



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**Planeación a corto plazo de ciclos  
operativos en el método de  
tumbe por subniveles con el uso  
de Promine**

**TESIS**

Que para obtener el título de

**Ingeniero de Minas y Metalurgista**

**P R E S E N T A**

Rodrigo Rodríguez Cortés

**DIRECTOR DE TESIS**

Dr. José Enrique Santos Jallath



**Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2025**



**PROTESTA UNIVERSITARIA DE INTEGRIDAD Y  
HONESTIDAD ACADÉMICA Y PROFESIONAL  
(Titulación con trabajo escrito)**



De conformidad con lo dispuesto en los artículos 87, fracción V, del Estatuto General, 68, primer párrafo, del Reglamento General de Estudios Universitarios y 26, fracción I, y 35 del Reglamento General de Exámenes, me comprometo en todo tiempo a honrar a la institución y a cumplir con los principios establecidos en el Código de Ética de la Universidad Nacional Autónoma de México, especialmente con los de integridad y honestidad académica.

De acuerdo con lo anterior, manifiesto que el trabajo escrito titulado PLANEACION A CORTO PLAZO DE CICLOS OPERATIVOS EN EL METODO DE TUMBE POR SUBNIVELES CON EL USO DE PROMINE que presenté para obtener el título de INGENIERO DE MINAS Y METALURGISTA es original, de mi autoría y lo realicé con el rigor metodológico exigido por mi Entidad Académica, citando las fuentes de ideas, textos, imágenes, gráficos u otro tipo de obras empleadas para su desarrollo.

En consecuencia, acepto que la falta de cumplimiento de las disposiciones reglamentarias y normativas de la Universidad, en particular las ya referidas en el Código de Ética, llevará a la nulidad de los actos de carácter académico administrativo del proceso de titulación.

**RODRIGO RODRIGUEZ CORTES**  
Número de cuenta: 316343486

## *Agradecimientos*

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a la Universidad Nacional Autónoma de México y a la Facultad de Ingeniería, mi alma mater, por brindarme la oportunidad de formar parte de la institución educativa más prestigiosa del país, permitiéndome crecer tanto a nivel profesional como personal y proporcionándome experiencias inolvidables a lo largo de mi formación académica.

A mis padres, Javier Rodríguez Rivera y María Isabel Cortés Correa, así como a mi hermana Elía Sofía Rodríguez Cortés y mi sobrino Aarón Abdiel Sánchez Torres, mi más sincero reconocimiento por su apoyo incondicional, su amor y las palabras de aliento que siempre me han acompañado, siendo pilares fundamentales en este proceso y fuente constante de motivación.

A mi segunda madre Claudia Yolanda Torres Rodríguez y a mi tía Yolanda Rodríguez Rivera, a quienes agradezco profundamente por brindarme la oportunidad de desarrollarme profesionalmente. Su apoyo, confianza y cariño incondicional han sido esenciales para mi crecimiento, tanto en lo personal como en lo académico.

A mi compañera de vida Valeria Valencia, por su apoyo constante a lo largo de todo mi desarrollo profesional y, especialmente, durante la realización de esta tesis. Gracias por siempre impulsarme a ser mejor, no solo como profesional, sino también como persona, brindándome aliento en los momentos más difíciles.

A mis amigos, quienes han hecho más llevaderos los días de trabajo intenso, compartiendo no solo aprendizajes, sino también risas y momentos que se quedarán conmigo por siempre.

A mi director de tesis, Dr. José Enrique Santos Jallath, por brindarme la oportunidad de sumergirme en el fascinante mundo del manejo de software minero y por su valiosa orientación a lo largo de este proceso. Su sabiduría y guía han sido fundamentales para la culminación de este trabajo.

A mis profesores, Ing. Luis Chacón, Ing. Karen Nava, Ing. Israel Ortega e Ing. Roberto Canales, quienes con su pasión por la profesión y generosidad al compartir sus conocimientos han dejado una huella indeleble en mi formación académica y profesional.

A la Compañía Minera la Negra y a todos los ingenieros que me brindaron su apoyo y asesoría durante el desarrollo de este trabajo, cuyo conocimiento y consejos fueron vitales para el avance y la calidad del proyecto.

Esta tesis es un testimonio del apoyo, dedicación y sacrificio de todos ustedes, reflejando todo lo aprendido a lo largo de este camino, y es un pequeño tributo a su contribución en mi desarrollo profesional y personal.

## Resumen

El presente trabajo tiene como objetivo ejemplificar el uso del software Promine en la planificación a corto plazo de una mina subterránea que emplea el método de tumba por subniveles transversales. Para ello, se establecen las etapas clave del proceso, desde la generación de la base de datos en Promine, la definición del sitio de trabajo y la importación de la topografía, hasta el desarrollo de un plan de minado detallado.

La metodología utilizada incluye la recopilación de información operativa de Minera la Negra, la cual fue compartida con total disponibilidad y conocimiento, para definir las condiciones de operación, modelo de bloques y cuerpos a minar, diseño de rebajes, método de minado, características geológicas, flotilla de equipos, insumos y los costos unitarios. Posteriormente, se desarrolla un análisis de tiempos para determinar el ciclo operativo y se elabora un desglose de costos unitarios, permitiendo generar un plan de minado con proyecciones semanales, mensuales y anuales.

Los resultados obtenidos muestran que Promine es una herramienta útil para la modelación y visualización de obras mineras, facilita la organización secuencial de la información y la generación de reportes de planeación. La integración con AutoCAD permite una representación clara de los bloques de minado y la contabilización de volúmenes extraídos. Además, el software genera diagramas de Gantt que facilitan el seguimiento de la secuencia de preparación y explotación.

Se identificaron algunas limitaciones en el manejo de costos y la configuración de avances en obras de preparación y explotación, lo que puede afectar la precisión de los resultados. No obstante, Promine sigue siendo una herramienta valiosa para la planificación a corto plazo, siempre que se complementen sus funciones con información operativa actualizada y ajustes en los costos según las condiciones específicas de cada bloque de explotación.

## **Abstract**

The present work aims to exemplify the application of Promine software in short-term planning for an underground mine utilizing the transverse sublevel stoping method. To achieve this, key process stages are established, including database generation in Promine, definition of the working site, and importation of topographic data, leading up to the development of a detailed mine plan.

The methodology involves collecting operational data from Minera la Negra, which was made fully available and shared with consent, to define the operating conditions, block model and ore bodies, stope design, mining method, geological characteristics, equipment fleet, supplies, and unit costs. A subsequent time analysis is conducted to determine the operational cycle, and a breakdown of unit costs is developed, enabling the creation of a mining plan with weekly, monthly, and annual projections.

The results demonstrate that Promine is an effective tool for modeling and visualizing mining operations, facilitating the sequential organization of information and the generation of planning reports. Its integration with AutoCAD allows for clear representation of mining blocks and accurate accounting of extracted volumes. Additionally, the software generates Gantt charts that support tracking of the preparation and extraction sequence.

Some limitations were identified in cost management and in the configuration of progress tracking for preparation and extraction activities, which may affect the precision of results. Nevertheless, Promine remains a valuable tool for short-term planning, provided that its functionalities are supplemented with updated operational data and cost adjustments tailored to the specific conditions of each mining block.

# Índice

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
1.1. JUSTIFICACIÓN.....	2
1.2. OBJETIVOS.....	3
<b>2. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>5</b>
2.1. ¿QUÉ ES PLANEACIÓN? .....	5
2.1.1. <i>Planeación a largo plazo</i> .....	5
2.1.2. <i>Planeación a mediano plazo</i> .....	6
2.1.3. <i>Planeación a corto plazo</i> .....	6
2.2. ¿QUÉ ES UN CICLO OPERATIVO?.....	9
2.3. SOFTWARE PROMINE.....	11
2.3.1. <i>Comandos del módulo de planeación en Promine</i> .....	11
<b>3. METODOLOGÍA</b> .....	<b>21</b>
<b>4. CASO DE ESTUDIO, MINERA LA NEGRA</b> .....	<b>24</b>
4.1. HISTORIA.....	24
4.2. GEOLOGÍA .....	26
4.3. MINERALIZACIÓN .....	27
4.4. GEOTECNIA.....	28
4.5. MÉTODOS DE MINADO.....	30
4.6. PLANTEAMIENTO .....	32
4.6.1. <i>Modelo en Promine</i> .....	32
4.6.2. <i>Reservas</i> .....	34
4.6.3. <i>Meta de producción esperada</i> .....	34
4.6.4. <i>Plantilla para tumbe</i> .....	35
4.6.5. <i>Plantilla de barrenación de desarrollo y preparación</i> .....	38
4.6.6. <i>Nivel de acarreo y producción</i> .....	39
<b>5. DESARROLLO DE LA PLANEACIÓN A CORTO PLAZO</b> .....	<b>41</b>
5.1. CICLO OPERATIVO Y ANÁLISIS DE TIEMPOS .....	41
5.1.1. <i>Análisis de tiempos del ciclo operativo</i> .....	41
5.1.2. <i>Ciclo operativo de Minera la Negra</i> .....	44
5.1.3. <i>Rebajes necesarios</i> .....	47
5.2. RECURSOS Y MATERIALES PARA EMPLEAR .....	47
5.2.1. <i>Flotilla de equipos</i> .....	48
5.2.2. <i>Voladura</i> .....	53
5.2.3. <i>Barrenación</i> .....	54
5.2.4. <i>Servicios</i> .....	55
<b>6. DESARROLLO DE OBRAS MEDIANTE PROMINE</b> .....	<b>57</b>
6.1. PREPARACIÓN DE OBRAS .....	57
6.1.1. <i>Creación de niveles</i> .....	57
6.1.2. <i>Creación de niveles</i> .....	59
6.1.3. <i>Creación de subniveles</i> .....	63

6.1.4.	<i>Cruceros de carga</i> .....	68
6.2.	BLOQUES DE MINADO .....	70
<b>7.</b>	<b>APLICACIÓN DE LA PLANEACIÓN MEDIANTE PROMINE .....</b>	<b>76</b>
7.1.	CONFIGURACIÓN DE PARÁMETROS .....	76
7.1.1.	<i>Calendario operativo</i> .....	76
7.1.2.	<i>Configuración de recursos</i> .....	78
7.1.3.	<i>Configuración de materiales</i> .....	78
7.1.4.	<i>Configuración de categorías</i> .....	79
7.1.5.	<i>Configuración de destinos</i> .....	80
7.1.6.	<i>Configuración de obras</i> .....	80
7.1.7.	<i>Configuración de bloques</i> .....	82
7.2.	INSERTAR OBRAS EN EL MÓDULO DE PLANEACIÓN .....	83
7.3.	INSERTAR BLOQUES EN EL MÓDULO DE PLANEACIÓN.....	86
<b>8.</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>91</b>
8.1.	REPORTE DE AVANCE .....	92
8.2.	REPORTE DE TONELAJE .....	96
8.3.	REPORTE DE COSTOS.....	100
8.4.	GRÁFICA DE GANTT .....	102
8.5.	COSTO POR TONELADA TUMBADA .....	104
<b>9.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>106</b>
	<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>108</b>

# Índice de figuras

Figura 1. Ciclo operativo y operaciones unitarias. ....	10
Figura 2. Módulos de Promine en la interfaz de AutoCAD. ....	12
Figura 3. Módulo de planeación en Promine. ....	12
Figura 4. Tipos de acciones ejecutables en la opción insertar. ....	13
Figura 5. Opciones contenidas en el módulo de planeación. ....	13
Figura 6. Recursos para planeación en Promine. ....	14
Figura 7. Materiales para planeación en Promine. ....	14
Figura 8. Categorías para planeación en Promine. ....	15
Figura 9. Destinos para planeación en Promine. ....	15
Figura 10. Obras para planeación en Promine. ....	16
Figura 11. Características asignables a los tipos de obras. ....	16
Figura 12. Bloques de minado para planeación en Promine. ....	17
Figura 13. Características asignables a los bloques de minado. ....	17
Figura 14. Tareas para planeación en Promine. ....	18
Figura 15. Características asignables a las tareas. ....	18
Figura 16. Calendario para planeación en Promine. ....	19
Figura 17. Diagrama de flujo de la metodología. ....	22
Figura 18. Ubicación de la mina (Google Earth). ....	24
Figura 19. Geología Regional (SGM, 1998). ....	26
Figura 20. Columna estratigráfica (SGM, 1998). ....	27
Figura 21. Mineralización en la Negra. (Traducido de Britton et al., 2022). ....	28
Figura 22. GSI evaluado en campo (Traducido de Britton et al., 2022). ....	29
Figura 23. Descripción del método tumbe por subniveles transversales (Álvarez, 2024). ....	31
Figura 24. Modelo de bloques en Promine, vista S-W. ....	32
Figura 25. Cuerpos minerales a trabajar, vista S-W. ....	33
Figura 26. Plantilla para tumbe. ....	36
Figura 27. Distribución de barrenos y volumen por voladura, vista isométrica. ....	37
Figura 28. Plantilla de desarrollo y producción (MLN). ....	38
Figura 29. Nivel de acarreo y producción, vista de acarreo. ....	39
Figura 30. Jumbo DD311 (Sandvik, 2024). ....	48
Figura 31. Simba DL311 (Sandvik, 2024). ....	49
Figura 32. Scooptram ST-1030 (Epiroc, 2024). ....	50
Figura 33. Camión de bajo perfil, Epiroc MT431B (Epiroc, 2024). ....	51
Figura 34. Comando crear varias secciones. ....	57
Figura 35. Configuración de niveles por medio de creación de secciones. ....	58
Figura 36. Cortes por nivel de cuerpos minerales, vista NE. ....	59
Figura 37. Comando escoger secciones. ....	60
Figura 38. Creación de subniveles por medio de polilíneas, nivel 1960, vista de planta. ....	61
Figura 39. Comando Copiar de a. ....	62
Figura 40. Selección de niveles a copiar. ....	62

