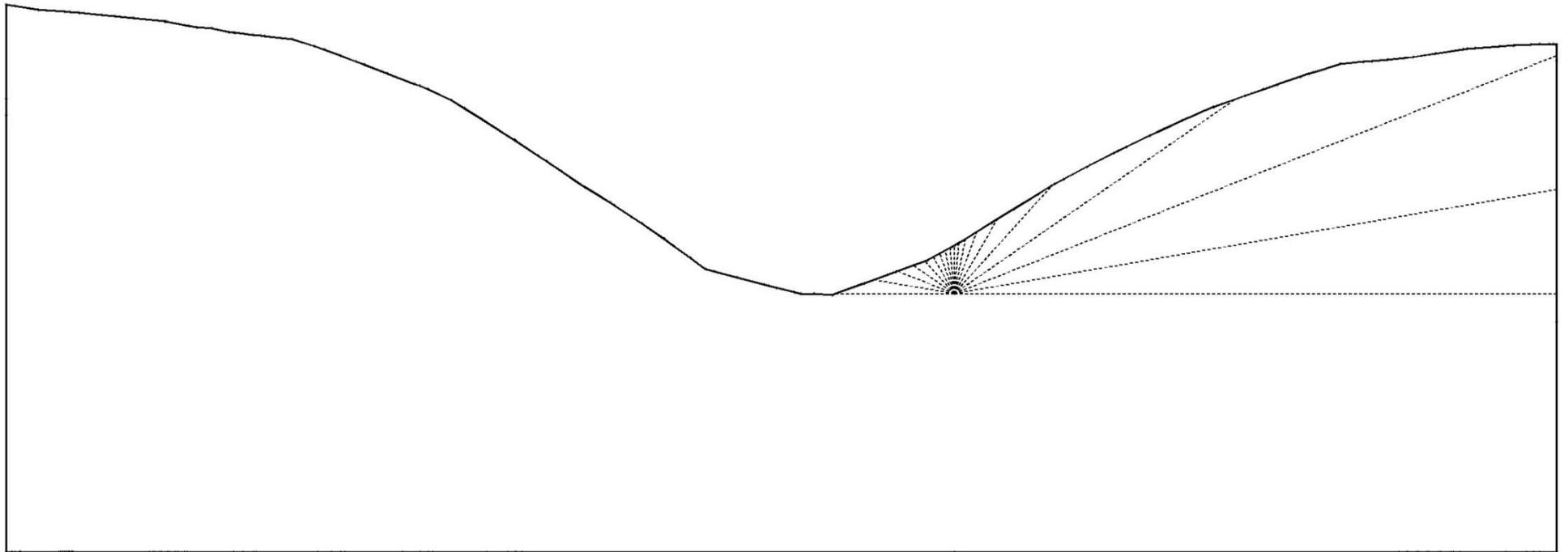
SEC_AZ_110_158.57	
 1 : 2500	
PROYECTO	LABCHICO
FECHA	04/AGOSTO/2019
UBICACIÓN	MINERAL EL CHICO, HIDALGO
COORDENADAS	E. -290.76; N.-78.76; Z.2227.92
ESCALA	1:2500
ELAVORO	IVAN GUSTAVO VALLEJO CASTILLO



SEC_AZ_99.99_170.50



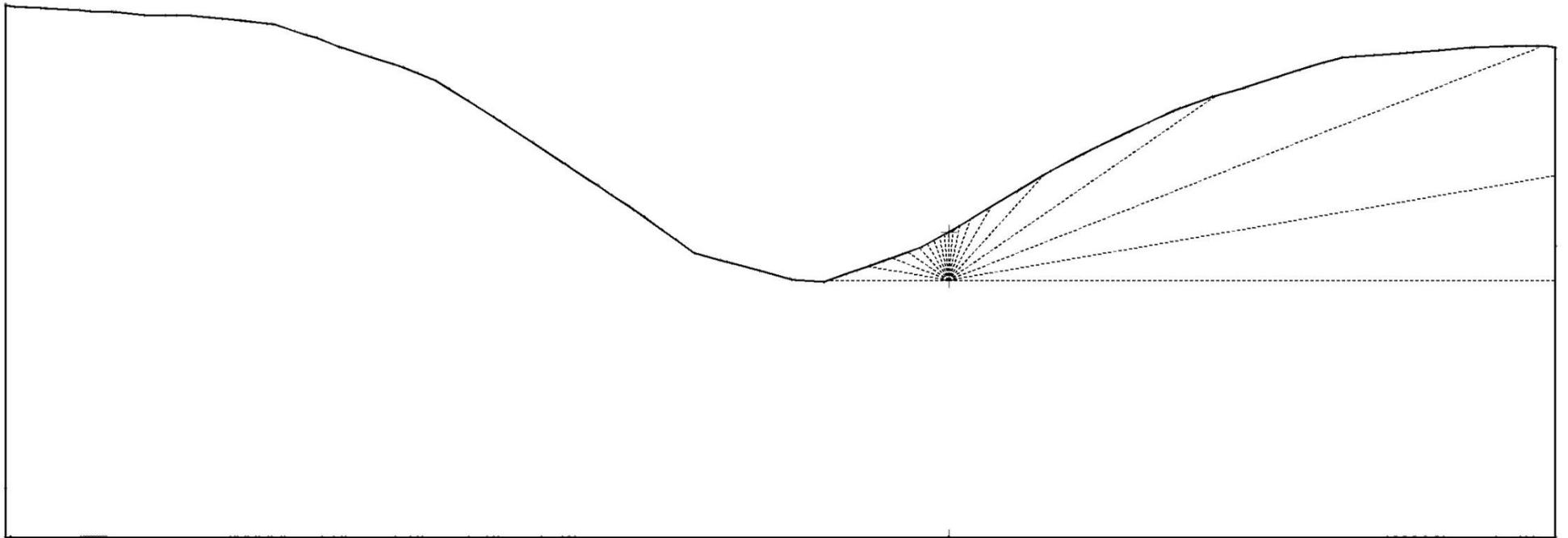
PROYECTO	LABCHICO
FECHA	04AGOSTO2018
UBICACIÓN	MINERAL EL CHICO, HIDALGO
COORDENADAS	E: -230.76; N: -78.76; Z:2227.92
ESCALA	1:3500
ELAVORO	IVAN GUSTAVO VALLEJO CASTILLO



SEC_AZ_70_174.55

1 : 3500

PROYECTO	LABCHICO
FECHA	04AGOSTO2018
UBICACIÓN	MINERAL EL CHICO, HIDALGO
COORDENADAS	E: -230.76; N: -78.76; Z:2227.92
ESCALA	1:3500
ELAVORO	IVAN GUSTAVO VALLEJO CASTILLO

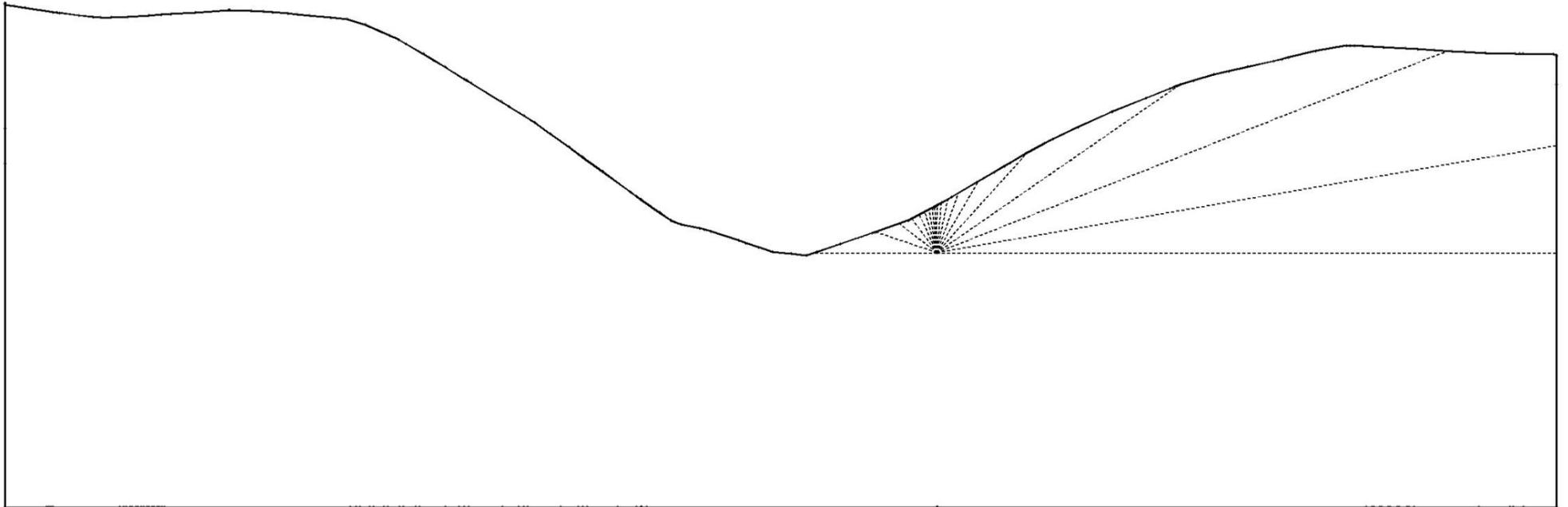


SEC_AZ_66.78_172.11

1 : 3500



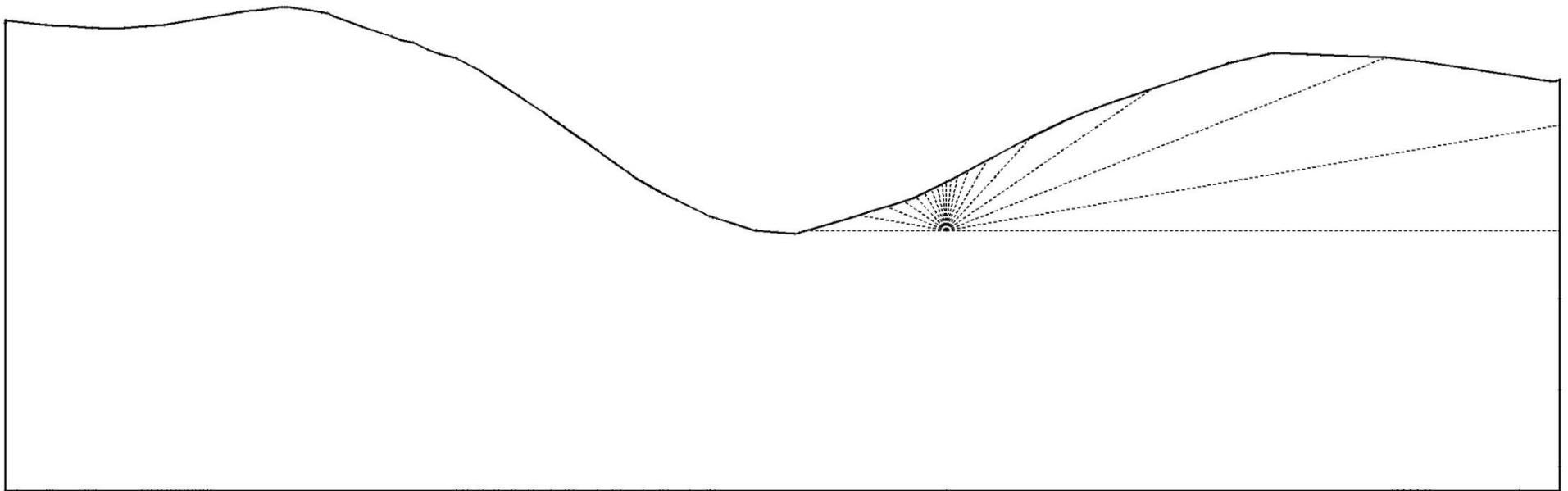
PROYECTO	LABCHICO
FECHA	04/AGOSTO/2019
UBICACIÓN	MINERAL EL CHICO, HIDALGO
COORDENADAS	E: -230.76; N: -78.76; Z: 2227.92
ESCALA	1:3500
ELAVORO	IVAN GUSTAVO VALLEJO CASTILLO