Figura 41. Niveles creados, vista NE.....	63
Figura 42. Localización del comando copiar a.....	63
Figura 43. Localización del comando desplazar.....	64
Figura 44. Distribución de niveles y subniveles, vista NE.....	64
Figura 45. Localización de la herramienta forzar objetos.....	65
Figura 46. Niveles y subniveles estimados para el año de explotación, vista NE.....	65
Figura 47. Localización de comando editar elevaciones.....	66
Figura 48. Ventana de edición de líneas de centro.....	66
Figura 49. Localización del comando construir modelo 3D.....	67
Figura 50. Ventana de configuración de parámetros de modelización para la obra 3D.....	67
Figura 51. Obras 3D estimadas para el año de explotación, vista NE.....	68
Figura 52. Niveles para trabajar la generación de subniveles de acarreo y cruceros de carga.....	68
Figura 53. Líneas de centro proyectadas para los cruceros de carga en el cuerpo amarillo, vista NE. .....	69
Figura 54. Subniveles de preparación, producción y acarreo modelados en conjunto a los cruceros de carga, vista NE.....	70
Figura 55. Delimitación del bloque minado, vista NO.....	71
Figura 56. Generación de la polilínea cerrada.....	72
Figura 57. Localización del comando de modelización.....	72
Figura 58. Selección para crear modelo 3D.....	73
Figura 59. Creación de bloques minerales, vista NO.....	73
Figura 60. Bloques diseñados para el año de explotación, vista NE.....	74
Figura 61. Calendario operativo en Promine.....	77
Figura 62. Configuración de recursos en Promine.....	78
Figura 63. Configuración de materiales en Promine.....	79
Figura 64. Configuración de categorías en Promine.....	79
Figura 65. Configuración de destinos en Promine.....	80
Figura 66. Configuración de obras de preparación mineral en Promine.....	81
Figura 67. Configuración de obras de preparación tepetate en Promine.....	81
Figura 68. Configuración de costos en materiales.....	82
Figura 69. Configuración de bloque mineral verde en Promine.....	83
Figura 70. Configuración de bloque mineral amarillo en Promine.....	83
Figura 71. Creación de obras en el módulo de planeación de Promine.....	85
Figura 72. Configuración de parámetros para la inserción de obras en Promine.....	85
Figura 73. Obras creadas a partir del módulo de planeación en Promine, vista NE.....	86
Figura 74. Selección de bloques a crear.....	87
Figura 75. Selección del punto para insertar el bloque.....	87
Figura 76. Configuración de parámetros de bloques de minado en Promine.....	88
Figura 77. Resultados de generación de bloques y sus características.....	88
Figura 78. Bloques y obras creados a partir del Módulo de planeación en Promine, vista de planta. .....	89
Figura 79.- Comando de generación de reportes de planeación en Promine.....	91

Figura 80. Listado de reportes de planeación en Promine. ....	91
Figura 81. Obras seleccionadas para el reporte de avance en Promine, vista NO. ....	93
Figura 82. Configuración de parámetros del reporte de avance. ....	94
Figura 83. Gráfica de velocidad de avance por mes.....	96
Figura 84. Bloques de minado para reporte de tonelaje en Promine, vista NE.....	97
Figura 85. Configuración de parámetros del reporte de tonelaje. ....	97
Figura 86. Gráfica de tonelaje por día.....	98
Figura 87. Gráfica de tonelaje por mes en el año de explotación. ....	99
Figura 88. Configuración de parámetros del reporte de costos. ....	100
Figura 89. Gráfica de costo por día en el mes de enero. ....	102
Figura 90. Configuración de parámetros para el reporte gráfica de Gantt.....	103
Figura 91 Diagrama de Gantt acotado. ....	104

# Índice de tablas

Tabla 1. Ejemplo de objetivos pertinentes a cumplir en una planeación a corto plazo (Malundamene et al., 2024).....	7
Tabla 2. Componentes clave para la planeación a corto plazo.....	9
Tabla 3. RMR de litología en la Negra (Britton et al., 2022).....	30
Tabla 4. Asignación de colores para el modelo de bloques.....	33
Tabla 5. Reservas cuerpo verde.....	34
Tabla 6. Reservas cuerpo amarillo.....	34
Tabla 7. Meta de producción anual, mensual y semanal a cumplir con las leyes de cabeza correspondientes de ambos cuerpos.....	35
Tabla 8. Generalidades de barrenación en tumba.....	37
Tabla 9. Generalidades de la plantilla de preparación y desarrollo.....	39
Tabla 10. Análisis de tiempos de barrenación de preparación y desarrollo.....	42
Tabla 11. Análisis de tiempos de barrenación de producción.....	42
Tabla 12. Análisis de tiempos de cargado.....	43
Tabla 13. Análisis de tiempos de rezagado y acareo.....	44
Tabla 14. Esquema de ciclos operativos de producción y preparación.....	45
Tabla 15. Horario de voladura.....	46
Tabla 16. Equipos a emplear.....	52
Tabla 17. Costos de mantenimiento.....	52
Tabla 18. Consumo diésel por equipo (Britton et. Al, 2022).....	52
Tabla 19. Costos de voladura en producción.....	53
Tabla 20. Costos de voladura en preparación.....	53
Tabla 21. Costos de aceros en producción.....	54
Tabla 22. Costos de aceros en preparación.....	54
Tabla 23. Costos de servicios en interior mina.....	55
Tabla 24. Base de datos de avances.....	94
Tabla 25. Reporte de tonelaje diario para 3 bloques.....	98
Tabla 26. Reporte de tonelaje mensual para el año de producción.....	99
Tabla 27. Reporte de costos para el mes de enero.....	100
Tabla 28. Reporte de gráfica de Gantt.....	103



# 1. Introducción

La planeación comprende un plan estratégico que establece la dirección económica y técnica de un proyecto minero, la estrategia correcta es vital para el éxito económico, social y medioambiental, esta se lleva a cabo con el fin de asegurar que este será rentable, estipulando objetivos viables y bien definidos (McQueen, 2017).

La planeación suele dividirse en tres etapas: corto, mediano y largo plazo; los planes a corto plazo proporcionan procedimientos detallados sobre cómo ejecutar con éxito los objetivos operativos de la mina, implican una planificación intensiva, que incluye la programación turno a turno. Los planes a medio plazo vinculan las estrategias de los planes de vida útil de la mina y los planes a corto plazo para su aplicación, se centran en cuestiones como la optimización de la calidad del producto y la eficiencia de la producción. Los planes a largo plazo establecen los objetivos y la dirección de la mina, con la finalidad de maximizar el valor presente neto (Herrera, 2024).

Resulta de suma importancia entender que cuando la mina comienza a operar, es normal encontrar que el escenario ideal planteado tiende a cambiar debido a la sucesión de diversos eventos que no se contemplan en la planeación inicial, influyendo factores geológicos, operativos, técnicos y administrativos. Aquí es donde entra en vigor el conocimiento y experiencia de los ingenieros encargados de la planeación, para resolver las problemáticas que pueden presentarse, así como para crear nuevos indicadores que ayuden a reducir estos inconvenientes que día a día se presentan en las unidades mineras (Navea, 2020).

Actualmente el software para el desarrollo de programas de planeación es de uso básico, sobre todo en la planeación a corto plazo, ya que permite visualizar el avance presupuestado en los distintos cuerpos minerales trabajados, otorgando eficiencia en la organización de recursos para cumplir una meta de producción. Se establece como ejemplo al software *Promine*, los avances registrados pueden ser visibles en el mapeo de mina, los reportes que genera el programa son de carácter

diverso, mencionando costos, equipos, rendimiento, entre otros. Estas herramientas dan pauta a corregir errores visibles en el mapeo o reportes de manera precisa, redireccionando la planeación hacia el camino correcto.

De acuerdo con lo anterior, en el presente trabajo se presentará una metodología para desarrollar la planeación a corto plazo, así como el análisis de todos los parámetros disponibles de Minera la Negra, con el fin de encontrar un óptimo resultado de acuerdo con lo establecido en los requerimientos del periodo señalado.

## **1.1. Justificación**

El proyecto de desarrollo de prácticas de software de diseño de minas en la Facultad de Ingeniería abrió las puertas al desarrollo de material didáctico para la enseñanza y aprendizaje del software de diseño minero Promine, en el cual se mostró el interés por brindar capacitación al alumnado, con el propósito de promover el desarrollo conjunto orientado hacia un objetivo común: la obtención de los resultados esperados. Dichos resultados se manifiestan en el aprendizaje y manejo del software por parte de los estudiantes de la carrera, así como en su aplicación en los diversos proyectos que se desarrollan en las distintas asignaturas.

La planeación a corto plazo es fundamental en la industria, ya que esta es la base del trabajo que se realiza día con día, para cumplir con los objetivos establecidos en el plan de producción desarrollado. La responsabilidad de que en la mina se cumpla con los objetivos de producción establecidos depende en gran medida de la planeación a corto plazo, en el que se define con exactitud el esquema de trabajo a seguir y que puede ser actualizado en caso de ser necesario, mientras se toma en cuenta todos los parámetros requeridos para una buena ejecución y resultados.

El uso de software en la industria ha sido más importante con el paso del tiempo, es primordial que el alumnado comprenda el uso del software y sea capaz de aplicarlo, no solo para hacer el modelo de bloque de mineral y después el diseño de obras como es costumbre, sino también en el ámbito de planeación, ya que los

ejercicios prácticos enfocados a dicho tema escasean. Si el alumnado se enfoca en aprender los múltiples usos de Promine, tendrá una visión más amplia del alcance del software en proyectos mineros, como la modelación de obras, planeación y programación de actividades, adquiriendo el conocimiento suficiente para laborar con casos a nivel industrial.

## **1.2. Objetivos**

El trabajo tiene como objetivo ejemplificar el uso del software Promine para el desarrollo de etapas que conlleva una planeación a corto plazo en una mina subterránea.

Entre los objetivos particulares se pueden destacar:

- Mostrar los diversos módulos que posee Promine para la planeación a corto plazo.
- Desarrollar las etapas de preparación y explotación de tumbe por subniveles que comprenden la planeación a corto plazo.
- Establecer planes de producción diarios, semanales y mensuales para la Minera la Negra.
- Establecer este trabajo como base para elaborar material didáctico adicional referente a la planeación a corto plazo.



## **2. Marco Teórico**

### **2.1. ¿Qué es planeación?**

De manera general, la planeación puede definirse como el establecimiento de una secuencia de actividades con el fin de cumplir con objetivos específicos, los cuales deben estar definidos temporalmente (Navea, 2020).

Una definición de la planeación operativa sería, de manera general, el establecer objetivos en un periodo de tiempo en específico, que en este caso corresponden a días, semanas y meses. Los objetivos en la planeación a corto plazo son el inicio para alcanzar las metas de otros periodos de planeación como el mediano plazo y su consecuente, la planeación a largo plazo. Entonces, se puede acotar la definición como establecer objetivos a un plazo determinado, el plazo define el tipo de planeación a utilizar, corto plazo si se habla de semanas o meses, mediano si se habla de 1 a 5 años y largo plazo de 5 años en adelante (Navea, 2020).

Específicamente hablando de la industria minera, la planeación puede dividirse en tres tipos: largo plazo, mediano plazo y corto plazo; estas pueden diferenciarse según los objetivos planteados, la cantidad de datos manejados, el detalle con el que deben desarrollarse las actividades y el tiempo definido para el cumplimiento de estas.

#### **2.1.1. Planeación a largo plazo**

El plan a largo plazo se enfoca en seleccionar una cartera de activos minerales que ofrezca valor financiero sostenible, considerando tanto las características físicas como variables económicas y del mercado a corto y largo plazo, además del riesgo empresarial aceptable. (Smith, 2012). La planeación a largo plazo sirve como una sólida base para la planeación a mediano plazo, ya que permite establecer objetivos específicos y las actividades para alcanzarlos, con el fin de maximizar el valor final del yacimiento.

### **2.1.2. Planeación a mediano plazo**

La planeación a mediano plazo es responsable de la adaptación de los modelos que sustentan la planeación a largo plazo. Su principal tarea consiste en generar planes de producción que permitan a la operación alcanzar las metas productivas definidas para el horizonte temporal establecido. Como resultado de este proceso de planificación, se ajusta la definición estratégica del o los modelos de negocio de la mina, asegurando su alineación con los objetivos de largo plazo y las condiciones cambiantes del entorno (Herrera, 2024). Básicamente la planeación a mediano plazo define la cantidad de mineral que se va a extraer de la mina y la cantidad de residuo que se generará cada año. El objetivo es maximizar el valor actual neto (VAN) durante la vida útil de la mina (Manríquez, et al., 2020).

### **2.1.3. Planeación a corto plazo**

Las operaciones mineras se apoyan en un programa de producción a corto plazo, que define las actividades que se deben realizar y el momento para alcanzar la producción en un periodo que puede ser semanal, mensual o anual. Sin embargo, pueden observarse desviaciones en este programa de producción a corto plazo debido a varias fuentes de incertidumbre y a su complejidad inherente (Manríquez, et al., 2020).

La planeación a corto plazo consta de diversos factores operativos, técnicos, administrativos y humanos, los cuales son parte fundamental de la planeación estratégica a corto plazo. La problemática principal de este tipo de planeación es tratar de predecir el error o la falta ocurrida en dichos factores mencionados que entorpece la planeación definida.

El hecho de realizar una planeación a corto plazo, más allá de cumplir las metas establecidas, es llegar a comprender los factores no considerados o imprevistos y sumar indicadores que permitan disminuir el error.

## Objetivos de la planeación a corto plazo

La planeación a corto plazo tiene como objetivo particular cumplir con la operación de manera sostenible, asegurando el aporte continuo de mineral a la planta de beneficio, en pocas palabras se deben consumir las metas de producción establecidas en la planeación a mediano plazo, difiriéndolas en metas diarias, semanales y mensuales. Los objetivos específicos conforman todas aquellas tareas necesarias para cumplir dichas metas, incluso integrando o modificando indicadores clave que ayuden a su cumplimiento.

En concreto, la planeación a corto plazo debe tomar en cuenta todo lo necesario para llevar a cabo la operación minera día a día, enfocarse siempre en la operación presente, con el apoyo de herramientas de planificación como los diagramas de Gantt, o al enfocarse en materia de software con módulos como el de *planeación* con Promine. A continuación, se presenta la tabla 1 con algunos ejemplos de objetivos de una planeación a corto plazo enfocada en minería subterránea.

Tabla 1. Ejemplo de objetivos pertinentes a cumplir en una planeación a corto plazo (Malundamene et al., 2024)

OBJETIVO PARTICULAR	OBJETIVOS ESPECÍFICOS
<b>Meta de producción de 5 000 tpd</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Organización de personal</li><li>• Ejecución de operaciones unitarias<ul style="list-style-type: none"><li>• Disponibilidad mecánica</li></ul></li><li>• Instalar servicios requeridos<ul style="list-style-type: none"><li>• Establecer un PST</li></ul></li><li>• Programar mantenimientos</li><li>• Capacitar al personal de forma constante</li><li>• Revisar las condiciones laborales</li><li>• Anticipar permisos requeridos para operar</li><li>• Evaluar y renovar los KPI's</li></ul>

<p><b>Avance semanal de rampa</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Asignación de equipos</li> <li>• Asignación de personal</li> <li>• Instalación de servicios</li> <li>• Presupuesto de metros lineales</li> <li>• Ejecución de las operaciones unitarias: barrenación, voladura, rezagado, acarreo y subsecuentes.</li> </ul>
---------------------------------------	---

Para cada objetivo específico se deben definir o planear las actividades por realizar, basándose en las operaciones unitarias (barrenación, voladura, rezagado y acarreo) con las que se puede determinar la cantidad de mineral a extraer y procesar por día, semana, mes y año.

Diversos problemas pueden presentarse en este tipo de planeación, ya que es la planeación que se encuentra al frente de la línea operativa, el fallo en la producción, disponibilidad mecánica, tiempo efectivo de trabajo, disponibilidad de personal, entre otros; son indicadores que pueden analizarse según la frecuencia en la que dichos problemas se presentan, para así añadir datos a la planeación de corto plazo y otorgar pauta a una mejor definición de objetivos, incluyendo la solución de los problemas presentados según los indicadores clave establecidos para medir la efectividad operativa de la mina.

### **Componentes de la planeación a corto plazo**

La operación de una mina es respaldada por un plan de corto plazo, el cual define dónde y cuándo son realizadas las actividades asociadas a la extracción de mineral y estéril. Un horizonte operativo se preocupa de la operación presente y conduce a los operadores a cumplir las metas productivas de un mediano plazo (Navea, 2020). De acuerdo con lo anterior, los componentes clave para una óptima planeación a corto plazo se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Componentes clave para la planeación a corto plazo.

Planeación	Mantenimiento	Geología
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Método de explotación</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Plan de minado</b></li> <li>• <b>Rutas de acarreo</b></li> </ul> </li> <li>• <b>Tiempo efectivo de trabajo</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Turnos</b></li> </ul> </li> <li>• <b>Personal disponible</b></li> <li>• <b>Servicios interior mina</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Áreas minables disponibles</b></li> <li>• <b>Gastos y costos operativos</b></li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Número de equipos</b></li> <li>• <b>Disponibilidad</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Ley de corte</b></li> <li>• <b>Ley de cabeza</b></li> </ul>

## 2.2. ¿Qué es un Ciclo Operativo?

Se puede definir como ciclo operativo o ciclo de minado al proceso ejecutable compuesto por diferentes actividades unitarias, las cuales corresponden comúnmente a la barrenación, cargado, voladura, amacice, rezagado, acarreo y en algunos casos manteo (Rojas, 2009). Dichas operaciones son básicas para cumplir con el objetivo de producción diaria.

El ciclo operativo está compuesto de las operaciones unitarias, según las necesidades de cada mina y el método de minado, y llevan un orden y tiempos definidos; un ejemplo se muestra en la figura 1.

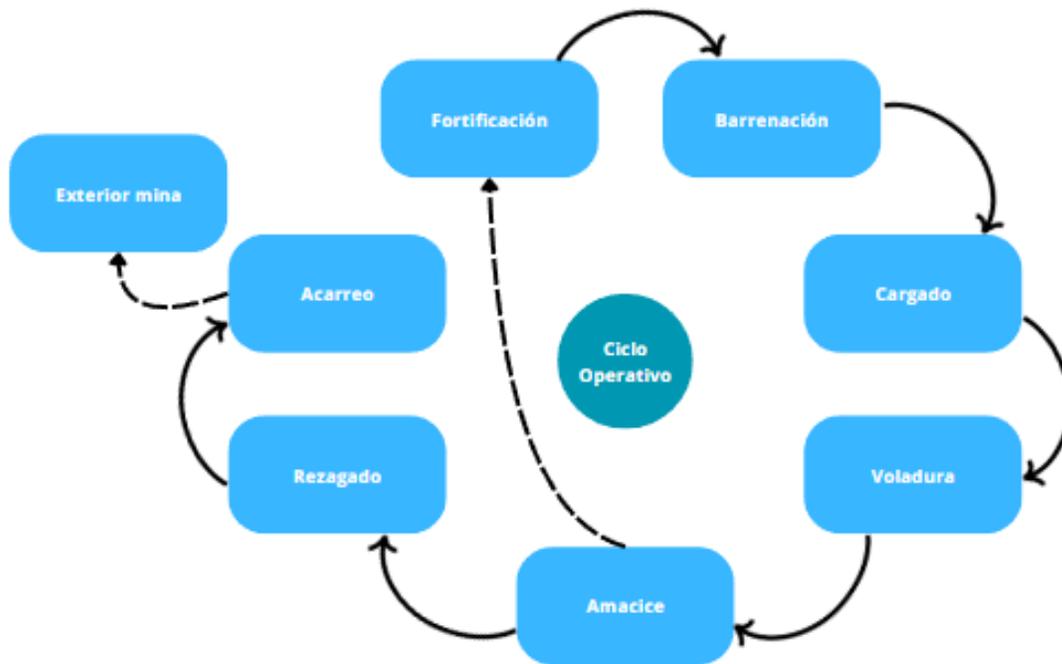


Figura 1. Ciclo operativo y operaciones unitarias.

Así como el ciclo se compone de operaciones unitarias, también existen diversas operaciones auxiliares o de servicios que se deben realizar a la par o secuencialmente, dichas tareas están sujetas al ciclo operativo definido de la mina, algunos ejemplos de operaciones auxiliares pueden ser las siguientes:

- Suministro de energía
- Suministro de agua
- Ventilación
- Transporte de materiales
- Marcaje geológico
- Mantenimiento
- Bombeo
- Suministro de aire comprimido
- Levantamiento y marcaje topográfico

Es fundamental conocer cada una de las actividades y tareas que conforman el ciclo, ya que así se define el tiempo que tarda en completarse, encontrando áreas de mejora en la planeación de tiempos e incluso definiendo indicadores que ayuden al planeador a evaluar dichas actividades.

## **2.3. Software Promine**

Promine es un software empleado en la industria minera basado en elementos de AutoCAD y BricsCAD. La funcionalidad del software se centra en la gestión de proyectos, cálculo de recursos, geoestadística, modelado de bloques, planeación y diseño de minas, perforación, voladura y topografía (Promine, 2024).

Como herramienta principal para el desarrollo de este trabajo, Promine ofrece un módulo exclusivo para la planeación de proyectos mineros, enfocado directamente en los recursos y elementos que componen la planeación para la explotación minera. En este módulo se conjunta la información ingresada al software y arroja resultados cuantitativos que ayuden al planeador a evaluar los procesos operativos por medio de costos, desarrollo por avance lineal, tiempos operativos, consumo de insumos y la disposición de equipos.

### **2.3.1. Comandos del módulo de planeación en Promine**

La interfaz del software Promine se presenta como una extensión de módulos de AutoCAD como se muestra en la figura 2, dichos módulos comprenden *Esenciales*, *Modelización*, *Ingeniería 1*, *Ingeniería 2*, *Live Survey* y *Progeox*.

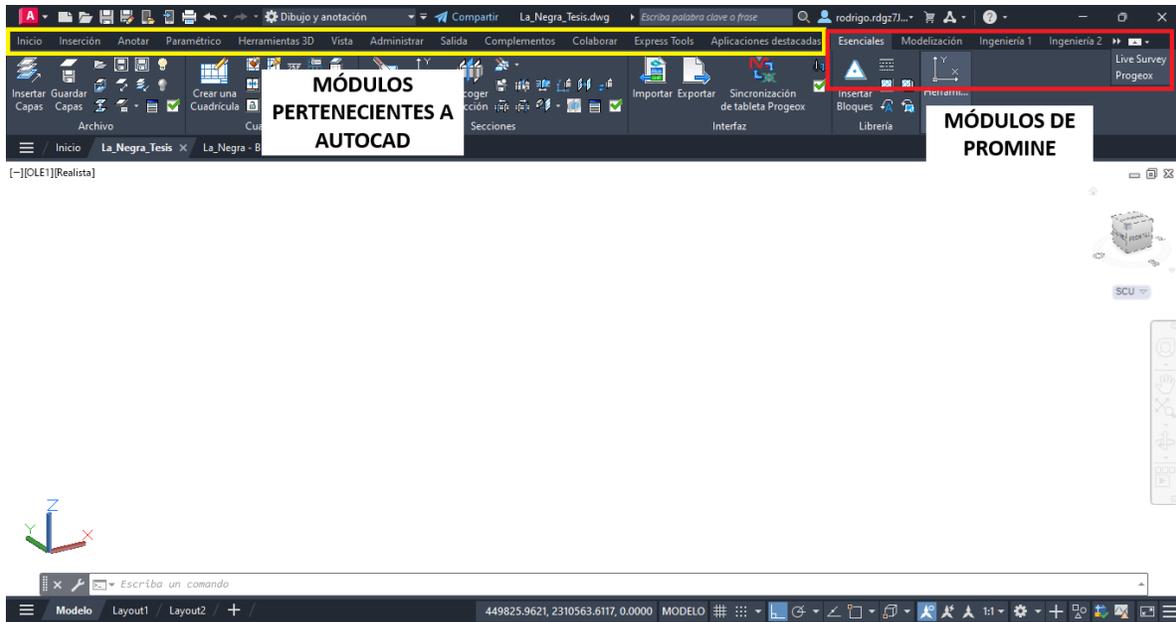


Figura 2. Módulos de Promine en la interfaz de AutoCAD.

La sección de *Planeación* está localizada en el módulo de Ingeniería 1 de Promine, arroja distintos comandos ejecutables como se muestra en la figura 3. Dichos comandos corresponden a insertar (figura 4); el cual arroja acciones como insertar obra (MPLD), insertar tarea (MPTLI), insertar bloque de minado (MPLMI) e insertar fecha (MPLDA). Así como pueden ser ejecutadas las acciones mencionadas, pueden ser editadas, como muestra el comando siguiente perteneciente al módulo.

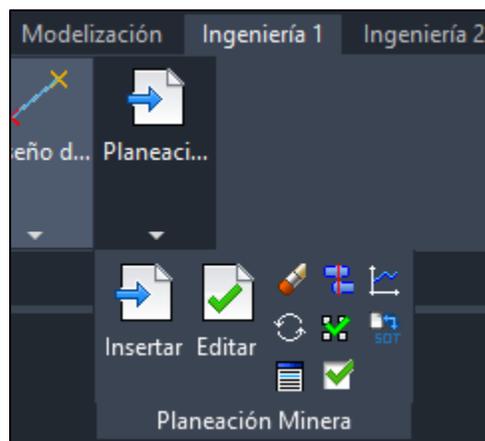


Figura 3. Módulo de planeación en Promine.

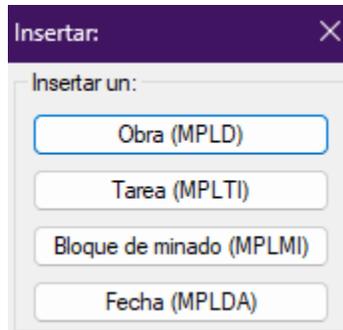


Figura 4. Tipos de acciones ejecutables en la opción insertar.

Los comandos dentro del módulo también permiten borrar selecciones, establecer el progreso de una obra o bloque de minado, insertar gráficas o reportes personalizados y configurar el menú de opciones de módulo, donde se encuentran todos los parámetros que Promine incluye para ejecutar de forma eficiente la planeación minera.



Figura 5. Opciones contenidas en el módulo de planeación.

Dentro del comando *Opciones* se observan varios parámetros modificables en la figura 5, ejecutando dichos parámetros, el ícono *Recursos* permite ingresar al software todo el equipo necesario para realizar la operación, este se expresa por medio de disponibilidad y costo por día (figura 6).



Figura 6. Recursos para planeación en Promine.

El ícono *Materiales* permite ingresar todos aquellos insumos utilizados en los servicios, como barras, brocas, anclas, entre otros, para la funcionalidad de la mina, como se muestra en la figura 7.



Figura 7. Materiales para planeación en Promine.

En el ícono de *Categorías* permite establecer los conceptos administrativos de manejo de dinero; como son costos y gastos operativos, estos sirven para realizar un análisis básico de costos de acuerdo con los recursos y materiales que se utilizan para realizar labores en las frentes u obras establecidas (figura 8).



Figura 8. Categorías para planeación en Promine.

El ícono de *Destinos* (figura 9) permite establecer los diferentes destinos para la producción obtenida, definiendo si el destino será un patio de almacenamiento (stockpiles), tepetateras, relleno o trituración dependiendo la planeación realizada previamente y la calidad del mineral (mena o ganga).



Figura 9. Destinos para planeación en Promine.

En el ícono *Tipos de obras* se pueden definir asignaciones a obras de desarrollo, preparación, exploración, o la clasificación que el planeador crea pertinente; en las cuales el software permite establecer diferentes recursos y materiales propios para desarrollar dicha obra, así como las dimensiones de la obra, el avance y los costos (figuras 10 y 11).

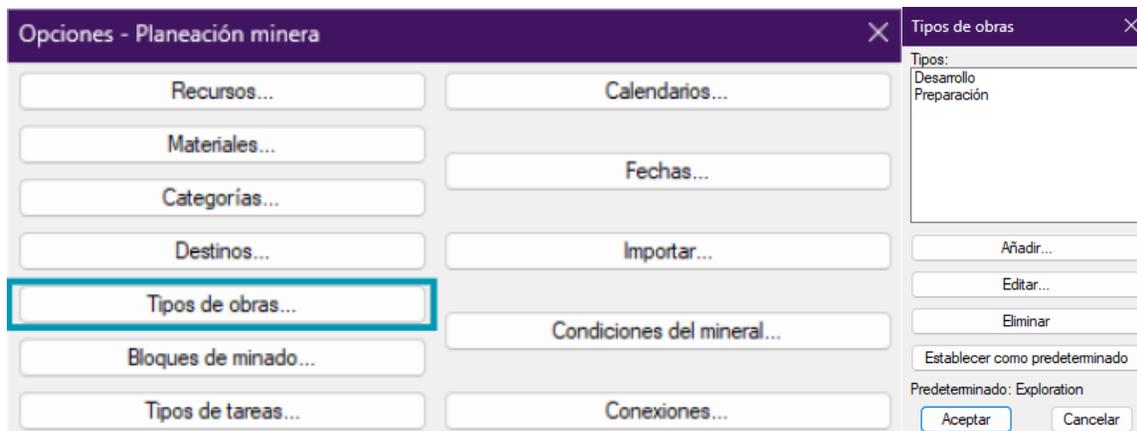


Figura 10. Obras para planeación en Promine.