SEC_AZ_59.99_165.18



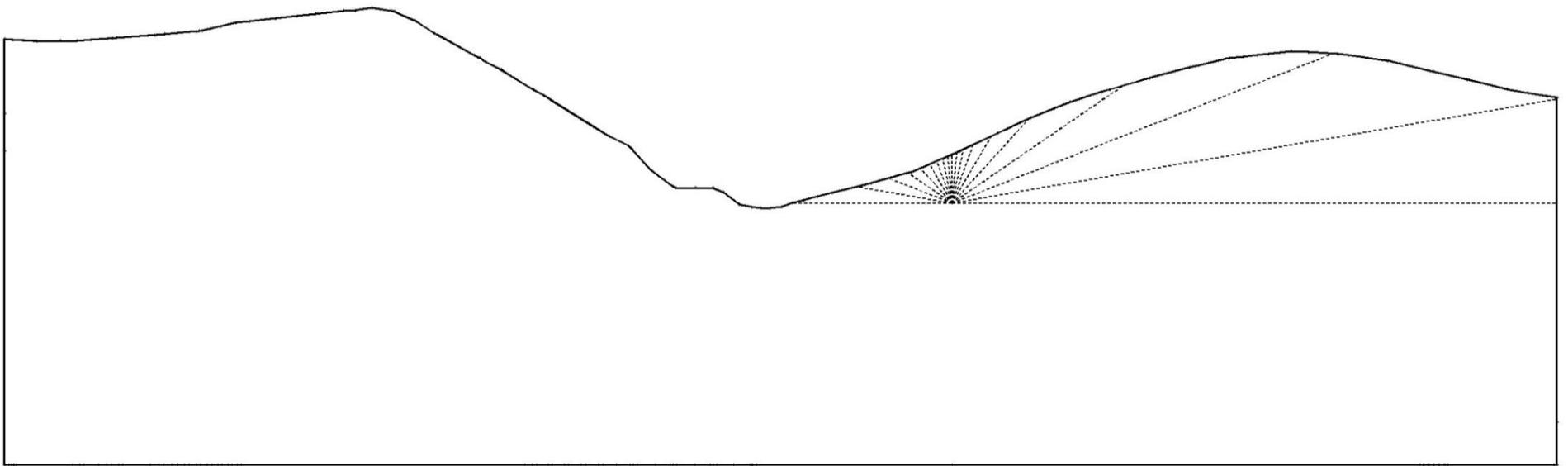
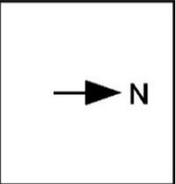
PROYECTO	LABCHICO
FECHA	04/AGOSTO/2019
UBICACIÓN	MINERAL EL CHICO, HIDALGO
COORDENADAS	E: -290.76; N: -78.76; Z: 2227.92
ESCALA	1:3500
ELAVORO	IVAN GUSTAVO VALLEJO CASTILLO



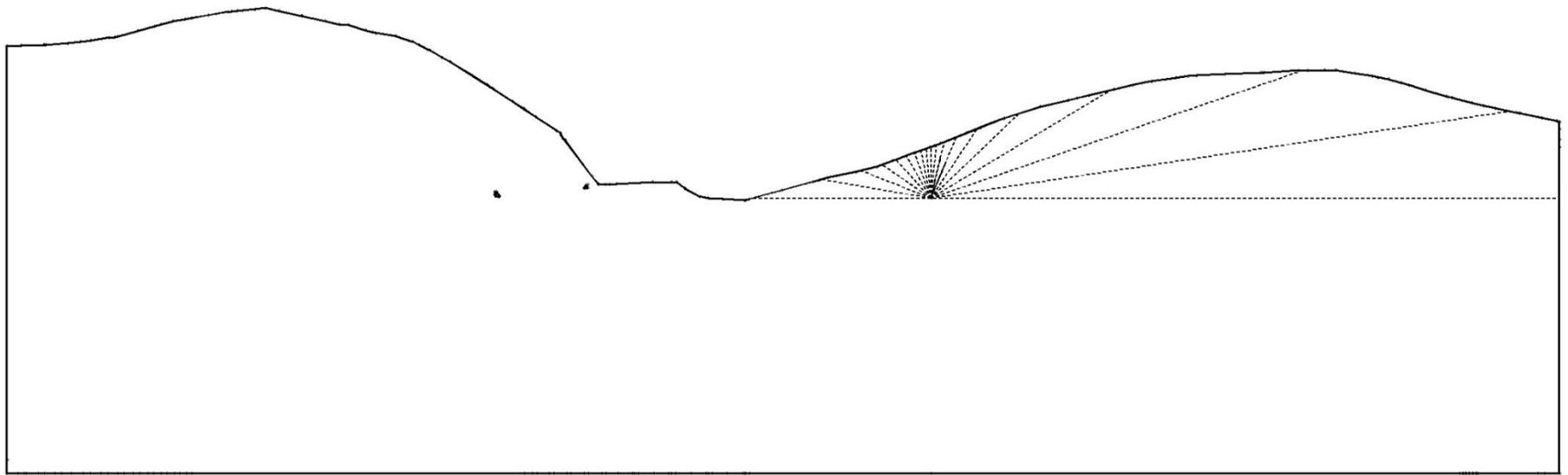
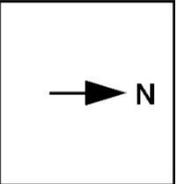
SEC_AZ_50_150.80

1 : 3500

PROYECTO	LABCHICO
FECHA	04AGOSTO/2019
UBICACIÓN	MINERAL EL CHICO, HIDALGO
COORDENADAS	E: -230.76; N: -78.76; Z: 2227.82
ESCALA	1:3500
ELAVORO	IVAN GUSTAVO VALLEJO CASTILLO



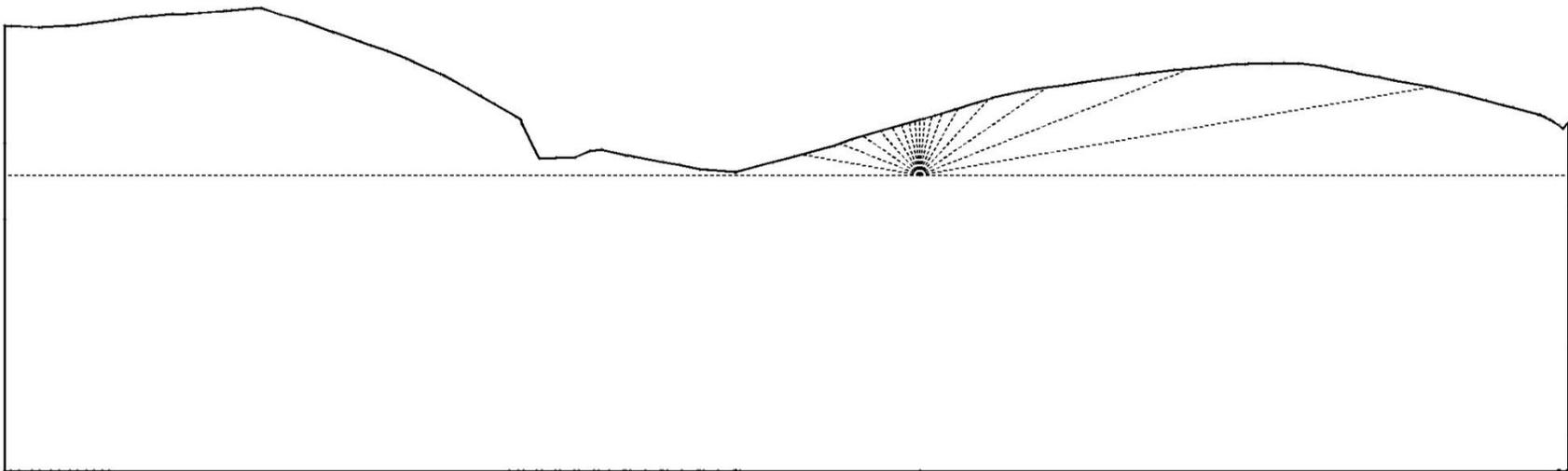
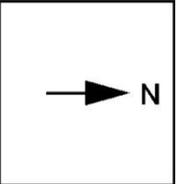
SEC_AZ_40_-131.83	
 1 : 3500	
PROYECTO	LABCHICO
FECHA	04AGOSTO2019
UBICACIÓN	MINERAL EL CHICO, HIDALGO
COORDENADAS	E: -230.78; N: -78.76; Z: 2227.82
ESCALA	1:3500
ELAVORO	IVAN GUSTAVO VALLEJO CASTILLO



SEC_AZ_30_108.86

1 : 3500

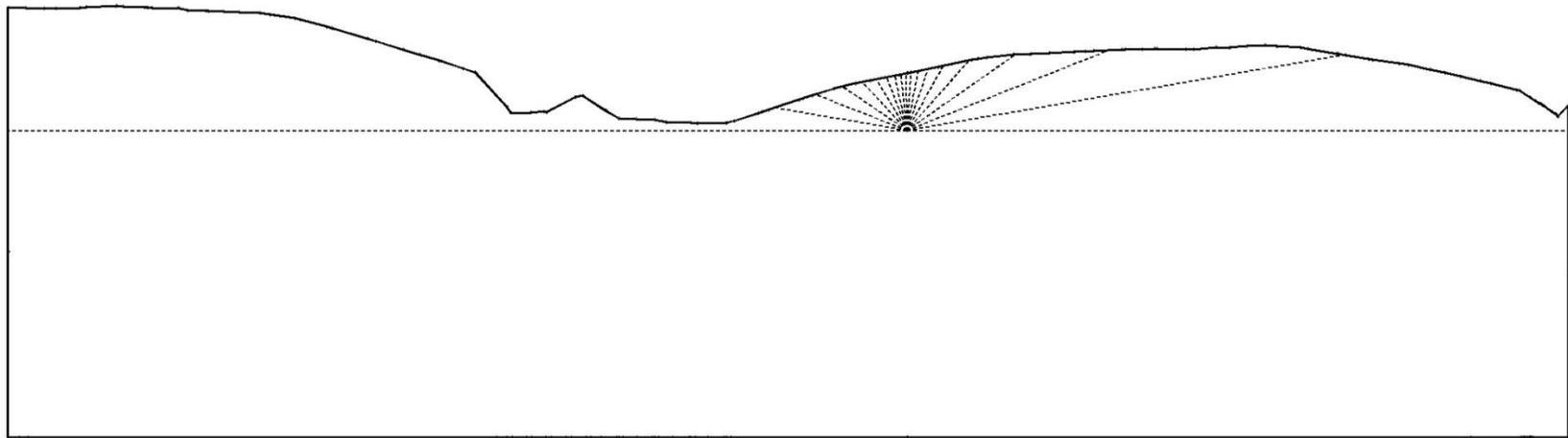
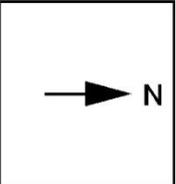
PROYECTO	LABCHICO
FECHA	04AGOSTO/2019
UBICACIÓN	MINERAL EL CHICO, HIDALGO
COORDENADAS	E: -230.76; N: -78.76; Z: 2227.82
ESCALA	1:3500
ELAVORO	IVAN GUSTAVO VALLEJO CASTILLO