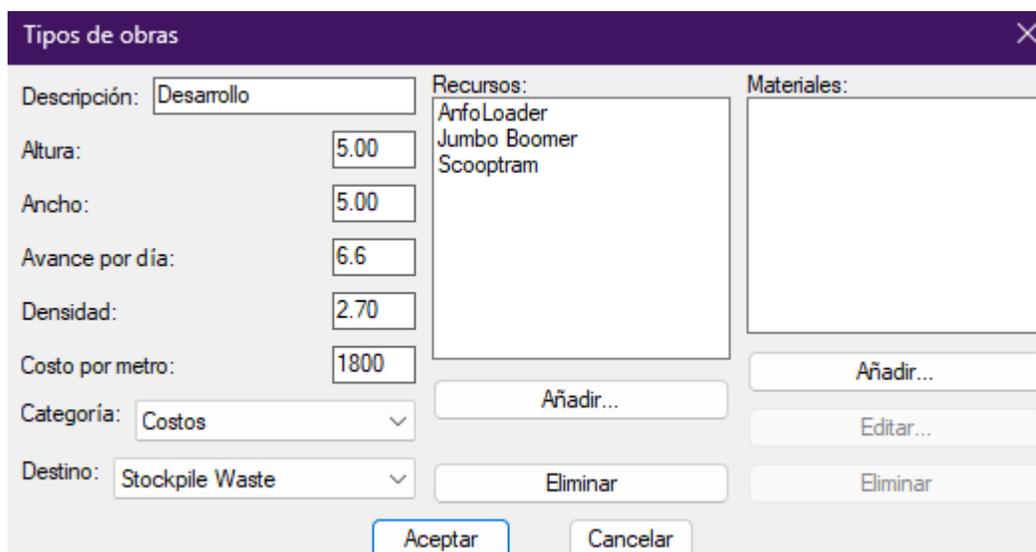


Figura 11. Características asignables a los tipos de obras.

El ícono *Bloques de minado* permite definir los bloques de mineral de acuerdo con su ley contenida, producción diaria, costos de producción por tonelada y asignación de recursos y materiales, como puede observarse en las figuras 12 y 13.

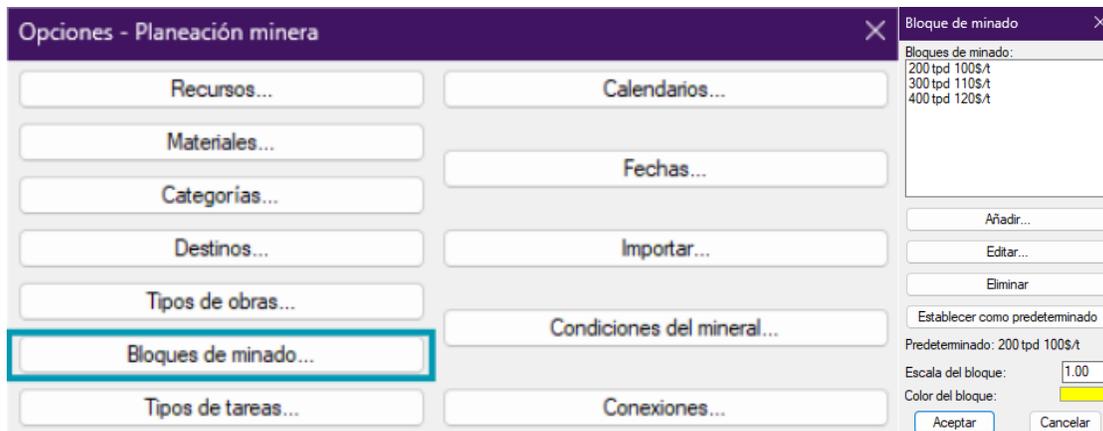


Figura 12. Bloques de minado para planeación en Promine.

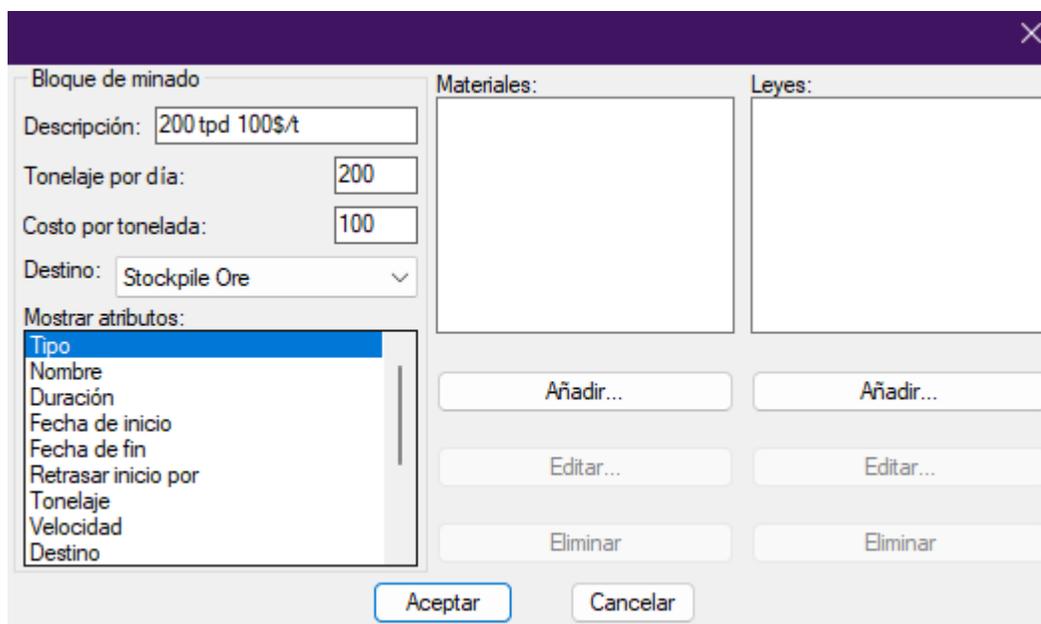


Figura 13. Características asignables a los bloques de minado.

En el ícono *Tipos de tareas* se definen las más comunes que son ventilación, servicios y fortificación, con capacidad de añadir más tareas a consideración propia, a dichas tareas pueden asignarse recursos, materiales y costo por día en caso de ser necesario (ver figura 14 y 15).



Figura 14. Tareas para planeación en Promine.

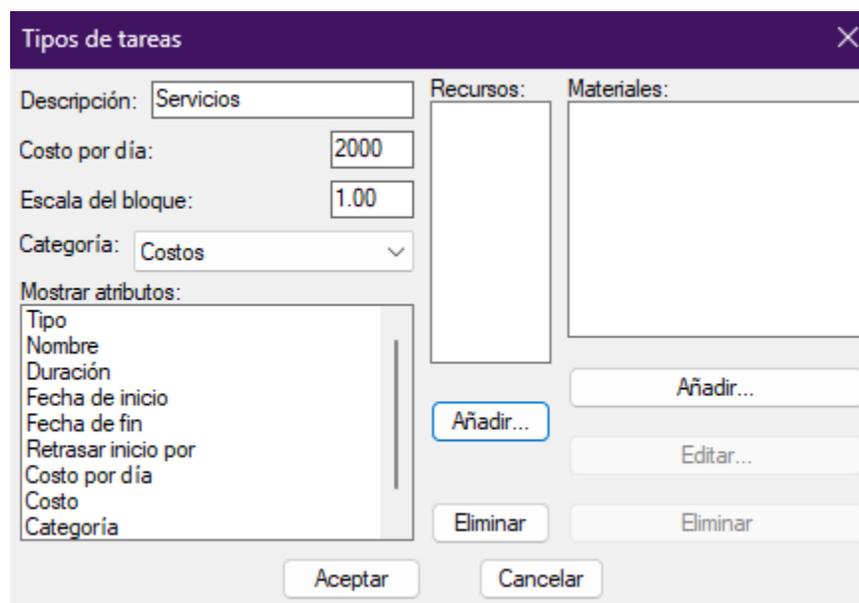


Figura 15. Características asignables a las tareas.

El ícono de *Calendarios* permite establecer días no laborables según cierta periodicidad (figura 16); las fechas modifican el formato para visualización de estas; en las condiciones del mineral se puede asignar la ley mineral o contenido; en las conexiones se pueden importar recursos o materiales por medio de valores separados por comas (.csv). Para finalizar el archivo de planeación puede ser exportado guardando todos los parámetros previamente establecidos, la extensión de este archivo es \*.def.

Calendario - Elige días no laborables

Nombre:

Año: 2024

Frecuencia	Día	Día de la semana	Mes	Descripción	
<input type="text"/>	Eliminar				
<input type="text"/>	Eliminar				
<input type="text"/>	Eliminar				
<input type="text"/>	Eliminar				
<input type="text"/>	Eliminar				

Página 1 de 1

Figura 16. Calendario para planeación en Promine.



### **3. Metodología**

La metodología se plasmará en el diagrama de flujo mostrado en la figura 17, comenzando con la definición del tema y estableciendo los alcances del trabajo.

Para realizar la planeación a corto plazo de la mina se debe comenzar desde la generación de la base de datos en Promine, establecer el sitio a laborar, las capas con las que se van a trabajar e importar la topografía del lugar. Posteriormente se debe solicitar la información operativa correspondiente a Minera la Negra, con el fin de desarrollar un planteamiento que describa las condiciones de operación de la mina, como el método de minado, condiciones geológicas, mineralización, flotilla de equipos, insumos utilizados y costos unitarios. Una vez descrito el método de minado de tumbe por subniveles, el cual es el método elegido para este trabajo, se debe definir el modelo de reservas a utilizar, en conjunto con una meta de producción diaria, con el objeto de hacer un análisis de tiempos para el ciclo operativo.

Posteriormente, se hará un desglose de costos y un análisis de costos unitarios de cada recurso y material empleado para finalizar un ciclo operativo. Siguiendo el diagrama, se comenzará con el desarrollo de obras y se señalarán las fechas de finalización de cada obra en el plano CAD de la mina.

Se continuará con la definición de bloques a minar para determinar un costo general por bloque que incluya todos los recursos y materiales empleados, para finalmente obtener un plan de minado que integre los periodos semanales, mensuales y anual, generando un reporte de costos y gastos operativos de cada periodo.

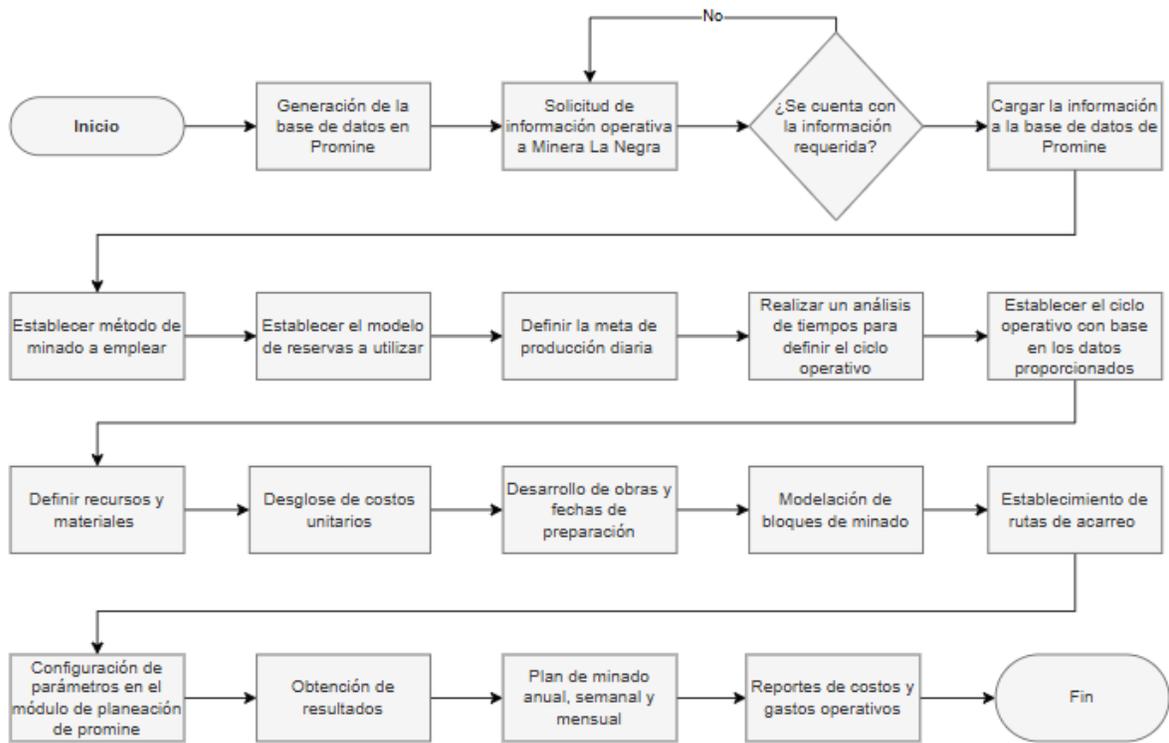


Figura 17. Diagrama de flujo de la metodología



## 4. Caso de estudio, Minera la Negra

Como ya se mencionó anteriormente, el trabajo a realizar se basará en una campaña de barrenación de exploración realizada en 2021 de Minera la Negra (Britton et al., 2022), la cual está ubicada en Maconí, en el municipio de Cadereyta en Querétaro, México (figura 18).



Figura 18. Ubicación de la mina (Google Earth).

### 4.1. Historia

La historia de la mina comenzó cuando los españoles empezaron a explotar minas en el distrito en el siglo XVI y en los alrededores de Maconí a finales del siglo XVII, cabe resaltar que en Maconí funcionaron varias fundiciones que recuperaban plomo con valores de plata. A finales del siglo XIX la mina y la fundición fueron explotadas por Víctor Beurang, cónsul general de Bélgica en México, y posteriormente por su hijo, hasta que vendió el activo a Oscar y Thomas Braniff a principios del siglo XX. El efecto combinado de la Revolución Mexicana y la metalurgia más compleja en profundidad llevaron a la suspensión de las operaciones. En 1950 la propiedad fue adquirida a los Braniff por la Compañía Minera Acoma, S.A., que llevó a cabo un

infructuoso programa de exploración y posteriormente abandonó el proyecto. Peñoles, que había explotado una pequeña fundición a 10 km de distancia en la zona de El Doctor, adquirió la propiedad a principios de la década de 1960 y llevó a cabo un programa de cartografía, muestreo y prospección magnética que dio como resultado el descubrimiento del yacimiento de El Alacrán y confirmó la mineralización previamente conocida en la Negra. La explotación minera comenzó en 1967 y la producción en 1971 (Britton et al., 2022).

En la descripción histórica realizada por Britton (2022), también menciona que en 2001 la propiedad fue puesta en cuidado y mantenimiento debido a los bajos precios de los metales, y la propiedad fue adquirida por Aurcana en 2006 y reanudó la minería en el segundo trimestre de 2007. En 2016, la propiedad pasó a Orion como parte de un Plan de Arreglo sancionado por un tribunal, tras la incapacidad de Aurcana de reembolsar ciertas cantidades adeudadas a Orion. La mina operó de manera continua durante 2016 y 2017, pero estuvo cerrada de noviembre de 2018 a agosto de 2019 mientras se realizaban algunas labores de remediación en la instalación TSF5A y se obtenía el permiso de CONAGUA para reiniciar. A principios de 2019 se cerró la operación debido al paro por Covid-19 ordenado por el gobierno. Se tomó la decisión de no reiniciar cuando se reabrió el sector minero, sino enfocarse en resolver varios asuntos pendientes y llevar a cabo un programa de exploración y un nuevo estudio técnico antes de reiniciar la mina. En 2021 Orion se alió con una empresa de nombre M Grupo, dando pauta al reinicio de Minera la Negra para el año 2024.

Entre 1971 y finales de 2020, la mina produjo aproximadamente 14,6 Mt con una ley media de 107 g/t de plata, 0.59% de plomo, 1.95% de zinc y 0.66% de cobre (Britton et al., 2022).

## 4.2. Geología

En cuanto a la columna estratigráfica de esta región, su base se compone de un depósito de rocas volcánoclasticas de composición riolítica y andesítica, las cuales están intercaladas con lutita y caliza denominadas *Formación Las Trancas*, también se encuentra la *Formación El Doctor* que presenta espesores de 1,500 a 2,000 m y está constituida mayormente por calizas con estructuras y texturas variadas que se distribuyen en una serie de franjas orientadas al noroeste como se observa en la figura 19 (SGM, 1998), finalmente en la mina se encuentra una pequeña formación denominada *El Yontbe*, la cual está formada principalmente por diorita y granodiorita de acuerdo a la columna estratigráfica mostrada en la figura 20 (Britton et al, 2022).

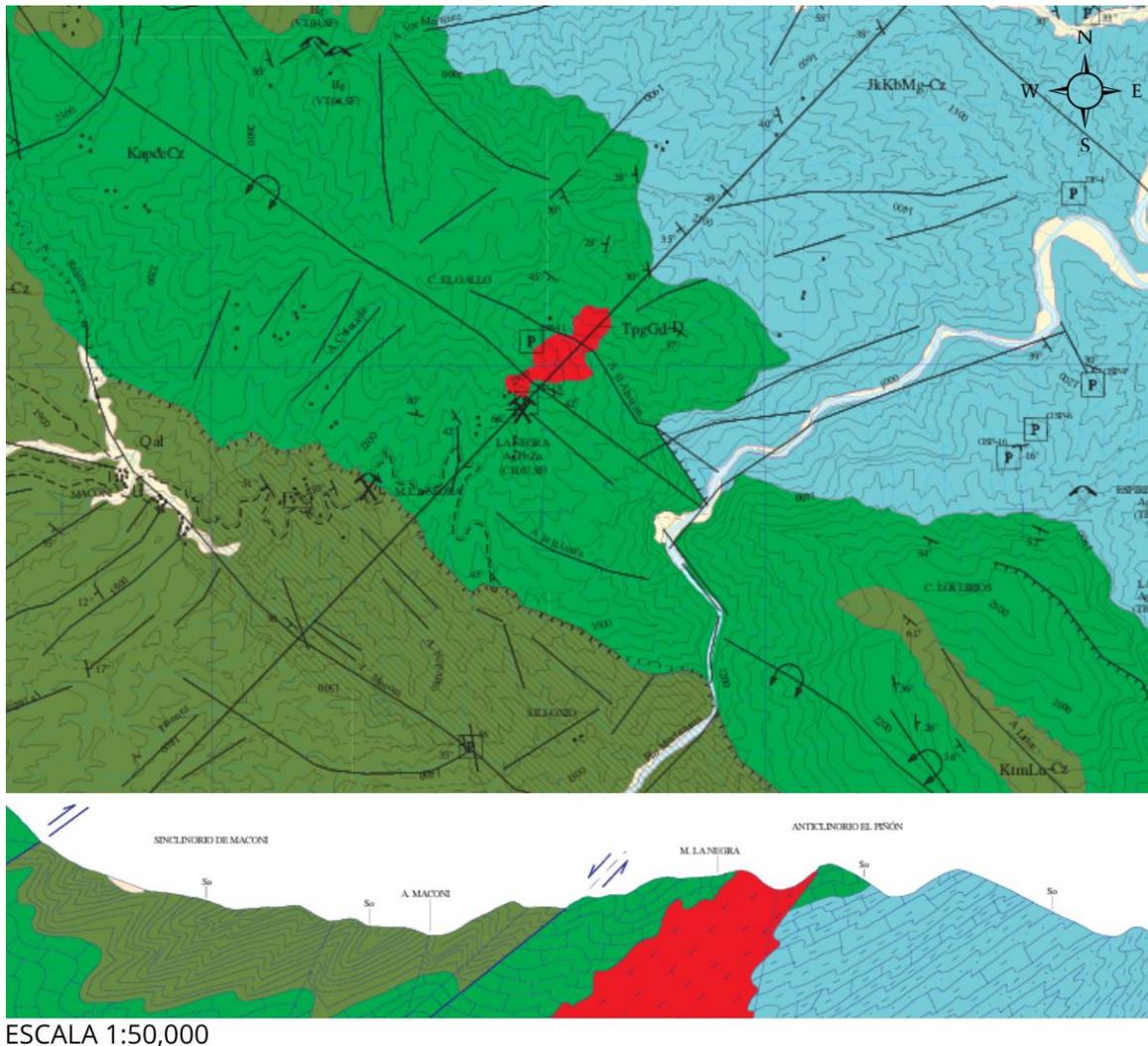


Figura 19. Geología Regional (SGM, 1998).

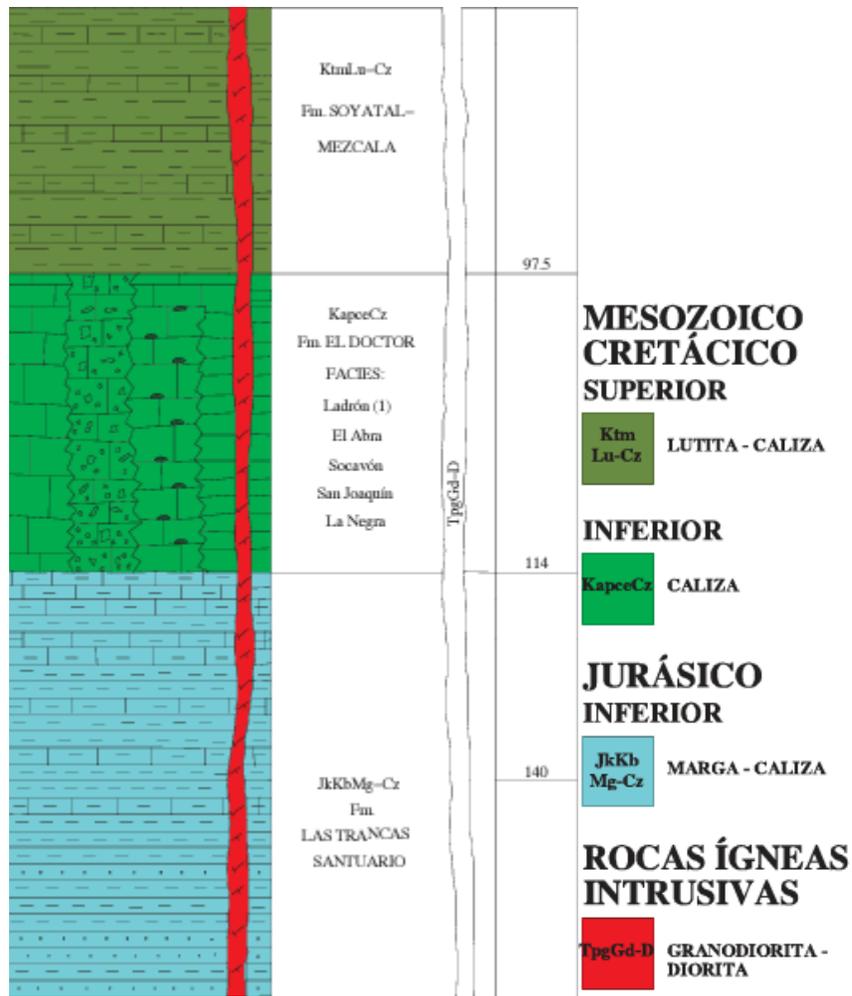


Figura 20. Columna estratigráfica (SGM, 1998).

### 4.3. Mineralización

El yacimiento presente es de tipo skarn con cuatro etapas presentes según Britton (2022), la cuarta etapa de formación arroja los minerales de mena y ganga principales como se muestran en la figura 21. Los últimos minerales en formarse fueron la galena y los minerales asociados que contienen plata.

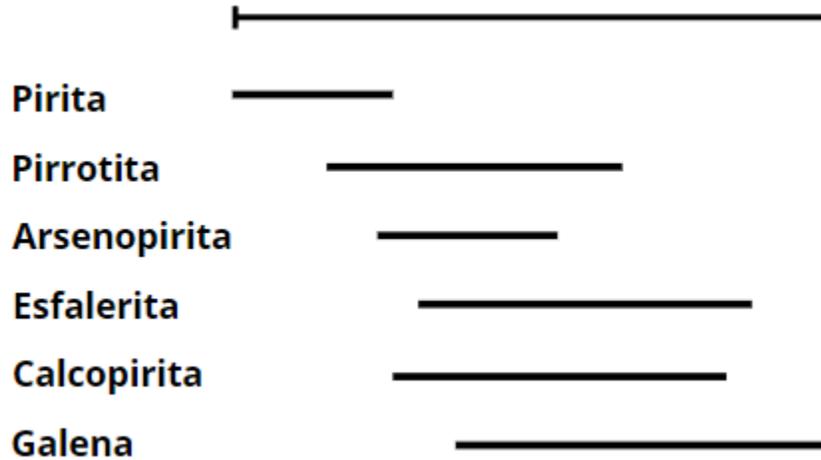


Figura 21. Mineralización en la Negra. (Traducido de Britton et al., 2022).

El personal de Minera la Negra definió las densidades de mineral y tepetate como un estándar por practicidad, se tiene establecida la densidad de mineral de  $3.2 \text{ g/cm}^3$  y de tepetate de  $2.8 \text{ g/cm}^3$ .

#### 4.4. Geotecnia

Según Britton (2022), con base a las observaciones de las condiciones del terreno en la Negra, el Índice de Resistencia Geológica (GSI) para la mina oscila entre 40 y 80, con la mayoría de las lecturas entre 60 y 75 y las lecturas más bajas se producen sólo en las zonas con fallas (figura 22).

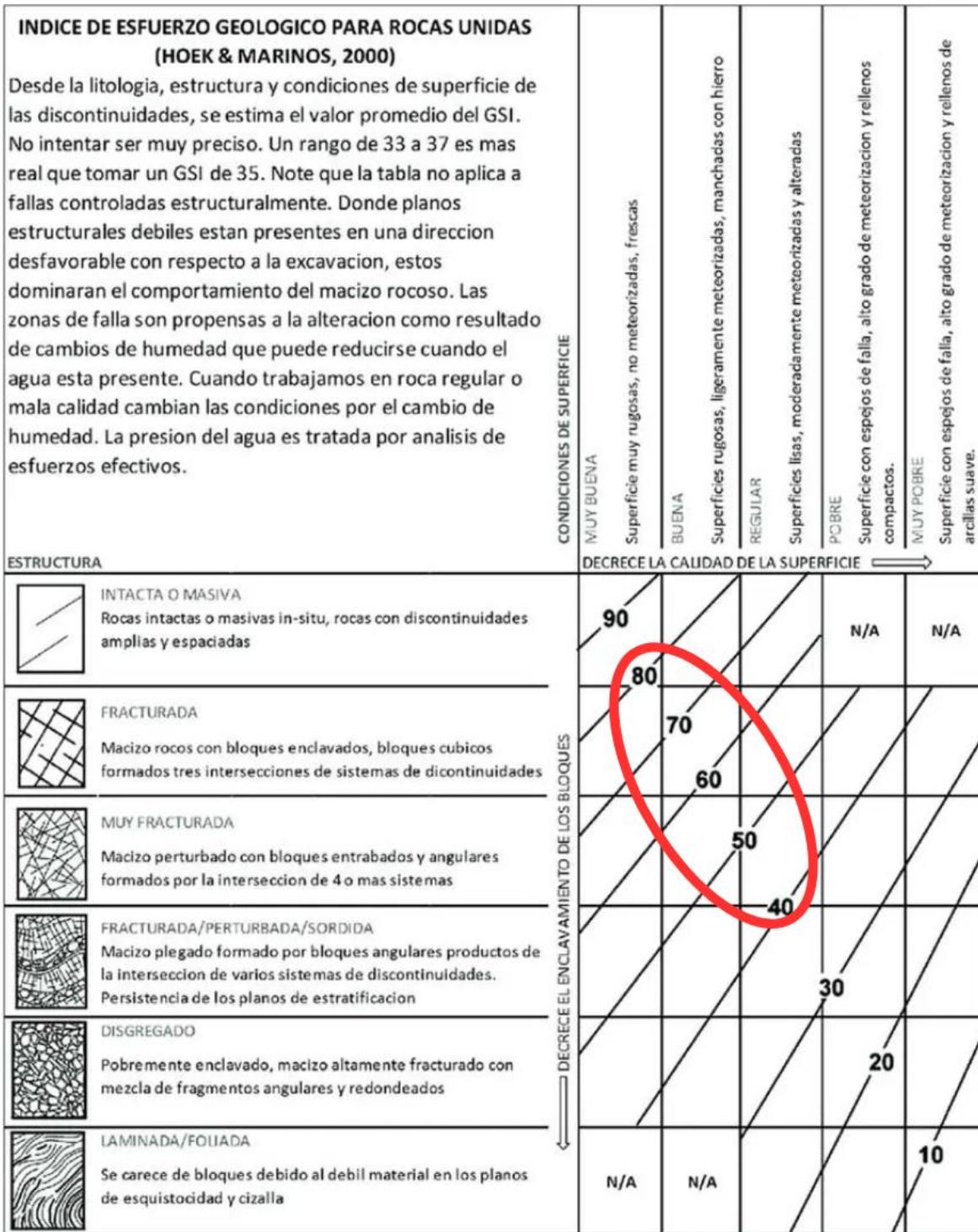


Figura 22. GSI evaluado en campo (Traducido de Britton et al., 2022).

De acuerdo con lo establecido en el GSI, Britton estipula que los valores arrojados por el GSI tienen correlación con los valores calculados de Q (índice de competencia de un macizo rocoso), RMR (Sistema de clasificación geomecánica del macizo rocoso) y resistencia UCS (Resistencia a la compresión uniaxial), la cual se determinó con base en la litología por A-Geomining y Mining Plus (tabla 3).

Tabla 3. RMR de litología en la Negra (Britton et al., 2022).