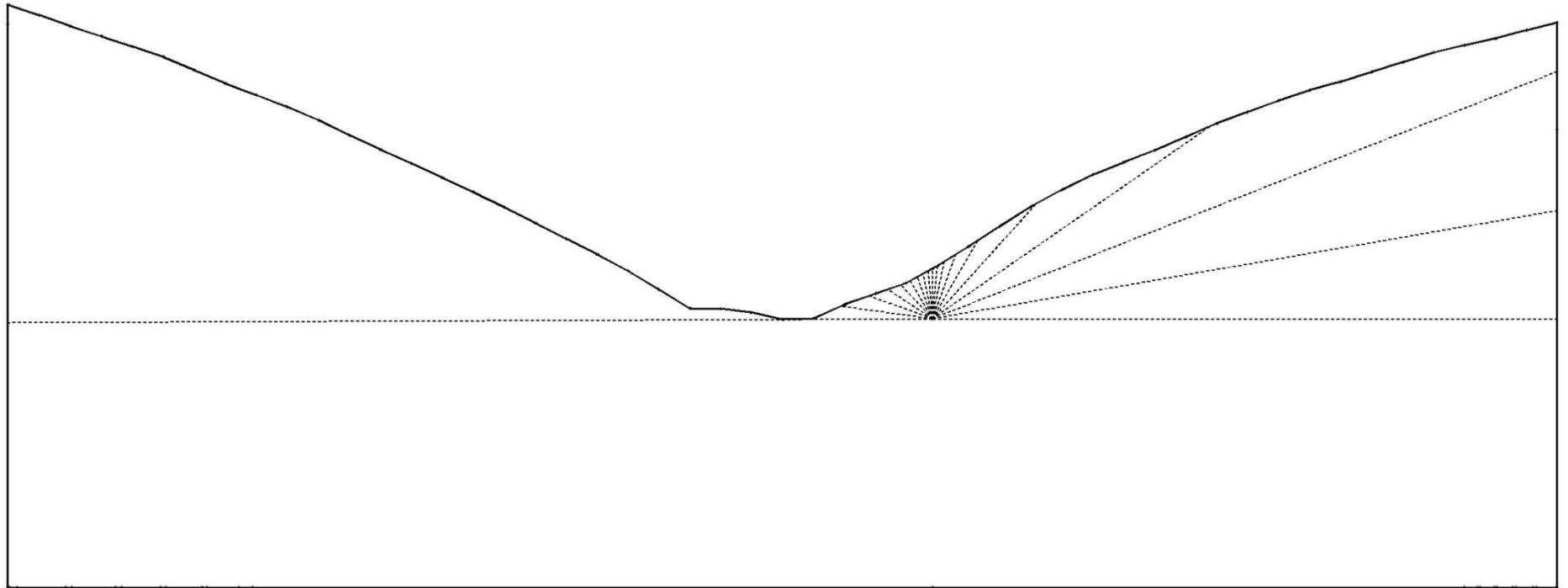
SEC_AZ_20_-82.58

1 : 3500

PROYECTO	LABCHICO
FECHA	04AGOSTO/2019
UBICACIÓN	MINERAL EL CHICO, HIDALGO
COORDENADAS	E: -230.76; N: -78.76; Z: 2227.82
ESCALA	1:3500
ELAVORO	IVAN GUSTAVO VALLEJO CASTILLO



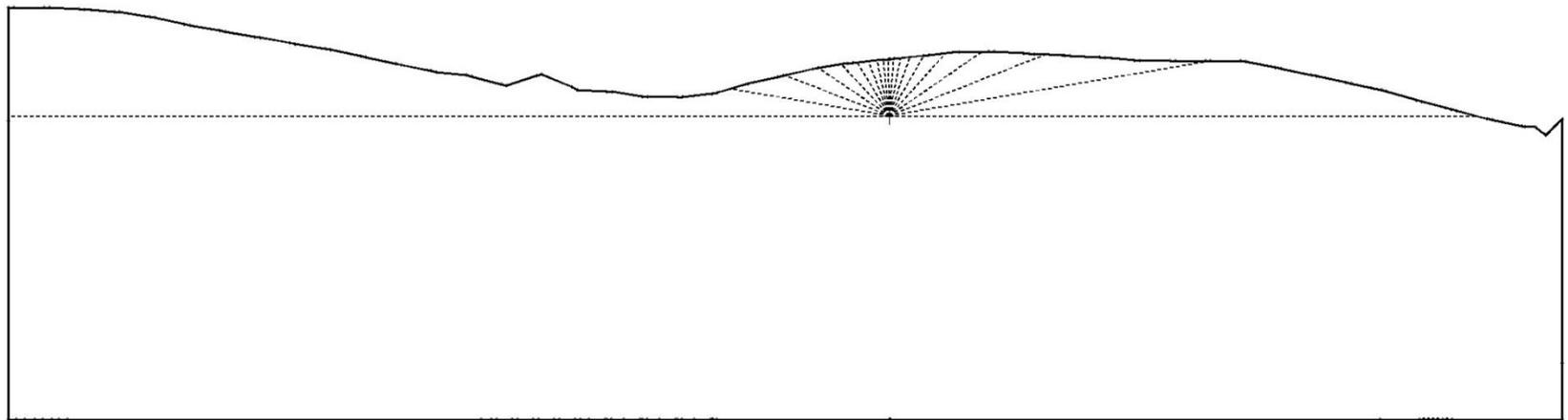
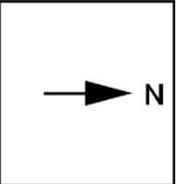
SEC_AZ_9.99_-53.78	
PROYECTO	LABCHICO
FECHA	04AGOSTO2019
UBICACIÓN	MINERAL EL CHICO, HIDALGO
COORDENADAS	E: -230.76; N: -78.76; Z:2227.92
ESCALA	1:3500
ELAVORO	IVAN GUSTAVO VALLEJO CASTILLO



SEC_N_177.25⁰⁰⁰

1 : 3500

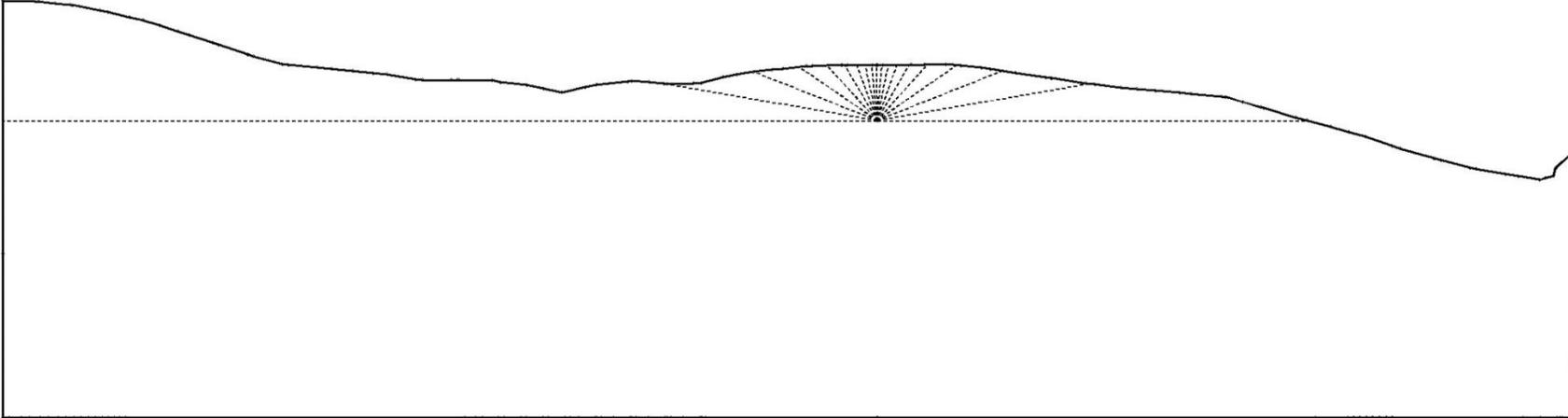
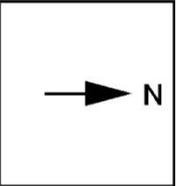
PROYECTO	LABCHICO
FECHA	04AGOSTO2019
UBICACIÓN	MINERAL EL CHICO, HIDALGO
COORDENADAS	E: -230.76; N: -78.76; Z:2227.92
ESCALA	1:3500
ELAVORO	IVAN GUSTAVO VALLEJO CASTILLO



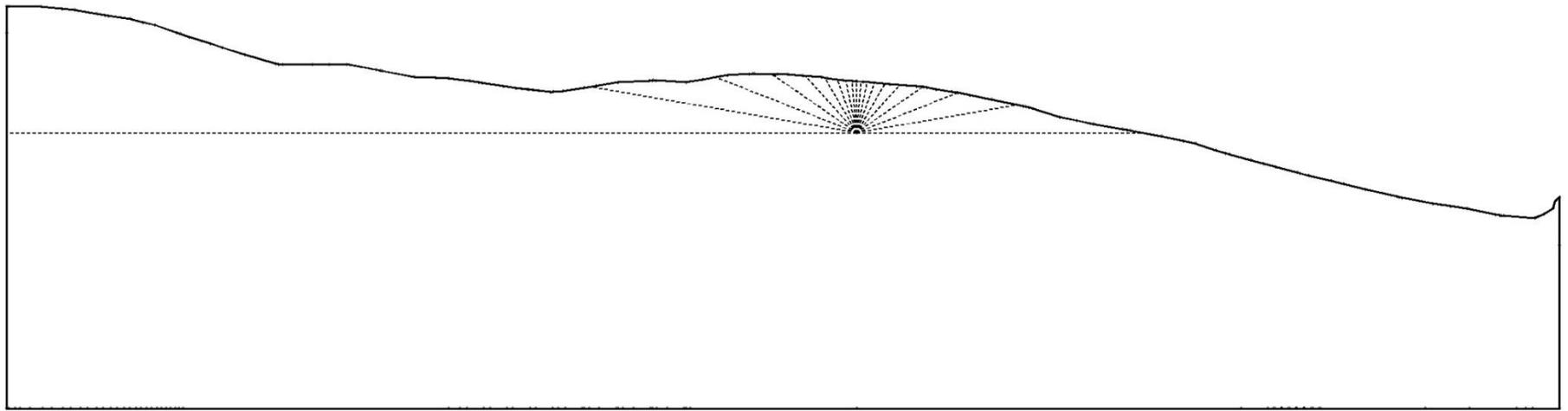
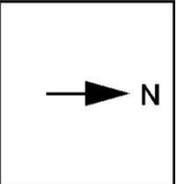
SEC_E_-23.36

1 : 3500

PROYECTO	LABCHICO
FECHA	04/AGOSTO/2018
UBICACIÓN	MINERAL EL CHICO, HIDALGO
COORDENADAS	E: -230.76; N: -78.76; Z: 2227.92
ESCALA	1:3500
ELAVORO	IVAN GUSTAVO VALLEJO CASTILLO



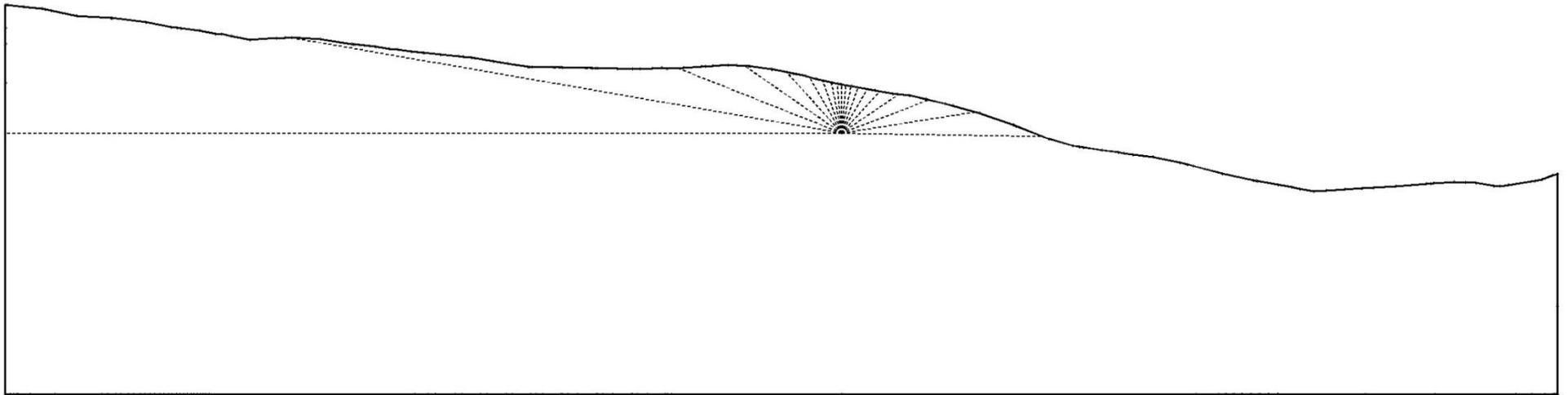
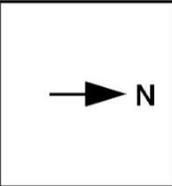
SEC_AZ_350_7.78	
 1 : 3500	
PROYECTO	LABCHICO
FECHA	04AGOSTO2019
UBICACIÓN	MINERAL EL CHICO, HIDALGO
COORDENADAS	E. -290.76; N.-78.76; Z.2227.92
ESCALA	1:3500
ELAVORO	IVAN GUSTAVO VALLEJO CASTILLO