Zona	Litología	Propiedades mecánicas UCS (MPa)			Propiedades geotécnicas (Valor Q)			RMR
		Min	Max	Promedio	Min	Max	Promedio	
la Negra	Skarn	15.5	161.6	89.1	5.7	24.8	15.3	Muy buena
	Diorita	103	103	103				
	Caliza	7.7	54.7	31.2				

De acuerdo con lo anterior, la geometría recomendada para el rebaje abierto es de 20 m de largo por 20 m de alto y 6 m de ancho, extraído a lo largo del rumbo de la formación de vetas en una secuencia de retroceso utilizando una orientación longitudinal, aunque se considerará la extracción transversal en áreas donde la mineralización tenga más de 6 m de ancho. Asimismo, la fortificación requerida ha sido la mínima en caso de encontrar fallas o caídos de roca constantes, debido a la competencia de la roca (Britton et al., 2022).

#### 4.5. Métodos de minado

Actualmente se emplean dos métodos de minado dependiendo la forma del cuerpo mineral a explotar, el método mayormente empleado es la barrenación larga de tumble por subniveles, también se emplea en algunos cuerpos el método de salones y pilares (Britton et al., 2022).

Por efectos de este trabajo, se detallará la explicación de tumble por subniveles transversales, ya que será el método propuesto para realizar la planeación a corto plazo de la unidad minera.

El método de rebajes abiertos (Open Stope) es la técnica de minado que consiste en extraer mineral de un cuerpo mineralizado ya sea por tajadas verticales u horizontales, dejando una cavidad al final de la explotación, la cual, dependiendo de las condiciones del macizo rocoso varía de tamaño, además los rebajes se van ajustando a la forma de la mineralización (Álvarez, 2024).

A partir del método de rebajes abiertos se genera el método de tumba por subniveles transversales, el cual consiste en preparar rebajes en el cuerpo mineralizado (Álvarez, 2024), normalmente se emplea en vetas de gran potencia con buzamiento pronunciado y chimeneas. Una vez preparado el cuerpo la producción comienza mediante barrenación en abanico o paralelo conforme a la forma y potencia de la mineralización, se cargan las zonas de interés, las cuales se conforman entre niveles de producción y acarreo, dando como resultado cortes a manera de capas como se observa en la figura 23, lo que permite que el mineral comience a caer a los niveles inferiores por gravedad (Minería, 2024).

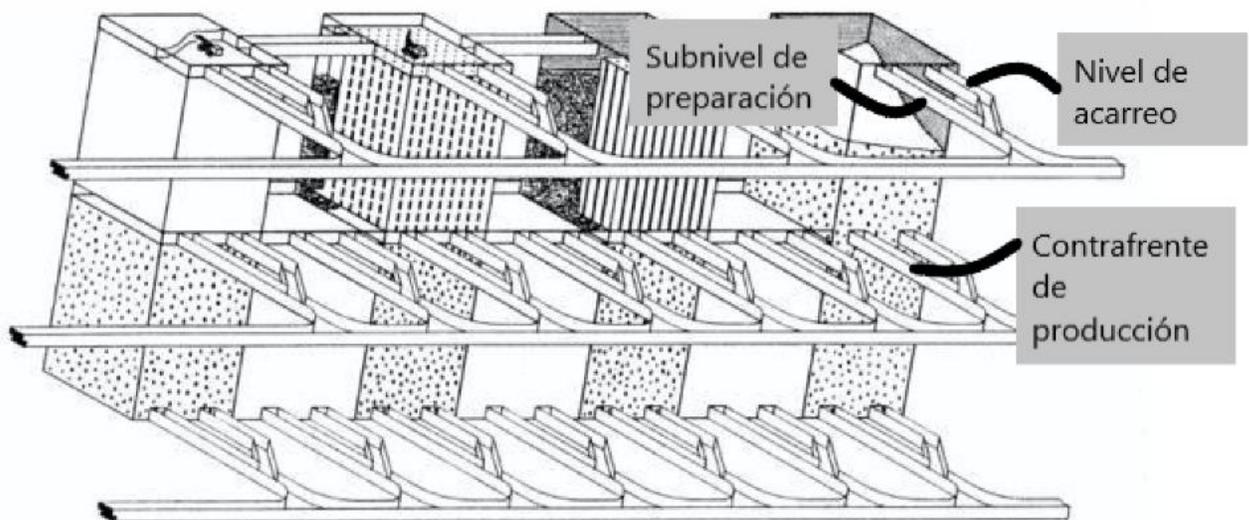


Figura 23. Descripción del método tumba por subniveles transversales (Álvarez, 2024).

## 4.6. Planteamiento

Para comenzar con el desarrollo de la planeación a corto plazo con la ayuda de Promine, se debe plantear el diseño a trabajar, cuerpos minerales y reservas, entre otros; dichos parámetros se desglosarán en este apartado.

### 4.6.1. Modelo en Promine

El modelo por utilizar se elaboró previamente con datos obtenidos de Britton (2022) a partir de la campaña de barrenación realizada en 2021 según los datos del reporte técnico realizado por Excellon Resources, el modelo de bloques obtenido se muestra en la figura 24, pero se acotaron únicamente dos cuerpos para establecer el plan de minado a corto plazo mostrados en la figura 24.

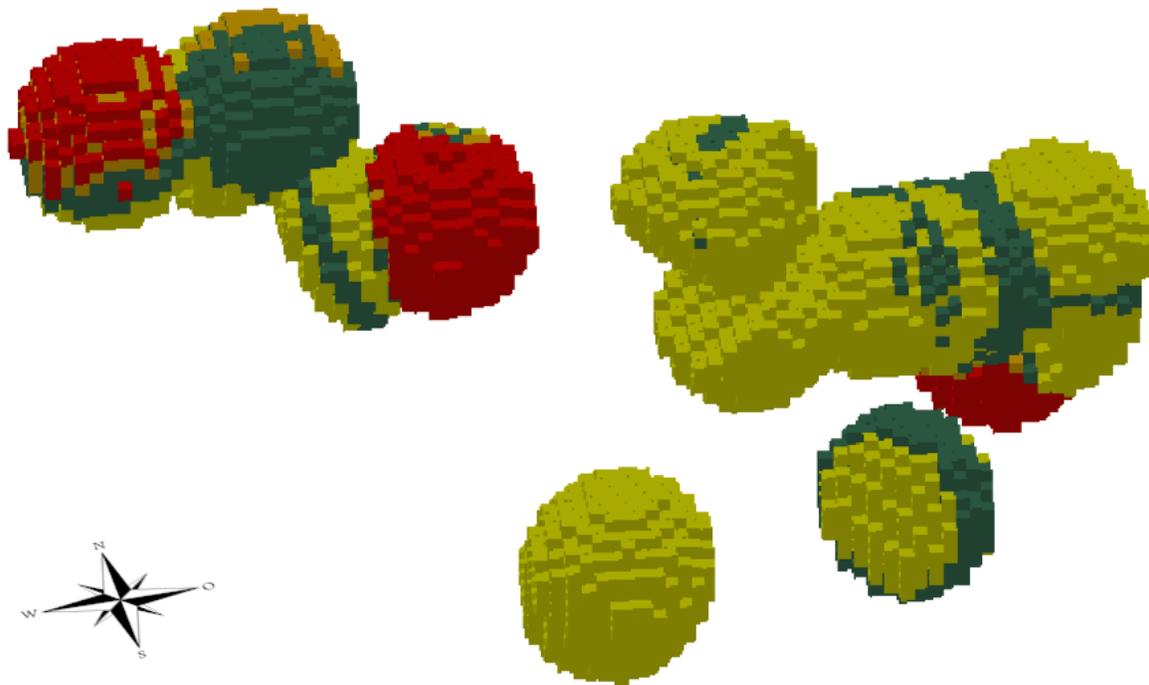


Figura 24. Modelo de bloques en Promine, vista S-W.

Los colores observados en el modelo de bloques se representan de acuerdo con la ley de equivalente de plata en g/ton. La división de colores y su ley de muestra en la tabla 4.

Tabla 4. Asignación de colores para el modelo de bloques.

Color	Ley Ag (g/ton)
Verde	0 - 70
Amarillo	70 - 100
Azul gris	100 - 150
Naranja	150 - 200
Rojo	>200

El filtrado de bloques se realizó por medio de una estimación de la ley de corte proporcionada por Minera la Negra, el resultado obtenido fue de 70 g/ton de plata, 0.5% de plomo, 1.4% de cobre y 0.8 % de zinc. Una vez filtrado el modelo de bloques, se generaron las reservas de mineral que se van a extraer, mostradas como cuerpos de color verde y amarillo como se observa en la figura 25.



Figura 25. Cuerpos minerales a trabajar, vista S-W.

#### 4.6.2. Reservas

El cuerpo representado por color verde contiene leyes bajas, el cuerpo representado por color amarillo contiene leyes medias, las reservas de dichos cuerpos se presentan en la tabla 5 y 6.

Tabla 5. Reservas cuerpo verde.

Cuerpo Verde				
Tonelaje	Ley de cabeza			
	Ag (g/t)	Cu (%)	Pb (%)	Zn (%)
22,163,532	80	1.6	1.1	1.4

Tabla 6. Reservas cuerpo amarillo.

Cuerpo Amarillo				
Tonelaje	Ley de cabeza			
	Ag (g/t)	Cu (%)	Pb (%)	Zn (%)
8,852,458	106	2.3	1.9	1.8

#### 4.6.3. Meta de producción esperada

De acuerdo con los datos proporcionados por la mina, la meta de producción ideal está estipulada en 4,000 tpd, el año laboral en la mina corresponde a 352 con dos turnos de 12 horas laboradas al día conforme a la información proporcionada por Minera la Negra. La relación de explotación de los cuerpos minerales presentes será de 2 verde a 1 amarillo con el fin de definir el tonelaje a explotar.

La ecuación (1) se propone para definir la ley de cabeza por metal, la cual toma en cuenta el tonelaje y el contenido de cada cuerpo mineral, los resultados se muestran en la tabla 7. El desglose de cálculos se encuentra en el anexo de cálculos, apartado 4.6.3 de este trabajo.

$$\text{Ley de Cabeza} = \frac{(\text{ley } a * \text{tonelaje } a) + (\text{ley } v * \text{tonelaje } v)}{\text{tonelaje } a + \text{tonelaje } v} \dots \dots \dots Ec(1)$$

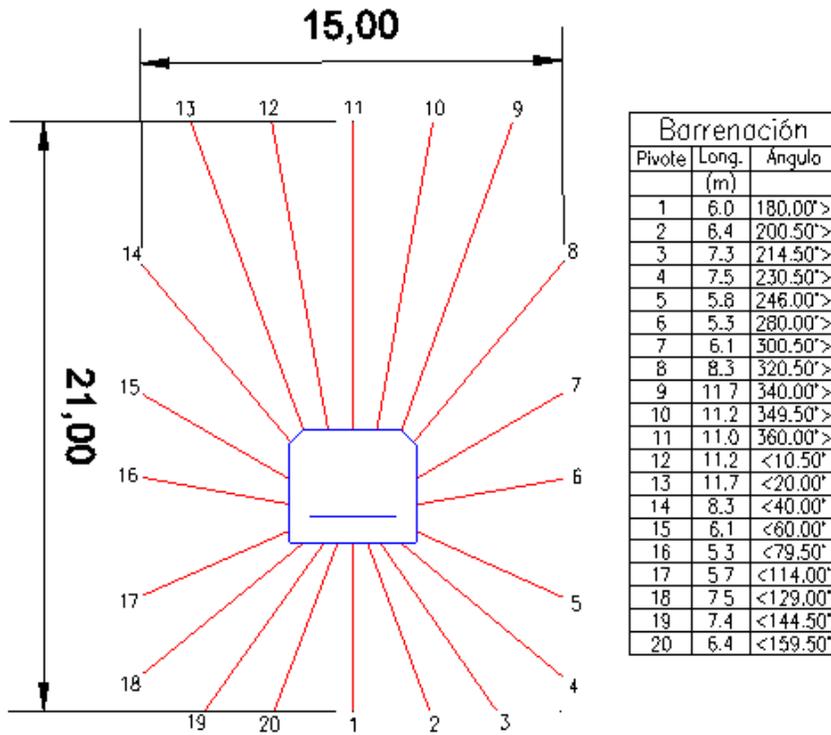
Tabla 7. Meta de producción anual, mensual y semanal a cumplir con las leyes de cabeza correspondientes de ambos cuerpos.

	Tonelaje anual	Tonelaje mensual	Tonelaje semanal	Ley de cabeza			
				Ag (g/t)	Cu (%)	Pb (%)	Zn (%)
Total	1,408,000	120,000	280,00	87.4	1.8	1.3	1.5
Cuerpo amarillo	469,333	40,000	9,333				
Cuerpo verde	938,666	80,000	18,666				

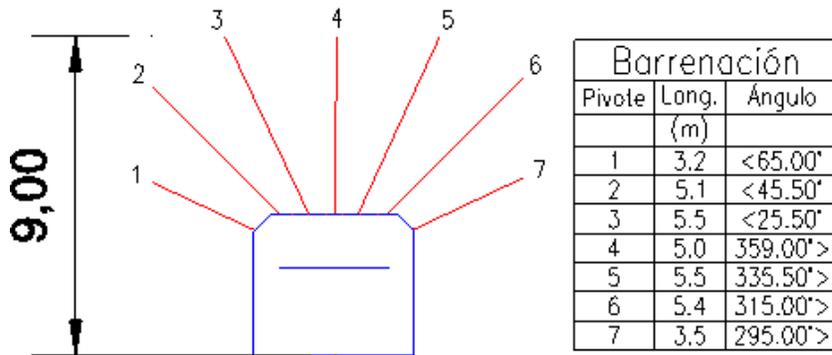
Estos tonelajes representan la meta de mineral a extraer, así mismo se deberá realizar un análisis de los tiempos de cada una de las operaciones productivas que definan el ciclo operativo de la mina, esto con el fin de conocer el número de rebajes requeridos para cumplir con la producción diaria.

#### 4.6.4. Plantilla para tumba

La plantilla propuesta para el tumba se realizó en Promine y se muestra en la figura 26, la cual es una adaptación de la plantilla mostrada por Álvarez (2024), correspondiente a la minera Ray Rock en Antofagasta, Chile. Dicha plantilla se compone de barrenación ascendente y descendente desde dos niveles de preparación con un diámetro de 2 ½". Asimismo, se muestra la distribución de barrenos, longitudes y ángulos de inclinación.



Plantilla para tumba  
 Equipo: Simba  
 Diámetro: 2 ½"  
 Bordo: 2m  
 Espaciamiento: 1m



Cono de captación  
 Equipo: Simba  
 Diámetro: 2 ½"  
 Bordo: 2 m  
 Espaciamiento: 1m

Figura 26. Plantilla para tumba, vista frontal.

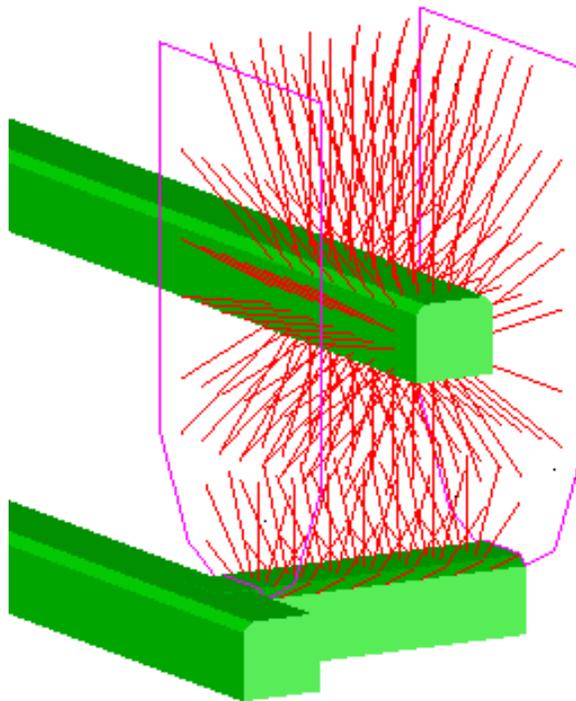


Figura 27. Distribución de barrenos y volumen por voladura, vista isométrica.

La figura 27 muestra la totalidad de barrenos en color rojo y el volumen a tumbar de color rosa, a continuación, en la tabla 8 se muestran los metros lineales totales a barrenar al igual que el volumen y tonelaje esperado en cada disparo.

Tabla 8. Generalidades de barrenación en tumbe.

<b>Barrenación</b>	<b>Metros lineales</b>	<b>Barrenos</b>	<b>Volumen (m3)</b>	<b>Tonelaje</b>
<i>Cono</i>	232.4	49	1209.3	3869.8
<i>Producción</i>	938	140	4662.5	14792.2
<i>Total</i>	1170.4	289	5831.9	18662

#### 4.6.5. Plantilla de barrenación de desarrollo y preparación

La plantilla de barrenación para desarrollo y preparación corresponde a una vieja propuesta realizada por ingenieros de Minera la Negra, la cuál será utilizada para el desarrollo de esta tesis, dicha plantilla se muestra en la figura 28.

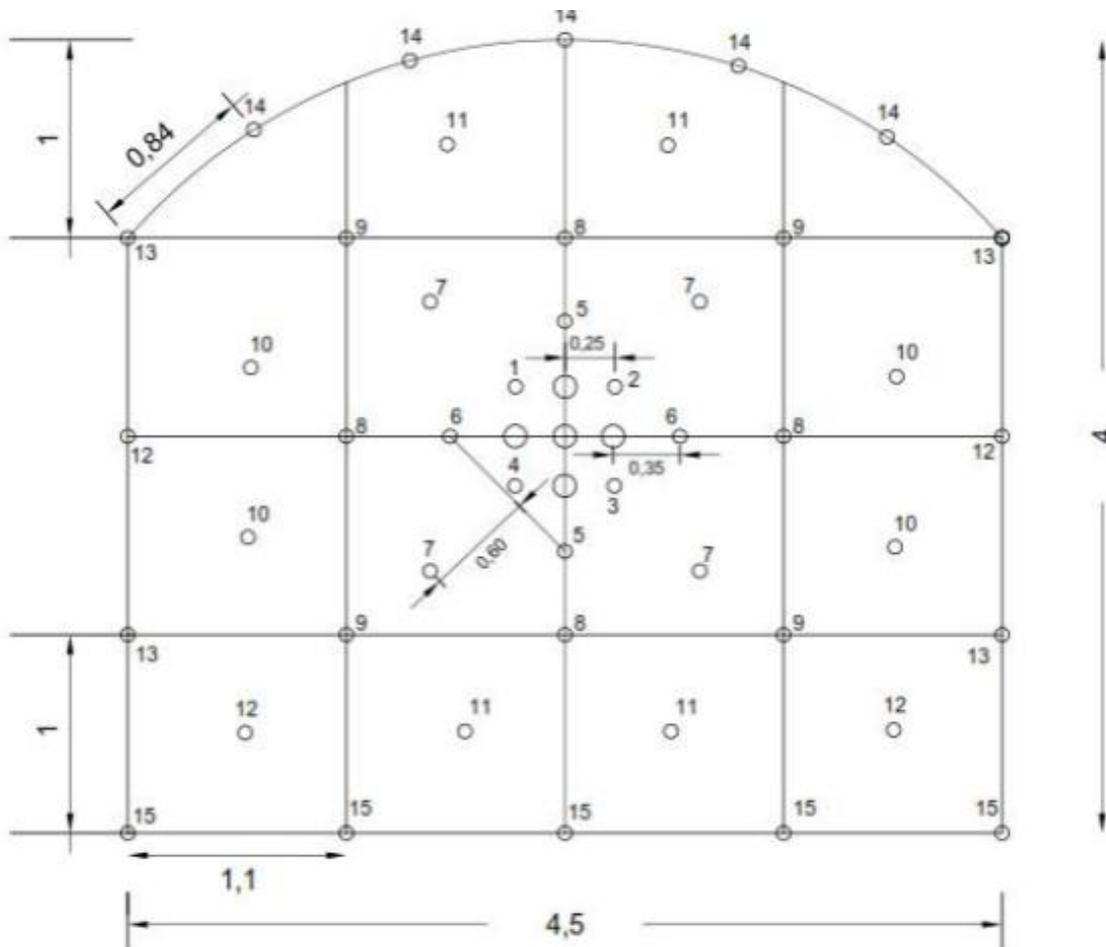


Figura 28. Plantilla de desarrollo y producción, vista frontal (MLN).

La plantilla cuenta con 46 barrenos cargados y 5 barrenos de aire escariados que forman la cuña generadora de cara libre, con un total de 51 barrenos, la tabla 9 muestra las generalidades de la plantilla.

Tabla 9. Generalidades de la plantilla de preparación y desarrollo.

Barra	Avance con eficiencia al 80%	Barrenos cargados	Barrenos de aire	Metros a barrenar	Volumen
4.87 m	3.9 m	46	5	199	70.2 m <sup>3</sup>

#### 4.6.6. Nivel de acarreo y producción

La figura 29 muestra la distribución del nivel de acarreo y el contrafrente de producción, con una separación ente ambas obras de 10 metros y entre líneas de centro de cruceros de 10 metros, con un ángulo de 60°. Dicha distribución se propuso a partir de un esquema de producción de tumbe por subniveles mostrado por Álvarez (2024), con el fin de facilitar el ataque, carga y descarga del mineral.

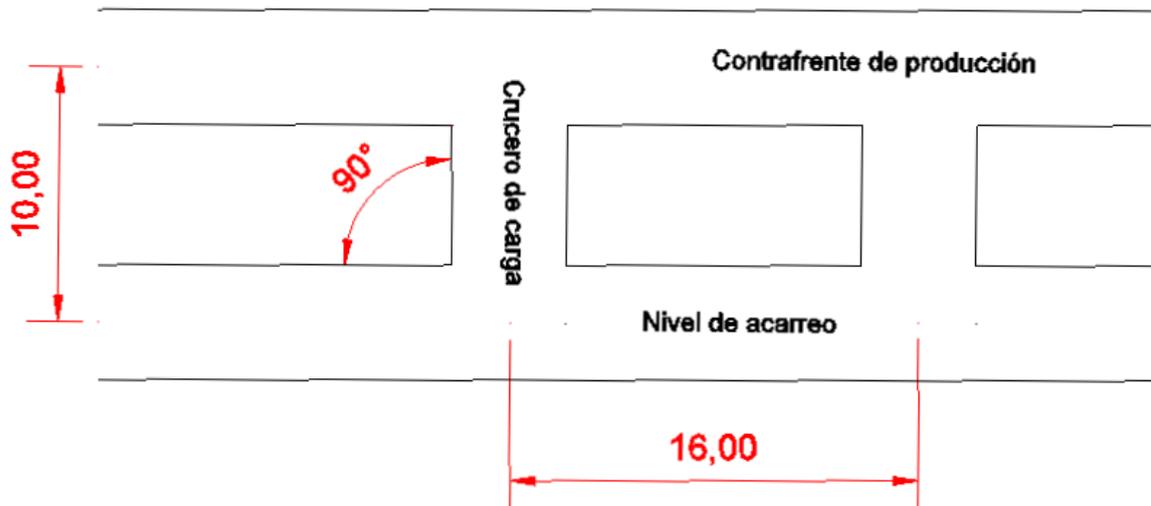


Figura 29. Nivel de acarreo y producción, vista de planta.



## **5. Desarrollo de la planeación a corto plazo**

Una vez expuesto el caso de estudio y las condiciones principales como la meta de producción, cuerpos a explotar y modelo de bloques, se comienza con la parte fundamental de este trabajo, el desarrollo de la planeación a corto plazo.

### **5.1. Ciclo operativo y análisis de tiempos**

El desarrollo de la planeación debe comenzar con la definición de los ciclos operativos para realizar un análisis de tiempos que permita conocer la capacidad de avance que tiene la mina con los equipos y el personal que cuenta.

#### **5.1.1. Análisis de tiempos del ciclo operativo**

Es necesario realizar un análisis de tiempos por proceso operativo, que defina el número de turnos requeridos para dicho proceso, este número de turnos puede variar dependiendo la finalidad del proceso operativo, ya sea barrenación de producción, barrenación de preparación, cargado, voladura, amacice, rezagado y acarreo en producción o en preparación.

Se comienza con el análisis de tiempos por actividad operativa, para el cual se tienen estipulados tiempos estándar con valores aproximados a la realidad operativa, dichos valores han sido proporcionados por Minera la Negra y complementados con el reporte técnico realizado por Britton. El desglose de cálculos para el análisis de tiempos se encuentra en el anexo de cálculos, apartado 5.1.1 de este trabajo.

En la mina se trabajará en dos turnos de 12 horas cada uno, con un 60% de tiempo efectivo de trabajo, cada actividad operativa se representa en una tabla de análisis de tiempos como se muestra a continuación.

Para la barrenación de preparación y desarrollo se emplean jumbos de perforación, con una longitud de barra de 16 ft y una eficiencia de barrenación de 80%, la plantilla empleada en estos casos corresponde a 51 barrenos con una sección de obra de 4 por 4.5 metros, el análisis de tiempos se desarrolló por medio de la velocidad de perforación de los jumbos de barrenación proporcionada por Minera la Negra, la cual corresponde a 30 m/h, con dichos datos y los metros a barrenar se obtienen los turnos para completar la actividad como representa en la tabla 10.

Tabla 10. Análisis de tiempos de barrenación de preparación y desarrollo.

**Barrenación de preparación y desarrollo**

Tiempo efectivo de trabajo	Velocidad de perforación (m/h)	Capacidad de barrenación por turno (m)	Metros a barrenar	Turnos para completar la actividad
7.2 h	30	216	199	0.92

En la barrenación larga se emplean simbas de perforación, con una longitud de banco de 15 metros, la plantilla empleada corresponde a 289 barrenos, el análisis de tiempos se realizó de acuerdo con la velocidad de perforación estándar de 20 m/h y con los metros totales a barrenar de acuerdo con el tipo de barrenación como representa en la tabla 11.

Tabla 11. Análisis de tiempos de barrenación de producción.

**Barrenación de producción**

Tiempo efectivo de trabajo	Tipo de barrenación	Velocidad de perforación (m/h)	Capacidad de barrenación por turno (m)	Metros a barrenar	Turnos para completar la actividad
7.2 h	Cono	20	144	232.4	1.61
	Producción			938	6.51
	Total				1170.4

El cargado se realiza una vez por frente o banco donde se va a realizar la voladura, por lo que se establecen tiempos promedio de cargado expresados en la tabla 12,

que se incluirán en el ciclo operativo. La voladura tiene un horario establecido que se definirá en el ciclo operativo, por lo que se realiza de manera secuencial e inmediata, con una duración de 1 hora con fines de ventilación.

Tabla 12. Análisis de tiempos de cargado.

**Cargado**

<i>Tiempo efectivo de trabajo</i>	Tiempo promedio de cargado en preparación (turnos)	Tiempo promedio de cargado en producción (turnos)
7.2 h	0.07	0.42

Como actividad consecuente a la voladura se encuentra el amacice, siendo una actividad con una duración corta que se realiza previamente al rezagado, por lo que se incluye dentro del ciclo sin generar un gran impacto en la duración de este.

El rezagado y el acarreo en producción de mineral son actividades operativas conjuntas, las cuales se llevan a cabo de manera simultánea. Los cargadores frontales tipo LHD empleados tienen una capacidad de 6 yd<sup>3</sup> (4.6 m<sup>3</sup>) y los camiones de acarreo cuentan con una capacidad de 37 yd<sup>3</sup> (28.3 m<sup>3</sup>), para realizar el análisis de tiempos representado en la tabla 13 se parte con la información de 10 cucharones rezagados por hora, lo que otorga la información de los metros cúbicos rezagados por turno y los turnos requeridos para finalizar la actividad.

Los viajes requeridos por turno se obtuvieron considerando los metros cúbicos rezagados por turno y la capacidad del camión. Conforme a la información proporcionada por Minera la Negra, un tiempo estimado de ida y vuelta de un camión en el punto más lejano es de 30 minutos, por lo que se tomará un tiempo de 30 minutos de ida y vuelta por camión, rezagando aproximadamente 10 cucharones por hora para preparación y 8 cucharones por hora para producción.

Tabla 13. Análisis de tiempos de rezagado y acarreo

**Rezagado y acarreo**

<i>Tiempo efectivo de trabajo</i>	Cucharones por turno	Ida y vuelta de camión (min)	Capacidad de rezaga y acarreo por turno (m <sup>3</sup> )	Tiempo de espera por camión (min)	Volumen a rezagar y acarrear (m3)	Número de camiones	Turnos para completar
7.2 h	Preparación						
	72	32	175.3	32	70.2	1	0.44
	Producción						
	58	32	265.6	4	5646.1	2	17

De acuerdo con el análisis de tiempos operativos, en el siguiente punto se establecerán los ciclos operativos conforme a la lista de actividades a realizar, dependiendo el tipo de obra que se desee desarrollar. Dicho análisis de tiempos corresponde a una estimación promedio, que se establece como base para para planear la operación de frentes simultáneas, preparación y producción, así también se consideran las áreas minables disponibles para dar continuidad a la operación.