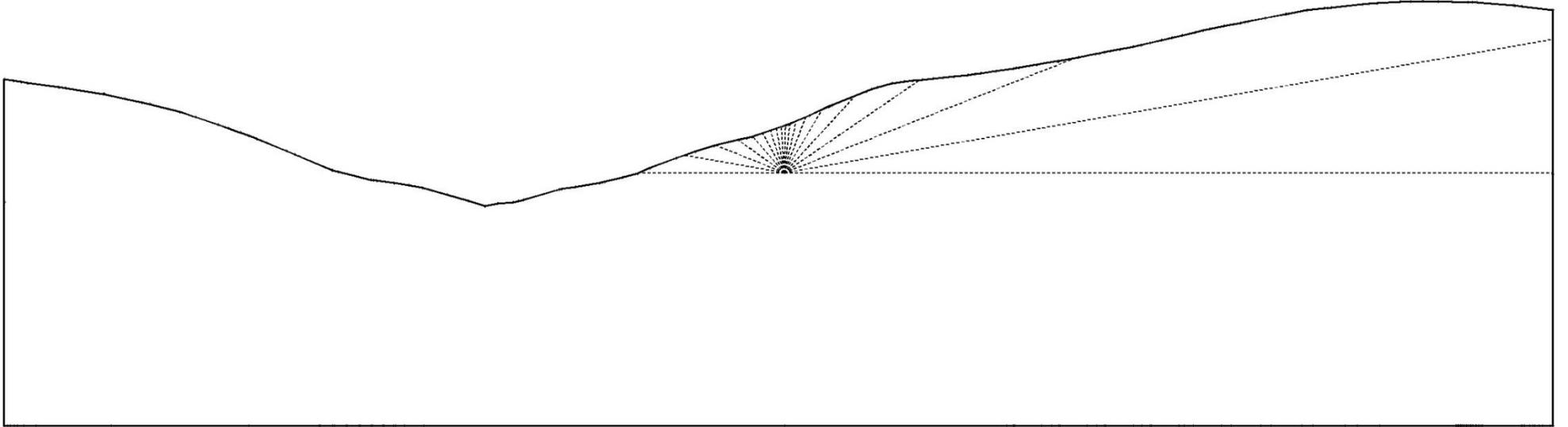
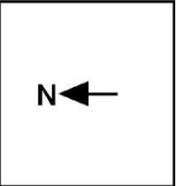
SEC_AZ_340_38.68



PROYECTO	LABCHICO
FECHA	04AGOSTO2019
UBICACIÓN	MINERAL EL CHICO, HIDALGO
COORDENADAS	E: -290.76; N: -78.76; Z: 2227.92
ESCALA	1:3500
ELAVORO	IVAN GUSTAVO VALLEJO CASTILLO



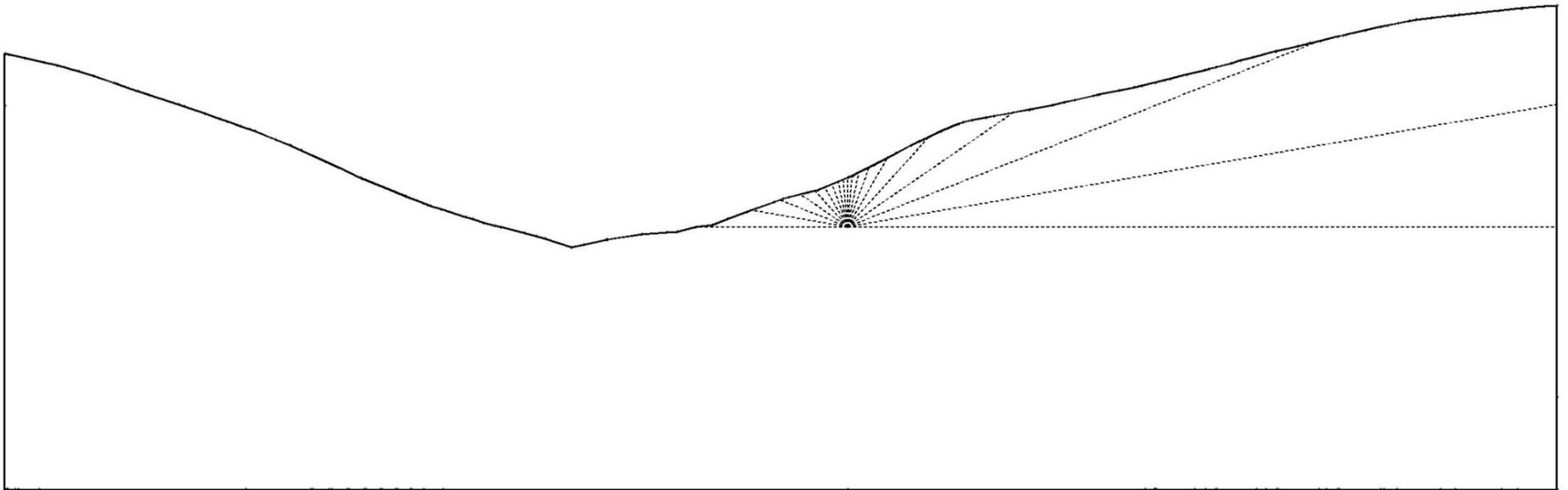
SEC_AZ_329.99_68.40	
 1 : 3500	
PROYECTO	LABCHICO
FECHA	04AGOSTO2019
UBICACIÓN	MINERAL EL CHICO, HIDALGO
COORDENADAS	E: -230.76; N: -78.76; Z: 2227.82
ESCALA	1:3500
ELAVORO	IVAN GUSTAVO VALLEJO CASTILLO



SEC_AZ_129.99_120.77



PROYECTO	LABCHICO
FECHA	04AGOSTO2018
UBICACIÓN	MINERAL EL CHICO, HIDALGO
COORDENADAS	E: -230.76; N: -78.76; Z:2227.92
ESCALA	1:3500
ELAVORO	IVAN GUSTAVO VALLEJO CASTILLO



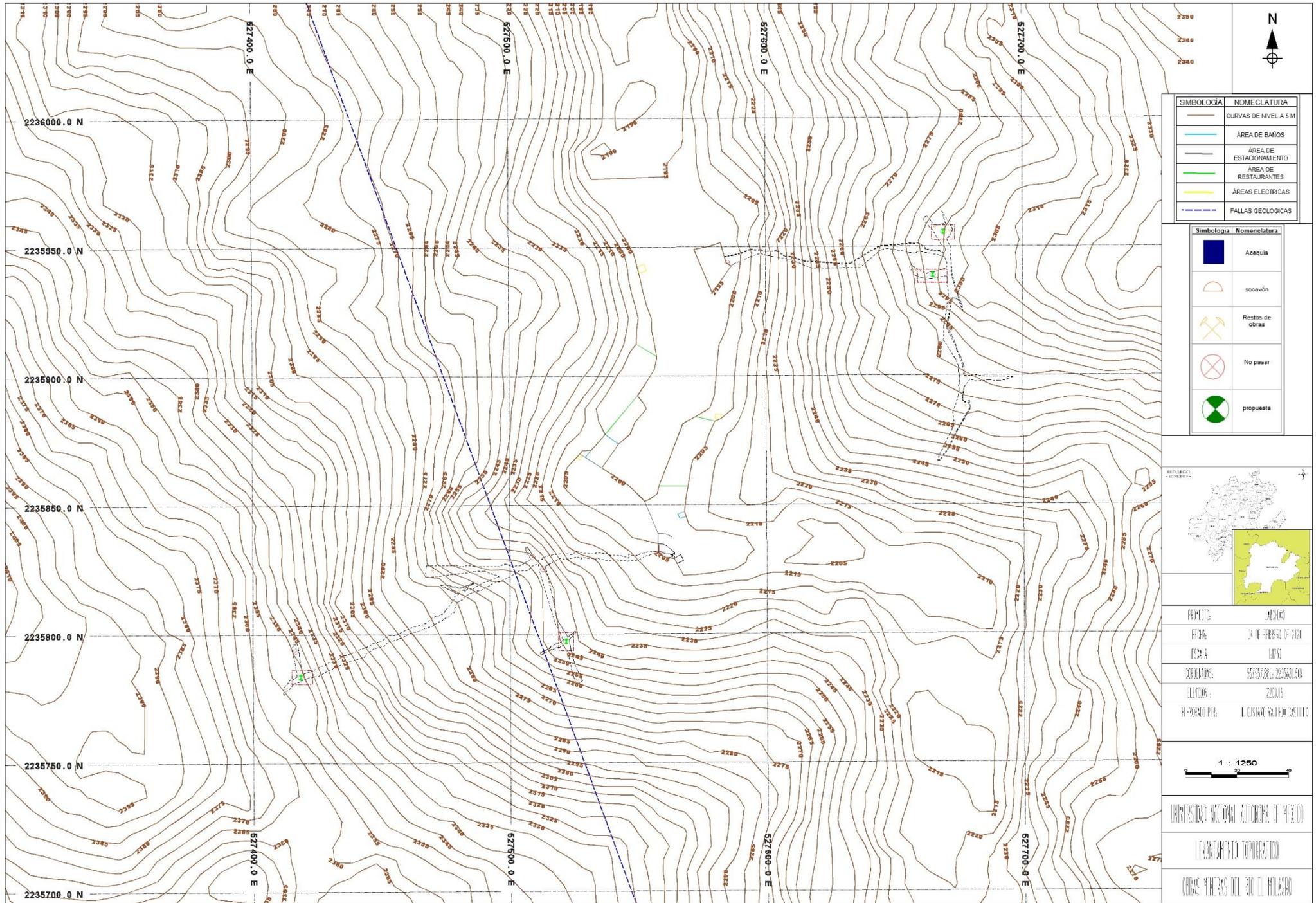
SEC_AZ_119.99_141.83



PROYECTO	LABCHICO
FECHA	04/AGOSTO/2019
UBICACIÓN	MINERAL EL CHICO, HIDALGO
COORDENADAS	E: -230.76; N: -78.76; Z: 2227.92
ESCALA	1:3500
ELAVORO	IVAN GUSTAVO VALLEJO CASTILLO

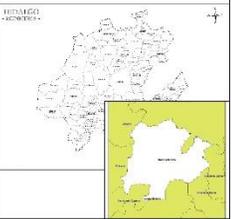
PLANOS

Se presentan los planos realizados para el trabajo y para el proyecto LABChico.

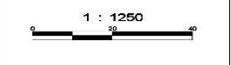


SIMBOLOGÍA	NOMECLATURA
	CURVAS DE NIVEL A 5 M
	ÁREA DE BAÑOS
	ÁREA DE ESTACIONAMIENTO
	ÁREA DE RESTAURANTES
	ÁREAS ELÉCTRICAS
	FALLAS GEOLÓGICAS

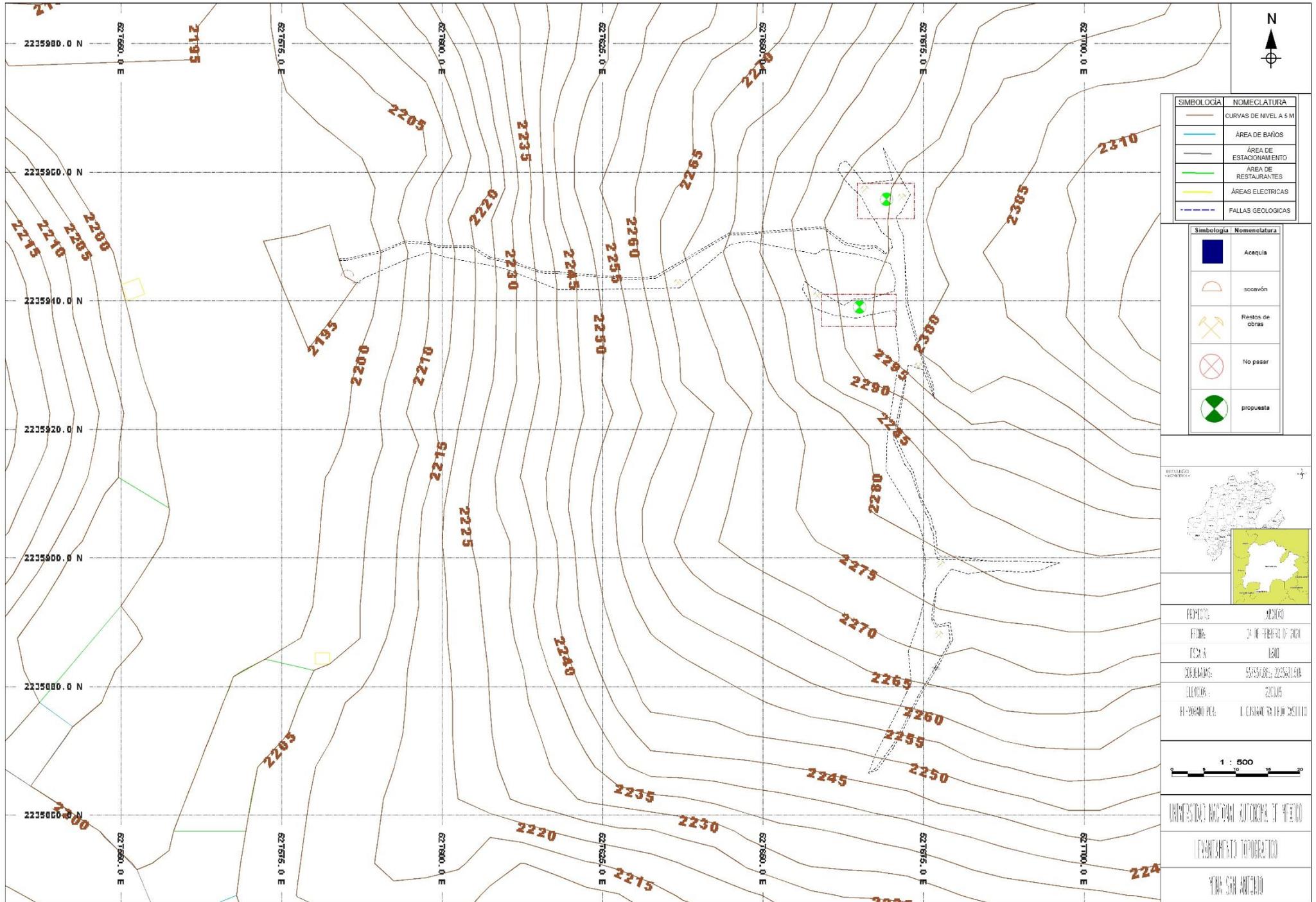
Simbología	Nomenclatura
	Acaquia
	scoavón
	Restos de obras
	No pasar
	propuesta



PROYECTO:	ACQUEDUCO
FECHA:	24 DE FEBRERO DE 2014
ESCALA:	1:1000
COORDENADAS:	5545500E, 2235650N
ELEVACION:	2200M
ELABORADO POR:	I. CANTARIN ZAIBAN CASTILLO

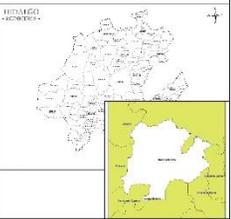


UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
 INSTITUTO TECNOLÓGICO
 ORGANIZACIÓN DEL TER. DEL PAISAJE

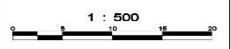


SIMBOLOGIA	NOMECLATURA
	CURVAS DE NIVEL A 5 M
	ÁREA DE BAÑOS
	ÁREA DE ESTACIONAMIENTO
	ÁREA DE RESTAURANTES
	ÁREAS ELÉCTRICAS
	FALLAS GEOLOGICAS

Simbología	Nomenclatura
	Acequia
	scoavón
	Restos de obras
	No pasar
	propuesta



PROYECTO:	ALCANTARILLO
FECHA:	24 DE FEBRERO DE 2014
ESCALA:	1:500
COORDENADAS:	ESPAÑOLAS UTM 28Q UTM
ELEVACION:	2200 M
HEMBRADO PCL:	1. CANTARILLO DE SAN ANTONIO



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
 INSTITUTO TECNOLÓGICO
 CENSA SAN ANTONIO

IX. ANEXO 2

Este anexo pretende presentar las tablas de las distancias, así como las tablas del análisis que se realizó.

MINA GUADALUPE.

PRIMERA PROPUESTA

Se presentan a continuación las tablas con las distancias de las secciones que corresponden a la primera propuesta ubicada dentro del primer cruce del túnel:

SEC_AZ_110.00_-80.68		SEC_AZ_20.00_-107.41		SEC_AZ_90.00_-123.58		SEC_AZ_10.00_-119.79		SEC_AZ_40.00_-73.34	
Grados	Distancia [m]	Grados	Distancia [m]						
0	424.78	0	118.13	0	530.88	0	130.3	0	576.45
10	164.96	10	70.46	10	539.22	10	69.19	10	68.65
20	94.73	20	54.45	20	534.28	20	62.95	20	53.12
30	75.84	30	54.35	30	112.42	30	59.19	30	54.41
40	65.81	40	56.64	40	81.95	40	56.57	40	52.55
50	67.37	50	53.76	50	71.58	50	56.38	50	51.18
60	60.23	60	53.19	60	66.8	60	54.92	60	52.47
70	60.77	70	54.37	70	64.67	70	55.42	70	55.37
80	62.09	80	60.04	80	63.84	80	60.28	80	52.27
90	63.74	90	63.73	90	63.75	90	63.72	90	63.74
100	65.98	100	69.52	100	64.82	100	69.23	100	69.99
110	69.82	110	78.36	110	65.85	110	77.76	110	80.21
120	76.64	120	92.99	120	68.53	120	90.94	120	98.86
130	87.61	130	120.85	130	73.84	130	117.36	130	125.2
140	118.17	140	156.71	140	84.55	140	149.52	140	170.86
150	242.89	150	192.97	150	107.3	150	189.56	150	212.13
160	467.73	160	237.02	160	143.28	160	224.89	160	291.71
170	440.15	170	229.06	170	282.02	170	218.34	170	281.17
180	433.37	180	227.14	180	278.59	180	216.76	180	278.61

SEC_AZ_50.00_52.68		SEC_AZ_60.00_30.42		SEC_AZ_70.00_7.26		SEC_AZ_80.00_-16.16		SEC_AZ_100.00_-60.82	
Grados	Distancia [m]	Grados	Distancia [m]	Grados	Distancia [m]	Grados	Distancia [m]	Grados	Distancia [m]
0	556.31	0	515.15	0	480.04	0	458.04	0	455.99
10	71.03	10	75.75	10	482.56	10	460.96	10	460.92
20	54.95	20	58.58	20	68.84	20	84.01	20	93.56
30	54.51	30	57.45	30	62.13	30	73.55	30	76.71
40	53.12	40	54.83	40	61.35	40	65.38	40	66.83
50	51.2	50	52.15	50	55.52	50	57.14	50	61.07
60	52.24	60	52.31	60	53.28	60	54.76	60	58.04
70	55.06	70	54.99	70	53.25	70	54.68	70	58.42
80	59.12	80	58.98	80	59.32	80	60.03	80	61.64
90	63.75	90	63.74	90	63.73	90	63.73	90	63.77
100	69.43	100	69.72	100	70.23	100	68.68	100	66.89
110	78.56	110	79.73	110	81.49	110	77.03	110	72.23
120	94.8	120	97.65	120	101.04	120	92.03	120	81.89
130	115.55	130	123.59	130	137.56	130	116.88	130	98.35
140	151.23	140	166.96	140	179.58	140	171.3	140	148.23
150	195.98	150	204.17	150	241.2	150	241.67	150	286.7
160	237.95	160	279.25	160	360.79	160	361.09	160	441.89
170	316.32	170	325.75	170	345.27	170	379.57	170	419.09
180	307.89	180	316.18	180	336.99	180	367.49	180	413.51

SEC_AZ_120.00_-98.08		SEC_AZ_130.00_-112.53		SEC_AZ_320.00_-123.57		SEC_AZ_330.00_-130.85		SEC_AZ_340.00_134.16	
Grados	Distancia [m]	Grados	Distancia [m]	Grados	Distancia [m]	Grados	Distancia [m]	Grados	Distancia [m]
0	395.3	0	332.08	0	530.88	0	556.63	0	570.81
10	401.63	10	337.41	10	539.23	10	562.73	10	252.34
20	103.69	20	117.13	20	234.35	20	191.38	20	117.95
30	80.87	30	88.06	30	112.32	30	106.23	30	80.62
40	68.82	40	73.2	40	81.75	40	81.26	40	71.19
50	63.36	50	66.71	50	71.57	50	70.84	50	67.7
60	62.06	60	64.1	60	66.77	60	65.84	60	63.28
70	62.16	70	63.59	70	64.67	70	63.67	70	61.45
80	62.74	80	63.42	80	63.84	80	63.16	80	62.35
90	63.73	90	63.73	90	63.75	90	63.75	90	63.79
100	65.7	100	64.51	100	64.15	100	64.8	100	65.92
110	67.85	110	66.25	110	64.96	110	66.28	110	68.74
120	72.68	120	69.48	120	66.51	120	68.57	120	73.93
130	81.41	130	75.89	130	70.58	130	72.79	130	81.63
140	99.52	140	80.24	140	78.91	140	79.93	140	99.15
150	179.97	150	137.63	150	98.28	150	95.63	150	127.97
160	428.97	160	305.84	160	131.28	160	122.37	160	182.79
170	478.22	170	519.4	170	282.93	170	176.72	170	229.69
180	470.22	180	510.67	180	278.6	180	246.42	180	227.02

SEC_AZ_350.00_-133.36		SEC_E_-128.53		SEC_N_-39.08	
Grados	Distancia [m]	Grados	Distancia [m]	Grados	Distancia [m]
0	298.46	0	246.11	0	451.08
10	143.62	10	107.33	10	454.96
20	102.87	20	73.68	20	90.3
30	81.5	30	62.42	30	75.24
40	65.25	40	60.2	40	64.39
50	61.46	50	57.46	50	58.73
60	59.34	60	56.81	60	56.46
70	59.61	70	58.09	70	56.53
80	61.34	80	60.54	80	60.9
90	63.77	90	63.53	90	63.74
100	67.23	100	69.55	100	67.4
110	71.97	110	79.25	110	73.35
120	79.55	120	95.05	120	80.6
130	93.59	130	126.27	130	100.26
140	120	140	151.63	140	136.77
150	151.48	150	200.16	150	219.96
160	219.03	160	218.78	160	339.31
170	218.56	170	214.82	170	411.2
180	216.66	180	213.86	180	393.82

Las distancias son colocadas en una tabla para ser analizadas en conjunto:

	SEC1	SEC2	SEC3	SEC4	SEC5	SEC6	SEC7	SEC8	SEC9	SEC10	SEC11	SEC12	SEC13	SEC14	SEC15	SEC16	SEC17	SEC18
Conjunto de datos																		
0	425	118	531	130	576	556	515	480	458	456	395	332	531	557	571	298	246	451
10	165	70	539	69	69	71	76	483	461	461	402	337	539	563	252	144	107	455
20	95	54	534	63	53	55	59	69	84	94	104	117	234	191	118	103	74	90
30	76	54	112	59	54	55	57	62	74	77	81	88	112	106	81	82	62	75
40	66	57	82	57	53	53	55	61	65	67	69	73	82	81	71	65	60	64
50	67	54	72	56	51	51	52	56	57	61	63	67	72	71	68	61	57	59
60	60	53	67	55	52	52	52	53	55	58	62	64	67	66	63	59	57	56
70	61	54	65	55	55	55	55	53	55	58	62	64	65	64	61	60	58	57
80	62	60	64	60	52	59	59	59	60	62	63	63	64	63	62	61	61	61
90	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64
100	66	70	65	69	70	69	70	70	69	67	66	65	64	65	66	67	70	67
110	70	78	66	78	80	79	80	81	77	72	68	66	65	66	69	72	79	73
120	77	93	69	91	99	95	98	101	92	82	73	69	67	69	74	80	95	81
130	88	121	74	117	125	116	124	138	117	98	81	76	71	73	82	94	126	100
140	118	157	85	150	171	151	167	180	171	148	100	80	79	80	99	120	152	137
150	243	193	107	190	212	196	204	241	242	287	180	138	98	96	128	151	200	220
160	468	237	143	225	292	238	279	361	361	442	429	306	131	122	183	219	219	339
170	440	229	282	218	281	316	326	345	380	419	478	519	283	177	230	219	215	411
180	433	227	279	217	279	308	316	337	367	414	470	511	279	246	227	217	214	394

Después al aplicar la formula presentada en el trabajo tenemos los siguientes resultados:

	Puntuación Z																	
0	3	1	4	1	5	5	4	4	4	4	3	2	4	5	5	2	1	4
10	1	0	4	0	0	0	0	4	4	4	3	2	4	5	2	1	1	4
20	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0
30	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
110	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
120	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
130	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1
140	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1
150	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	0	0	1	1	1	1
160	4	1	1	1	2	1	2	3	3	3	3	2	1	1	1	1	1	2
170	3	1	2	1	2	2	2	2	3	3	4	4	2	1	1	1	1	3
180	3	1	2	1	2	2	2	2	3	3	4	4	2	1	1	1	1	3

Si lo vemos reflejado en la tabla con las distancias en conjunto, se puede eliminar las distancias con menos de 100 metros:

Conjunto de datos																		
0	425	118	531	130	576	556	515	480	458	456	395	332	531	557	571	298	246	451
10	165	70	539	69	69	71	76	483	461	461	402	337	539	563	252	144	107	455
20	95	54	534	63	53	55	59	69	84	94	104	117	234	191	118	103	74	90
30	76	54	112	59	54	55	57	62	74	77	81	88	112	106	81	82	62	75
40	66	57	82	57	53	53	55	61	65	67	69	73	82	81	71	65	60	64
50	67	54	72	56	51	51	52	56	57	61	63	67	72	71	68	61	57	59
60	60	53	67	55	52	52	52	53	55	58	62	64	67	66	63	59	57	56
70	61	54	65	55	55	55	55	53	55	58	62	64	65	64	61	60	58	57
80	62	60	64	60	52	59	59	59	60	62	63	63	64	63	62	61	61	61
90	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64
100	66	70	65	69	70	69	70	70	69	67	66	65	64	65	66	67	70	67
110	70	78	66	78	80	79	80	81	77	72	68	66	65	66	69	72	79	73
120	77	93	69	91	99	95	98	101	92	82	73	69	67	69	74	80	95	81
130	88	121	74	117	125	116	124	138	117	98	81	76	71	73	82	94	126	100
140	118	157	85	150	171	151	167	180	171	148	100	80	79	80	99	120	152	137
150	243	193	107	190	212	196	204	241	242	287	180	138	98	96	128	151	200	220
160	468	237	143	225	292	238	279	361	361	442	429	306	131	122	183	219	219	339
170	440	229	282	218	281	316	326	345	380	419	478	519	283	177	230	219	215	411
180	433	227	279	217	279	308	316	337	367	414	470	511	279	246	227	217	214	394

SEGUNDA PROPUESTA

Se presentan a continuación las tablas con las distancias de las secciones que corresponden:

SEC_N_-78.75		SEC_AZ_130.00_-208.00		SEC_AZ_50.00_88.00		SEC_AZ_9.99_-213.59		SEC_AZ_350.00_-240.00		SEC_E_-230.76	
Grados	Distancia [m]	Grados	Distancia [m]	Grados	Distancia [m]	Grados	Distancia [m]	Grados	Distancia [m]	Grados	Distancia [m]
0	553.32	0	270.29	0	679.48	0	333.2	0	580.87	0	482.46
10	216.83	10	272.51	10	147.62	10	249.97	10	449.84	10	316.21
20	162.37	20	221.34	20	132.87	20	194.38	20	277.65	20	239.94
30	135.75	30	167.47	30	119.4	30	157.97	30	213	30	188.12
40	123.69	40	145.95	40	112.61	40	137.71	40	167.13	40	155.83
50	116.83	50	136.3	50	111.4	50	127.84	50	143.16	50	136.02
60	113.08	60	120.7	60	113.8	60	120.02	60	127.61	60	125.39
70	114.61	70	116.02	70	118.13	70	119.55	70	123.68	70	121.78
80	118.17	80	118.41	80	119.88	80	122.59	80	124.18	80	123.18
90	121.59	90	121.55	90	121.59	90	121.59	90	121.6	90	122.1
100	122.59	100	125.66	100	121.5	100	121.34	100	121.19	100	121.38
110	128.55	110	135.19	110	122.45	110	124.25	110	123.24	110	124.91
120	141.62	120	144.34	120	124.73	120	131.44	120	130.32	120	123.7
130	164.25	130	188.12	130	131.19	130	140.32	130	138.6	130	142.73
140	202.06	140	254.92	140	147.14	140	156.32	140	154.62	140	161.83
150	305.08	150	396.85	150	185.97	150	197.24	150	196.71	150	190.75
160	288.16	160	414.94	160	222.93	160	183.46	160	183.33	160	179.47
170	274.95	170	401.4	170	209.21	170	177.78	170	177.78	170	174.85
180	271.73	180	398.14	180	205.83	180	176.4	180	176.44	180	173.74

SEC_AZ_30.00_-160.46		SEC_AZ_330.00_-239.23		SEC_AZ_60.00_47.17		SEC_AZ_99.99_-117.61		SEC_AZ_20.00_-184.91		SEC_AZ_320_-227.40	
Grados	Distancia [m]	Grados	Distancia [m]	Grados	Distancia [m]	Grados	Distancia [m]	Grados	Distancia [m]	Grados	Distancia [m]
0	646.19	0	499.12	0	629.21	0	524.01	0	319.63	0	462.38
10	171.63	10	503.6	10	155.71	10	528.78	10	194.39	10	466.48
20	142.7	20	494.76	20	134.78	20	181.66	20	158.28	20	483.41
30	125.57	30	273.61	30	120.84	30	148.64	30	137.13	30	319.48
40	115.44	40	205.91	40	114.2	40	130.46	40	124.12	40	224.12
50	112.56	50	165.06	50	112.45	50	122.33	50	117.33	50	179.81
60	113.56	60	132.88	60	114.46	60	114.77	60	115.38	60	136.86
70	118.62	70	127.69	70	117.17	70	113.93	70	118.85	70	129.71
80	120.86	80	125.32	80	119.29	80	117.68	80	121.64	80	125.92
90	121.59	90	121.59	90	121.59	90	122.1	90	121.59	90	121.59
100	121.33	100	119.91	100	121.62	100	123.78	100	121.3	100	119.15
110	123.15	110	118.83	110	122.36	110	132.43	110	123.46	110	117.23
120	126.58	120	124.79	120	125.81	120	150.3	120	128.76	120	122.47
130	134.07	130	134.86	130	135.58	130	178.48	130	136.61	130	135.01
140	146.37	140	148.43	140	153.61	140	234.33	140	150.33	140	148.29
150	175.04	150	174.66	150	201.24	150	343.83	150	182.46	150	170.21
160	207.73	160	209.88	160	230.15	160	316.63	160	194.93	160	226.57
170	197.19	170	202.42	170	215.82	170	305.32	170	186.85	170	228.81
180	194.61	180	200.62	180	212.28	180	302.59	180	184.88	180	226.81

SEC_AZ_110.00_-152.93		SEC_AZ_340.00_-243.79		SEC_AZ_69.99_4.93		SEC_AZ_40.00_-126.15		SEC_AZ_80.00_-37.49		SEC_AZ_120.00_-183.53	
Grados	Distancia [m]	Grados	Distancia [m]	Grados	Distancia [m]	Grados	Distancia [m]	Grados	Distancia [m]	Grados	Distancia [m]
0	466.4	0	544.44	0	588.86	0	215.92	0	561.86	0	347.48
10	469.27	10	548.99	10	168.96	10	155.07	10	190.6	10	349.96
20	207.24	20	550.82	20	140.37	20	135.1	20	150.05	20	222.06
30	168.29	30	240.89	30	124.72	30	120.35	30	129.77	30	167.7
40	143.83	40	186.85	40	117.12	40	112.96	40	120.37	40	146.38
50	129.58	50	153.62	50	113.94	50	110.85	50	115.58	50	133.71
60	118.98	60	131.94	60	114.37	60	113.28	60	113.52	60	119.84
70	113.76	70	125.84	70	116.22	70	118.26	70	115.39	70	114.72
80	117.03	80	125.08	80	119.01	80	120.37	80	118.61	80	117.62
90	121.59	90	121.58	90	121.59	90	121.59	90	121.59	90	121.59
100	125.7	100	120.76	100	121.76	100	121.4	100	121.96	100	125.62
110	139.09	110	120.7	110	123.4	110	122.7	110	125.72	110	135.36
120	161.06	120	128.61	120	129.29	120	125.38	120	124.72	120	154.21
130	202.52	130	135.55	130	142.82	130	132.66	130	152.12	130	196.74
140	298.29	140	149.32	140	164.78	140	144.61	140	180.14	140	257.52
150	355.26	150	179.76	150	219.16	150	178.71	150	254.2	150	390.31
160	334.89	160	193.21	160	244.61	160	270.76	160	268.39	160	365.05
170	326.56	170	186.49	170	229.86	170	208.08	170	253.88	170	354.67
180	324.56	180	184.86	180	226.22	180	204.96	180	250.32	180	352.17

Las distancias son colocadas en una tabla para ser analizadas en conjunto:

	SEC1	SEC2	SEC3	SEC4	SEC5	SEC6	SEC7	SEC8	SEC9	SEC10	SEC11	SEC12	SEC13	SEC14	SEC15	SEC16	SEC17	SEC18
Conjunto de Datos																		
0	553	270	679	333	581	482	646	499	629	524	320	462	466	544	589	216	562	347
10	217	273	148	250	450	316	172	504	156	529	194	466	469	549	169	155	191	350
20	162	221	133	194	278	240	143	495	135	182	158	483	207	551	140	135	150	222
30	136	167	119	158	213	188	126	274	121	149	137	319	168	241	125	120	130	168
40	124	146	113	138	167	156	115	206	114	130	124	224	144	187	117	113	120	146
50	117	136	111	128	143	136	113	165	112	122	117	180	130	154	114	111	116	134
60	113	121	114	120	128	125	114	133	114	115	115	137	119	132	114	113	114	120
70	115	116	118	120	124	122	119	128	117	114	119	130	114	126	116	118	115	115
80	118	118	120	123	124	123	121	125	119	118	122	126	117	125	119	120	119	118
90	122	122	122	122	122	122	122	122	122	122	122	122	122	122	122	122	122	122
100	123	126	122	121	121	121	121	120	122	124	121	119	126	121	122	121	122	126
110	129	135	122	124	123	125	123	119	122	132	123	117	139	121	123	123	126	135
120	142	144	125	131	130	124	127	125	126	150	129	122	161	129	129	125	125	154
130	164	188	131	140	139	143	134	135	136	178	137	135	203	136	143	133	152	197
140	202	255	147	156	155	162	146	148	154	234	150	148	298	149	165	145	180	258
150	305	397	186	197	197	191	175	175	201	344	182	170	355	180	219	179	254	390
160	288	415	223	183	183	179	208	210	230	317	195	227	335	193	245	271	268	365
170	275	401	209	178	178	175	197	202	216	305	187	229	327	186	230	208	254	355
180	272	398	206	176	176	174	195	201	212	303	185	227	325	185	226	205	250	352

Después al aplicar la formula presentada en el trabajo tenemos los siguientes resultados:

Puntuación Z																		
0	5	2	6	3	5	4	6	4	6	5	3	4	4	5	5	2	5	3
10	2	2	1	2	4	3	1	5	1	5	1	4	4	5	1	1	1	3
20	1	2	1	1	2	2	1	4	1	1	1	4	2	5	1	1	1	2
30	1	1	1	1	2	1	1	2	1	1	1	3	1	2	1	1	1	1
40	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1
50	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
60	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
70	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
80	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
90	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
100	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
110	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
120	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
130	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1
140	2	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1	2
150	3	3	1	1	1	1	1	1	2	3	1	1	3	1	2	1	2	3
160	2	4	2	1	1	1	2	2	2	3	1	2	3	1	2	2	2	3
170	2	4	2	1	1	1	1	2	2	3	1	2	3	1	2	2	2	3
180	2	3	2	1	1	1	1	2	2	3	1	2	3	1	2	2	2	3

Si lo vemos reflejado en la tabla con las distancias en conjunto, se puede eliminar las distancias con menos de 100 metros:

Conjunto de datos																		
0	553	270	679	333	581	482	646	499	629	524	320	462	466	544	589	216	562	347
10	217	273	148	250	450	316	172	504	156	529	194	466	469	549	169	155	191	350
20	162	221	133	194	278	240	143	495	135	182	158	483	207	551	140	135	150	222
30	136	167	119	158	213	188	126	274	121	149	137	319	168	241	125	120	130	168
40	124	146	113	138	167	156	115	206	114	130	124	224	144	187	117	113	120	146
50	117	136	111	128	143	136	113	165	112	122	117	180	130	154	114	111	116	134
60	113	121	114	120	128	125	114	133	114	115	115	137	119	132	114	113	114	120
70	115	116	118	120	124	122	119	128	117	114	119	130	114	126	116	118	115	115
80	118	118	120	123	124	123	121	125	119	118	122	126	117	125	119	120	119	118
90	122	122	122	122	122	122	122	122	122	122	122	122	122	122	122	122	122	122
100	123	126	122	121	121	121	121	120	122	124	121	119	126	121	122	121	122	126
110	129	135	122	124	123	125	123	119	122	132	123	117	139	121	123	123	126	135
120	142	144	125	131	130	124	127	125	126	150	129	122	161	129	129	125	125	154
130	164	188	131	140	139	143	134	135	136	178	137	135	203	136	143	133	152	197
140	202	255	147	156	155	162	146	148	154	234	150	148	298	149	165	145	180	258
150	305	397	186	197	197	191	175	175	201	344	182	170	355	180	219	179	254	390
160	288	415	223	183	183	179	208	210	230	317	195	227	335	193	245	271	268	365
170	275	401	209	178	178	175	197	202	216	305	187	229	327	186	230	208	254	355
180	272	398	206	176	176	174	195	201	212	303	185	227	325	185	226	205	250	352

Se observa que aquí no hay valores que deban eliminar, es la razón por la que se seleccionó, las distancias son mayores a 100 metros.

SEGUNDA PROPUESTA DEFINITIVA

Se presentan a continuación las tablas con las distancias de las secciones que corresponden a la zona de LABChico:

SEC_AZ_9.87_136536.00		SEC_AZ_118.81_2213200.00		SEC_AZ_330.10_1571690.00		SEC_AZ_320.67_1825040.00		SEC_AZ_130.60_2040770.00		SEC_AZ_110.41_2279350.00	
Grados	Distancia [m]	Grados	Distancia [m]	Grados	Distancia [m]	Grados	Distancia [m]	Grados	Distancia [m]	Grados	Distancia [m]
0	336.72	0	692.53	0	663.08	0	732.35	0	781	0	641.02
10	317.56	10	266.43	10	668.14	10	738.1	10	283.19	10	240.3
20	280.97	20	244.82	20	548.08	20	715.51	20	256.53	20	211.46
30	246.25	30	208.48	30	325.34	30	385.23	30	238.02	30	196.37
40	189.22	40	194.34	40	235.5	40	247.39	40	207.92	40	153.07
50	153.96	50	165.55	50	188.4	50	195.89	50	180.83	50	125.67
60	139.81	60	141.31	60	173.72	60	173.7	60	149.96	60	113.99
70	130.1	70	136.96	70	169.01	70	160.06	70	142.43	70	120.59
80	138.38	80	141.54	80	148.57	80	141.9	80	144.99	80	125.21
90	146.21	90	150.57	90	146.61	90	134.7	90	150.07	90	144.02
100	170.4	100	160.78	100	146.05	100	127.34	100	158.35	100	157.79
110	174.47	110	189.57	110	153.06	110	131.74	110	181.44	110	184.02
120	200.29	120	210.53	120	169.46	120	144.46	120	198.95	120	213.3
130	232.8	130	268.12	130	197.67	130	158.04	130	249.07	130	274.33
140	284.86	140	316.02	140	230.89	140	214.45	140	282.83	140	341.22
150	537.75	150	545.93	150	253.33	150	246.79	150	602.36	150	509.15
160	527.9	160	570.97	160	275.12	160	263.53	160	657.26	160	539.73
170	523.89	170	552.99	170	595	170	678.77	170	637.14	170	523.49
180	522.84	180	548.57	180	591.5	180	673.51	180	632.37	180	519.56

SEC_AZ_99.97_2293340.00		SEC_E_527417.00		SEC_AZ_19.91_245406.00		SEC_AZ_29.90_657252.00		SEC_AZ_350.13_902700.00		SEC_AZ_340.59_1240310.00	
Grados	Distancia [m]	Grados	Distancia [m]	Grados	Distancia [m]	Grados	Distancia [m]	Grados	Distancia [m]	Grados	Distancia [m]
0	609.88	0	572.75	0	294.26	0	224.07	0	587.24	0	610.79
10	229.82	10	303.14	10	253.31	10	197.11	10	429.86	10	613.28
20	210.9	20	266.66	20	170.13	20	171.24	20	270.71	20	411.16
30	145.47	30	181.55	30	148.48	30	143.29	30	194.64	30	253.3
40	113.11	40	152.61	40	130.83	40	127.8	40	174.49	40	197.55
50	105.05	50	145.87	50	125.49	50	115.72	50	151.84	50	173.72
60	103.4	60	140.53	60	118.77	60	114.58	60	147.67	60	168
70	112.32	70	133.54	70	116.03	70	120.01	70	137.31	70	158.84
80	125.17	80	136.5	80	130.19	80	137.81	80	136.89	80	149.36
90	144.07	90	145.18	90	145.19	90	149.2	90	142.57	90	147.98
100	156.5	100	151.43	100	153.34	100	157.21	100	145.61	100	147.94
110	191.62	110	164.51	110	175.62	110	181.78	110	160.7	110	159.92
120	222.39	120	174.61	120	165.02	120	181.31	120	172.94	120	177.8
130	275.5	130	196.92	130	190.37	130	185.77	130	206.52	130	204.68
140	333.42	140	220.09	140	195.25	140	213.88	140	220.88	140	222.12
150	537.35	150	252.85	150	234.95	150	301.18	150	254.52	150	250.5
160	513.96	160	329.41	160	568.62	160	617.55	160	347.27	160	312.44
170	498.1	170	519.2	170	550.01	170	600.13	170	526.96	170	546.44
180	494.32	180	514.75	180	545.91	180	596.39	180	522.91	180	542.29

SEC_49.40_1354290.00		SEC_AZ_61.19_1704860.00		SEC_AZ_39.33_1009140.00		SEC_AZ_69.59_1911500.00		SEC_AZ_80.03_2110670.00		SEC_N_2235780.00	
Grados	Distancia [m]	Grados	Distancia [m]	Grados	Distancia [m]	Grados	Distancia [m]	Grados	Distancia [m]	Grados	Distancia [m]
0	136.06	0	143.34	0	203.74	0	143.47	0	611.07	0	601.81
10	115.27	10	119.14	10	178.94	10	122.68	10	133.16	10	223.02
20	107.05	20	113.54	20	134.86	20	114.07	20	115.41	20	158.42
30	97.75	30	109.01	30	114.44	30	109.82	30	104.37	30	121.41
40	95.53	40	102.01	40	102.86	40	102.41	40	100.41	40	106.64
50	98.43	50	101.03	50	100.15	50	100.66	50	98.42	50	102.39
60	97.15	60	100	60	101.64	60	99.28	60	100.27	60	103.12
70	107.05	70	109.91	70	109.45	70	108.66	70	109.42	70	114.7
80	122.55	80	127.16	80	129.3	80	127.88	80	126.42	80	127.26
90	142.67	90	147.95	90	145.32	90	147.87	90	145.51	90	145.24
100	155.78	100	159.97	100	155.75	100	162.46	100	160.12	100	157.58
110	181.69	110	193.62	110	184.81	110	196.23	110	193.38	110	190.12
120	191.33	120	211.78	120	189.81	120	214.48	120	216.11	120	216.67
130	198.78	130	213.31	130	194.69	130	219.97	130	238.13	130	243.66
140	210.04	140	220.66	140	206.33	140	254.62	140	276.3	140	290.73
150	323.5	150	496.2	150	297.56	150	493.83	150	531.99	150	542.34
160	676.48	160	579.52	160	584.46	160	537.89	160	512.65	160	504.73
170	655.64	170	561.45	170	673.03	170	520.76	170	496.96	170	489.3
180	650.72	180	557	180	667.7	180	516.31	180	493.16	180	485.69

Las distancias son colocadas en una tabla para ser analizadas en conjunto:

	SEC1	SEC2	SEC3	SEC4	SEC5	SEC6	SEC7	SEC8	SEC9	SEC10	SEC11	SEC12	SEC13	SEC14	SEC15	SEC16	SEC17	SEC18
Conjunto de Datos																		
0	337	693	663	732	781	641	610	573	294	224	587	611	136	143	204	143	611	602
10	318	266	668	738	283	240	230	303	253	197	430	613	115	119	179	123	133	223
20	281	245	548	716	257	211	211	267	170	171	271	411	107	114	135	114	115	158
30	246	208	325	385	238	196	145	182	148	143	195	253	98	109	114	110	104	121
40	189	194	236	247	208	153	113	153	131	128	174	198	96	102	103	102	100	107
50	154	166	188	196	181	126	105	146	125	116	152	174	98	101	100	101	98	102
60	140	141	174	174	150	114	103	141	119	115	148	168	97	100	102	99	100	103
70	130	137	169	160	142	121	112	134	116	120	137	159	107	110	109	109	109	115
80	138	142	149	142	145	125	125	137	130	138	137	149	123	127	129	128	126	127
90	146	151	147	135	150	144	144	145	145	149	143	148	143	148	145	148	146	145
100	170	161	146	127	158	158	157	151	153	157	146	148	156	160	156	162	160	158
110	174	190	153	132	181	184	192	165	176	182	161	160	182	194	185	196	193	190
120	200	211	169	144	199	213	222	175	165	181	173	178	191	212	190	214	216	217
130	233	268	198	158	249	274	276	197	190	186	207	205	199	213	195	220	238	244
140	285	316	231	214	283	341	333	220	195	214	221	222	210	221	206	255	276	291
150	538	546	253	247	602	509	537	253	235	301	255	251	324	496	298	494	532	542
160	528	571	275	264	657	540	514	329	569	618	347	312	676	580	584	538	513	505
170	524	553	595	679	637	523	498	519	550	600	527	546	656	561	673	521	497	489
180	523	549	592	674	632	520	494	515	546	596	523	542	651	557	668	516	493	486

Después al aplicar la formula presentada en el trabajo tenemos los siguientes resultados:

	SEC1	SEC2	SEC3	SEC4	SEC5	SEC6	SEC7	SEC8	SEC9	SEC10	SEC11	SEC12	SEC13	SEC14	SEC15	SEC16	SEC17	SEC18
Conjunto de Datos																		
0	24	59	56	63	68	54	51	47	19	12	49	51	4	4	10	4	51	50
10	22	17	57	64	18	14	13	20	15	10	33	51	2	2	8	2	3	12
20	18	14	45	62	16	11	11	17	7	7	17	31	1	1	3	1	2	6
30	15	11	23	29	14	10	5	8	5	4	9	15	0	1	1	1	0	2
40	9	9	14	15	11	5	1	5	3	3	7	10	0	0	0	0	0	1
50	5	7	9	10	8	3	1	5	3	2	5	7	0	0	0	0	0	0
60	4	4	7	7	5	1	0	4	2	1	5	7	0	0	0	0	0	0
70	3	4	7	6	4	2	1	3	2	2	4	6	1	1	1	1	1	1
80	4	4	5	4	4	3	3	4	3	4	4	5	2	3	3	3	3	3
90	5	5	5	3	5	4	4	5	5	5	4	5	4	5	5	5	5	5
100	7	6	5	3	6	6	6	5	5	6	5	5	6	6	6	6	6	6
110	7	9	5	3	8	8	9	6	8	8	6	6	8	9	8	10	9	9
120	10	11	7	4	10	11	12	7	7	8	7	8	9	11	9	11	12	12
130	13	17	10	6	15	17	18	10	9	9	11	10	10	11	9	12	14	14
140	18	22	13	11	18	24	23	12	10	11	12	12	11	12	11	15	18	19
150	44	45	15	15	50	41	44	15	13	20	15	15	22	40	20	39	43	44
160	43	47	18	16	56	44	41	23	47	52	25	21	58	48	48	44	41	40
170	42	45	50	58	54	42	40	42	45	50	43	45	56	46	57	42	40	39
180	42	45	49	57	53	42	39	41	45	50	42	44	55	46	57	42	39	39

Si lo vemos reflejado en la tabla con las distancias en conjunto, se puede eliminar las distancias con menos de 100 metros:

Conjunto de Datos																		
0	337	693	663	732	781	641	610	573	294	224	587	611	136	143	204	143	611	602
10	318	266	668	738	283	240	230	303	253	197	430	613	115	119	179	123	133	223
20	281	245	548	716	257	211	211	267	170	171	271	411	107	114	135	114	115	158
30	246	208	325	385	238	196	145	182	148	143	195	253	98	109	114	110	104	121
40	189	194	236	247	208	153	113	153	131	128	174	198	96	102	103	102	100	107
50	154	166	188	196	181	126	105	146	125	116	152	174	98	101	100	101	98	102
60	140	141	174	174	150	114	103	141	119	115	148	168	97	100	102	99	100	103
70	130	137	169	160	142	121	112	134	116	120	137	159	107	110	109	109	109	115
80	138	142	149	142	145	125	125	137	130	138	137	149	123	127	129	128	126	127
90	146	151	147	135	150	144	144	145	145	149	143	148	143	148	145	148	146	145
100	170	161	146	127	158	158	157	151	153	157	146	148	156	160	156	162	160	158
110	174	190	153	132	181	184	192	165	176	182	161	160	182	194	185	196	193	190
120	200	211	169	144	199	213	222	175	165	181	173	178	191	212	190	214	216	217
130	233	268	198	158	249	274	276	197	190	186	207	205	199	213	195	220	238	244
140	285	316	231	214	283	341	333	220	195	214	221	222	210	221	206	255	276	291
150	538	546	253	247	602	509	537	253	235	301	255	251	324	496	298	494	532	542
160	528	571	275	264	657	540	514	329	569	618	347	312	676	580	584	538	513	505
170	524	553	595	679	637	523	498	519	550	600	527	546	656	561	673	521	497	489
180	523	549	592	674	632	520	494	515	546	596	523	542	651	557	668	516	493	486

Se observa que con el nuevo levantamiento y el nuevo MDE se presentan algunos valores menores a 100 y otros que están apenas sobre 100 por eso el método los elimina, sin embargo, sigue siendo la mejor opción para el laboratorio.

Mina de San Antonio

SEGUNDA PROPUESTA DEFINITIVA

Se presentan a continuación las tablas con las distancias de las secciones que corresponden a la zona de LABChico:

SEC_AZ_66.78_172.11		SEC_AZ_340_38.68		SEC_AZ_30_108.86		SEC_E_-23.36		SEC_AZ_99.99_170.50		SEC_AZ_350_7.78	
Grados	Distancia [m]	Grados	Distancia [m]	Grados	Distancia [m]	Grados	Distancia [m]	Grados	Distancia [m]	Grados	Distancia [m]
0	350.01	0	153.3	0	337.635	0	285.59	0	351.27	0	214.49
10	356.13	10	87.92	10	315.03	10	159.86	10	359.35	10	107.87
20	373.14	20	59.15	20	213.63	20	82.7	20	365.36	20	67.95
30	193.12	30	44.61	30	115.38	30	56.63	30	134.92	30	49.73
40	86.38	40	36.32	40	68.54	40	43.08	40	70.82	40	39.36
50	52.34	50	32.45	50	47.62	50	36.09	50	47.04	50	34.15
60	40.41	60	30.74	60	21.49	60	32.8	60	38.13	60	31.74
70	34.78	70	30.09	70	33.8	70	31.19	70	33.76	70	30.64
80	31.74	80	29.15	80	31.43	80	30.41	80	31.33	80	30.2
90	30.08	90	30.08	90	30.11	90	30.04	90	29.99	90	30.08
100	28.77	100	30.42	100	29.23	100	29.89	100	28.34	100	30.17
110	27.52	110	31.22	110	28.47	110	30.04	110	27.02	110	30.63
120	26.49	120	32.92	120	27.99	120	30.73	120	26.27	120	31.76
130	25.91	130	36.48	130	28.11	130	32.47	130	26.7	130	34.2
140	26.4	140	43.34	140	29.4	140	36.04	140	29.48	140	39.01
150	29.43	150	57.22	150	32.66	150	43.11	150	34.63	150	48.64
160	35.64	160	82.45	160	40.84	160	55.34	160	42.99	160	67.24
170	47.11	170	154.89	170	59.56	170	78.8	170	53.53	170	108.33
180	68.92	180	457.35	180	95.643	180	429.75	180	517.49	180	436.39

SEC_AZ_59.99_165.18		SEC_AZ_99.99_-53.78		SEC_AZ_50_150.80		SEC_AZ_56.60_160.84		SEC_AZ_116.68_147.88		SEC_AZ_110_158.57	
Grados	Distancia [m]	Grados	Distancia [m]	Grados	Distancia [m]	Grados	Distancia [m]	Grados	Distancia [m]	Grados	Distancia [m]
0	361.56	0	321.11	0	348.49	0	359.14	0	387.17	0	368.13
10	367.9	10	215.56	10	354.59	10	365.43	10	389.86	10	374.57
20	324.26	20	106.84	20	272.19	20	304.83	20	401.02	20	381.45
30	177.49	30	66.12	30	146.54	30	166.26	30	261.36	30	140.19
40	82.51	40	47.5	40	75.3	40	80.16	40	123.05	40	80.82
50	51.35	50	38.15	50	49.19	50	50.64	50	76.5	50	50.4
60	40.01	60	33.86	60	39.12	60	39.7	60	48.6	60	39.39
70	34.63	70	31.172	70	34.24	70	34.49	70	37.56	70	34.32
80	31.71	80	30.59	80	31.58	80	31.165	80	32.51	80	31.53
90	30.1	90	29.97	90	30.09	90	30.08	90	30.07	90	30.08
100	29.41	100	29.58	100	28.92	100	28.84	100	28.61	100	28.94
110	28.64	110	29.4	110	27.82	110	27.67	110	27.54	110	27.08
120	27.81	120	26.66	120	26.95	120	26.72	120	27.16	120	27.05
130	26.97	130	30.76	130	26.57	130	26.25	130	28.09	130	26.72
140	26.28	140	33.43	140	27.14	140	26.68	140	31.79	140	27.78
150	26.18	150	38.83	150	30.16	150	29.77	150	38.37	150	31.64
160	26.71	160	48.23	160	37.15	160	36.25	160	47.05	160	39.45
170	38.14	170	65.2	170	50.68	170	48.85	170	59.33	170	51.53
180	71.4	180	436.38	180	79.21	180	73.62	180	83.5	180	83.86

SEC_AZ_119.99_141.83		SEC_AZ_70_174.55		SEC_N_177.25		SEC_AZ_129.99_120.77		SEC_AZ_329.99_68.40		SEC_AZ_20_-82.58	
Grados	Distancia [m]	Grados	Distancia [m]	Grados	Distancia [m]	Grados	Distancia [m]	Grados	Distancia [m]	Grados	Distancia [m]
0	399.43	0	346.45	0	345.93	0	451.55	0	114.31	0	324.17
10	406.42	10	352.52	10	351.99	10	459.53	10	76.45	10	259.84
20	288.94	20	377.04	20	376.5	20	186.31	20	53.91	20	147.31
30	116.64	30	202.58	30	193.13	30	99.24	30	40.52	30	79.45
40	71.86	40	87.98	40	89.98	40	64.6	40	33.8	40	53.91
50	47.94	50	50.75	50	53.25	50	46.15	50	30.9	50	41.28
60	38.51	60	40.58	60	40.69	60	37.78	60	29.77	60	35.45
70	33.83	70	34.86	70	34.9	70	33.81	70	29.53	70	32.53
80	31.37	80	31.76	80	31.75	80	31.57	80	29.7	80	30.99
90	30.08	90	30.08	90	30.08	90	30.39	90	30.08	90	30.08
100	29.08	100	28.76	100	28.76	100	29.5	100	30.68	100	29.42
110	28.18	110	27.5	110	27.51	110	28.71	110	31.89	110	28.89
120	27.54	120	26.44	120	26.44	120	28.2	120	34.3	120	28.73
130	27.44	130	25.85	130	25.89	130	28.28	130	39.21	130	29.26
140	28.66	140	26.37	140	26.83	140	29.56	140	48.87	140	31.12
150	33.07	150	29.4	150	30.36	150	34.41	150	69.1	150	35.33
160	41.54	160	35.58	160	37.68	160	43.89	160	102.1	160	43.36
170	55.01	170	46.95	170	51.23	170	59.68	170	319.8	170	68.1
180	83.66	180	68.12	180	512.77	180	85.25	180	477.54	180	457.33

Las distancias son colocadas en una tabla para ser analizadas en conjunto:

	SEC1	SEC2	SEC3	SEC4	SEC5	SEC6	SEC7	SEC8	SEC9	SEC10	SEC11	SEC12	SEC13	SEC14	SEC15	SEC16	SEC17	SEC18
Conjunto de datos																		
0	350	153	338	286	351	214	362	321	348	359	387	368	399	346	346	452	114	324
10	356	88	315	160	359	108	368	216	355	365	390	375	406	353	352	460	76	260
20	373	59	214	83	365	68	324	107	272	305	401	381	289	377	377	186	54	147
30	193	45	115	57	135	50	177	66	147	166	261	140	117	203	193	99	41	79
40	86	36	69	43	71	39	83	48	75	80	123	81	72	88	90	65	34	54
50	52	32	48	36	47	34	51	38	49	51	77	50	48	51	53	46	31	41
60	40	31	21	33	38	32	40	34	39	40	49	39	38	41	41	38	30	35
70	35	30	34	31	34	31	35	31	34	34	38	34	34	35	35	34	30	33
80	32	29	31	30	31	30	32	31	32	31	33	32	31	32	32	32	30	31
90	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
100	29	30	29	30	28	30	29	30	29	29	29	29	29	29	29	30	31	29
110	28	31	28	30	27	31	29	29	28	28	28	27	28	28	28	29	32	29
120	26	33	28	31	26	32	28	27	27	27	27	27	28	26	26	28	34	29
130	26	36	28	32	27	34	27	31	27	26	28	27	27	26	26	28	39	29
140	26	43	29	36	29	39	26	33	27	27	32	28	29	26	27	30	49	31
150	29	57	33	43	35	49	26	39	30	30	38	32	33	29	30	34	69	35
160	36	82	41	55	43	67	27	48	37	36	47	39	42	36	38	44	102	43
170	47	155	60	79	54	108	38	65	51	49	59	52	55	47	51	60	320	68
180	69	457	96	430	517	436	71	436	79	74	84	84	84	68	513	85	478	457

Después al aplicar la formula presentada en el trabajo tenemos los siguientes resultados:

Conjunto de datos																		
0	3	1	3	2	3	1	3	3	3	3	4	3	4	3	3	4	0	3
10	3	0	3	1	3	0	3	1	3	3	4	3	4	3	3	4	0	2
20	3	-1	1	0	3	0	3	0	2	3	4	4	2	3	3	1	-1	1
30	1	-1	0	-1	0	-1	1	0	1	1	2	1	0	1	1	0	-1	0
40	0	-1	0	-1	0	-1	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1
50	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
60	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
70	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
80	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
90	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
100	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
110	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
120	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
130	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
140	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
150	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	-1
160	-1	0	-1	-1	-1	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	-1
170	-1	1	-1	0	-1	0	-1	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	3	0
180	0	4	0	4	5	4	0	4	0	0	0	0	0	0	5	0	5	4

Si lo vemos reflejado en la tabla con las distancias en conjunto, se puede eliminar las distancias con menos de 100 metros:

Conjunto de datos																		
350	153	338	286	351	214	362	321	348	359	387	368	399	346	346	452	114	324	
356	88	315	160	359	108	368	216	355	365	390	375	406	353	352	460	76	260	
373	59	214	83	365	68	324	107	272	305	401	381	289	377	377	186	54	147	
193	45	115	57	135	50	177	66	147	166	261	140	117	203	193	99	41	79	
86	36	69	43	71	39	83	48	75	80	123	81	72	88	90	65	34	54	
52	32	48	36	47	34	51	38	49	51	77	50	48	51	53	46	31	41	
40	31	21	33	38	32	40	34	39	40	49	39	38	41	41	38	30	35	
35	30	34	31	34	31	35	31	34	34	38	34	34	35	35	34	30	33	
32	29	31	30	31	30	32	31	32	31	33	32	31	32	32	32	30	31	
30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	
29	30	29	30	28	30	29	30	29	29	29	29	29	29	29	30	31	29	
28	31	28	30	27	31	29	29	28	28	28	27	28	28	28	29	32	29	
26	33	28	31	26	32	28	27	27	27	27	27	28	26	26	28	34	29	
26	36	28	32	27	34	27	31	27	26	28	27	27	26	26	28	39	29	
26	43	29	36	29	39	26	33	27	27	32	28	29	26	27	30	49	31	
29	57	33	43	35	49	26	39	30	30	38	32	33	29	30	34	69	35	
36	82	41	55	43	67	27	48	37	36	47	39	42	36	38	44	102	43	
47	155	60	79	54	108	38	65	51	49	59	52	55	47	51	60	320	68	
69	457	96	430	517	436	71	436	79	74	84	84	84	68	513	85	478	457	

Esta fue la opción que quedaba descartada completamente debido a la longitud de las distancias tan evidente.