**5.1.2. Ciclo operativo de Minera la Negra**

El ciclo operativo, como ya se definió en el marco teórico, organiza las actividades productivas a realizar para culminar un ciclo de tumbe de mineral, este es planteado con base en el análisis de tiempos realizado con datos reales proporcionados por la mina, los ciclos se dividirán en partes: la preparación y desarrollo, la producción en cono de captación y la producción en rebaje.

La tabla 14 muestra el esquema de producción el cual se compone de 14 días, detallando los ciclos operativos y la cantidad producida al día por actividad, tomando en cuenta ambos turnos. Del día 1 al día 4 se llevará a cabo el ciclo de producción en cono de captación, completando la barrenación y voladura el día 1, para que los

días 2, 3 y 4 se realice el acarreo. Del día 2 al día 14 se ejecutará el ciclo de producción en rebaje con 4 días correspondientes a barrenación y voladura y 9 días de rezagado y acarreo, el ciclo de preparación tiene duración de 1 día, se estima realizar dos disparos al día ya que se pueden distribuir por turnos las actividades de barrenación y rezagado. Asimismo, se expresan las toneladas al día extraídas, la diferencia de toneladas, la cual confirma que se cumple con la producción esperada de un rebaje que es de 1,333 toneladas por día, existiendo una diferencia positiva o negativa .de acuerdo con la diferencia entre las toneladas producidas al día y las toneladas esperadas para un rebaje. Esto se debe a la secuenciación de actividades del ciclo de producción, la cual baja en perforación y voladura, pero tiende a subir y sobrepasar la producción diaria por rebaje, nivelando las toneladas faltantes los días anteriores.

Tabla 14. Esquema de ciclos operativos de producción y preparación.

Ciclo	Actividad	Día						
		1	2	3	4	5	6	7
Producción en cono	Barrenación	49 barrenos						
	Voladura y ventilación	49 barrenos						
	Rezagado y acarreo		1700	1700	469.8			
Producción en rebaje	Barrenación		42 barrenos	42 barrenos	42 barrenos	14 barrenos		
	Voladura y ventilación					140 barrenos		
	Rezagado y acarreo						1700	1700
<b>Toneladas al día</b>		<b>0</b>	<b>1700</b>	<b>1700</b>	<b>469.8</b>	<b>0</b>	<b>1700</b>	<b>1700</b>
<b>Diferencia de toneladas</b>		<b>-1333.33</b>	<b>366.67</b>	<b>366.67</b>	<b>-863.53</b>	<b>-1333.33</b>	<b>366.67</b>	<b>366.67</b>
<b>Total, de toneladas</b>		<b>7269.8 ton</b>						
Preparación	Barrenación	102 barrenos	102 barrenos	102 barrenos	102 barrenos	102 barrenos	102 barrenos	102 barrenos
	Voladura y ventilación	102 barrenos	102 barrenos	102 barrenos	102 barrenos	102 barrenos	102 barrenos	102 barrenos
	Rezagado y acarreo	140.4 m3	140.4 m4	140.4 m5	140.4 m6	140.4 m7	140.4 m8	140.4 m9
	Avance al día	7.8 m	7.8 m	7.8 m	7.8 m	7.8 m	7.8 m	7.8 m
<b>Total, de avance (m)</b>		<b>54.6 m lineales</b>						
Ciclo	Actividad	Día						
		8	9	10	11	12	13	14
Producción en cono	Barrenación							
	Voladura y ventilación							

	Rezagado y acarreo							
Producción en rebaje	Barrenación							
	Voladura y ventilación							
	Rezagado y acarreo	1700	1700	1700	1700	1700	1700	1192.2
<b>Toneladas al día</b>		<b>1700</b>	<b>1700</b>	<b>1700</b>	<b>1700</b>	<b>1700</b>	<b>1700</b>	<b>1192.2</b>
<b>Diferencia de toneladas</b>		<b>366.67</b>	<b>366.67</b>	<b>366.67</b>	<b>366.67</b>	<b>366.67</b>	<b>366.67</b>	<b>-141.13</b>
<b>Total, de toneladas</b>		<b>11392.2 ton</b>						
Preparación	Barrenación	102 barrenos	102 barrenos	102 barrenos	102 barrenos	102 barrenos	102 barrenos	102 barrenos
	Voladura y ventilación	102 barrenos	102 barrenos	102 barrenos	102 barrenos	102 barrenos	102 barrenos	102 barrenos
	Rezagado y acarreo	140.4 m10	140.4 m11	140.4 m12	140.4 m13	140.4 m14	140.4 m15	140.4 m16
	Avance al día	7.8 m	7.8 m	7.8 m	7.8 m	7.8 m	7.8 m	7.8 m
<b>Total, de avance (m)</b>		<b>54.6 m lineales</b>						

Como parte del ciclo operativo, se definen los horarios en los que se pueden realizar las voladuras, correspondientes a los finales e inicios de turno, tomando 30 minutos del final de turno anterior para realizar la voladura y 30 minutos del inicio de turno siguiente como tiempo de ventilación, como se muestra en la tabla 15.

Tabla 15. Horario de voladura.

<b>Turno</b>	<b>Lunes</b>	<b>Martes</b>	<b>Miércoles</b>	<b>Jueves</b>	<b>Viernes</b>	<b>Sábado</b>	<b>Domingo</b>
1	6:30 hrs – 7:30 hrs						
2	18:30 hrs – 19:30 hrs						

En el ciclo operativo no se contempla la fortificación debido a que generalmente la calidad de roca presente se puede definir como muy buena, por lo que no influye directamente en las actividades de tumbe de mineral. De igual manera, las actividades secundarias mencionadas (servicios, ventilación, transporte de materiales, marcaje geológico, mantenimiento, bombeo, levantamiento y marcaje topográfico) en el marco teórico no se considera una secuencia que influya directamente en el tumbe de mineral, por lo que dichas actividades se expresarán según los avances realizados mediante el software *Promine*.

Con base en los ciclos operativos definidos se establecerán los rebajes necesarios para cumplir con el tonelaje diario.

**5.1.3. Rebajes necesarios**

Los rebajes necesarios para cumplir con el tonelaje diario pueden inferirse por medio de los datos obtenidos en el análisis de tiempos e impuestos en la duración de los ciclos operativos, se trabajará mediante la siguiente ecuación propuesta, la cual se desglosa en el anexo de cálculos correspondiente. La densidad promedio considerada para mineral es de 3.2 g/cm<sup>3</sup> y para tepetate es de 2.8 g/cm<sup>3</sup>.

$$\#R = \frac{Tpd}{(MccA)(\rho)(TD)} \dots \dots \dots Ec(2)$$

Donde:

#R: número de rebajes

Tpd: Toneladas por día a producir

MccA: Metros cúbicos de mineral a acarrear

ρ= Densidad mineral (ton/m<sup>3</sup>)

TD= Turnos al día

De acuerdo con la ecuación (2), se debe trabajar con 3 rebajes simultáneamente. El desglose de cálculos para el número de rebajes se encuentra en el anexo de cálculos, apartado 5.1.3 de este trabajo.

**5.2. Recursos y materiales para emplear**

Los recursos y materiales para emplear se definen como todo aquello que genera un costo operativo para la empresa por la producción de una tonelada in situ. A continuación, se describirán dichos recursos y materiales, así como su costo operativo correspondiente.

### 5.2.1. Flotilla de equipos

La flotilla de equipos requerida para la preparación y explotación en interior mina se especifica a continuación. Los cálculos desglosados para la flotilla de equipos se encuentran en el anexo de cálculos, apartado 5.2.1 de este trabajo.

#### Jumbo de barrenación Sandvik DD311

Para obtener el número de jumbos requeridos es necesario tomar en cuenta que con un equipo se requieren 8 disparos (16 turnos) para completar 144 m<sup>2</sup> de área disponible, misma que debe estar lista antes de 13 turnos, por lo que se propone emplear 1 jumbo en cada nivel, teniendo así un total de 3 jumbos para 3 rebajes simultáneos, la figura 30 muestra las dimensiones del equipo.

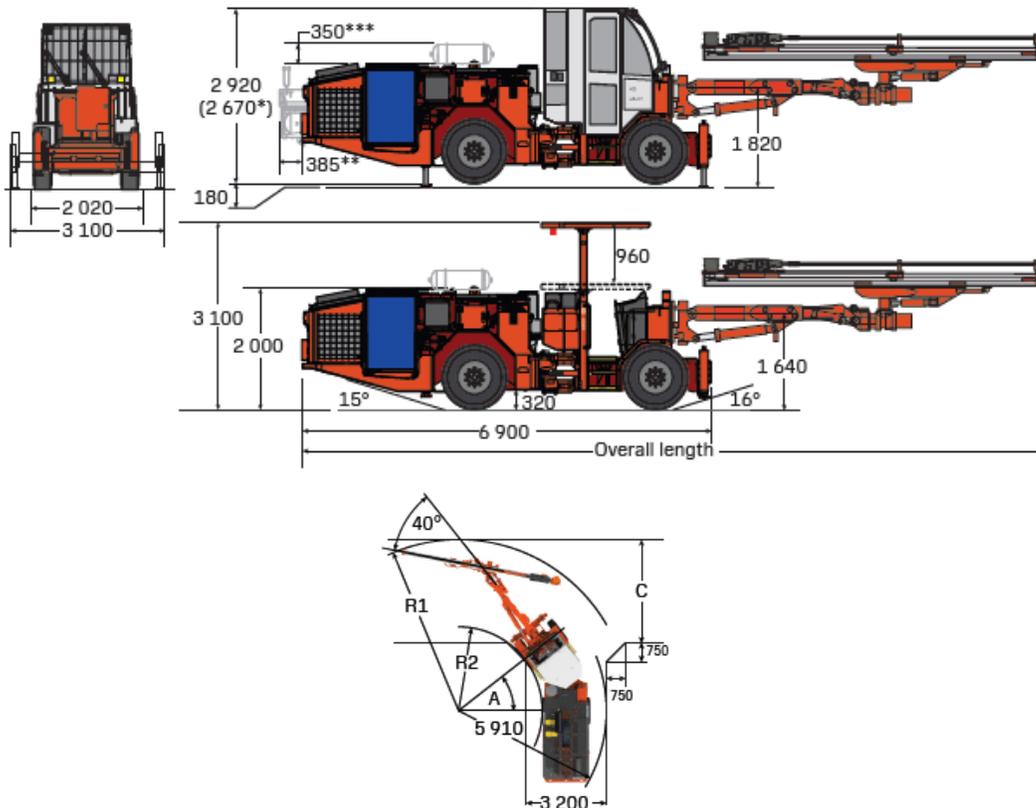


Figura 30. Jumbo DD311 (Sandvik, 2024).

## Simba de barrenación larga Sandvik DL311

El equipo de barrenación larga empleado corresponde a una Simba DL311 de la marca Sandvik, de los cuales se requerirán 3 para cumplir con la producción esperada de 3 rebajes, la figura 31 muestra las dimensiones del equipo.

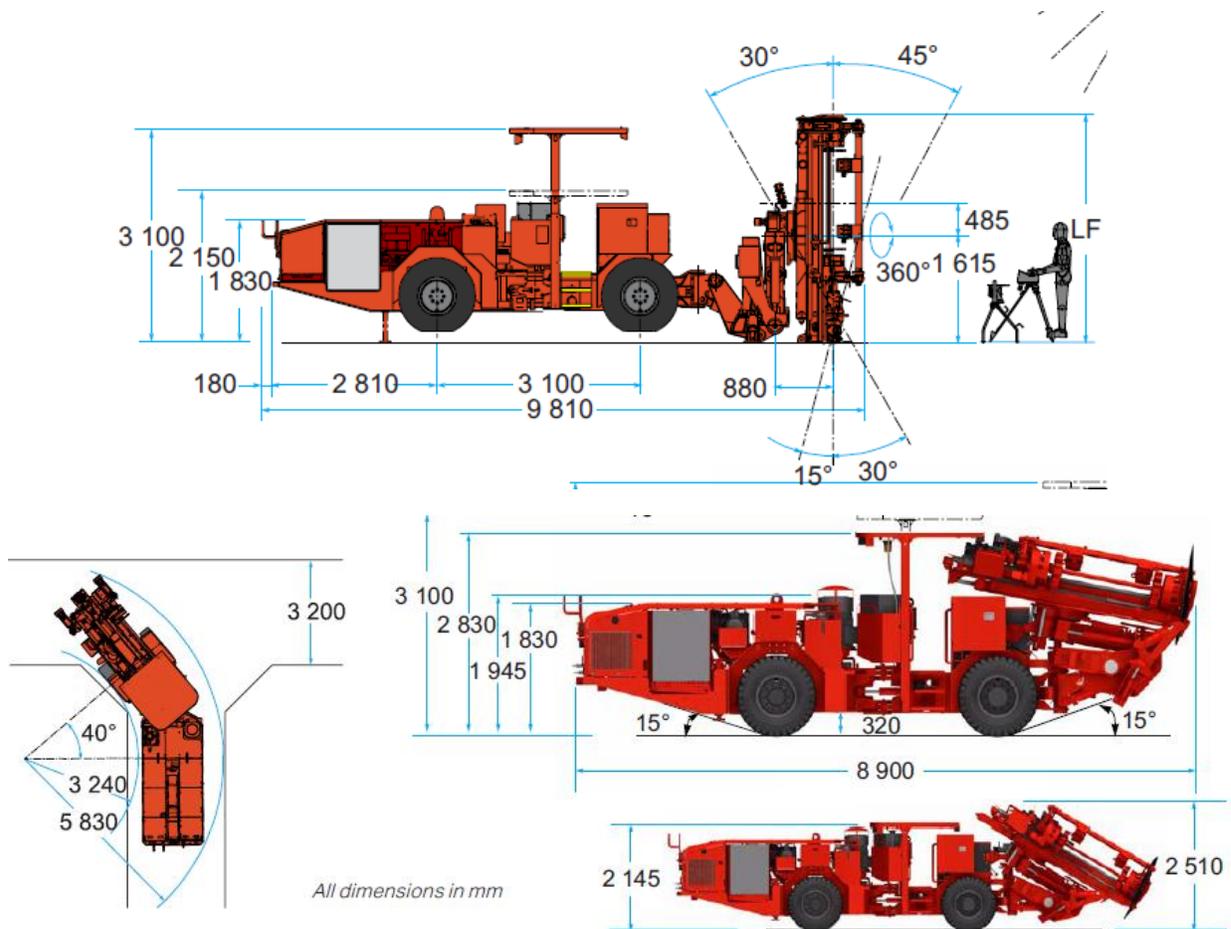


Figura 31. Simba DL311 (Sandvik, 2024).

## Scooptram Epiroc ST-1030

Los scooptram o cargadores frontales subterráneos seleccionados corresponde al ST-1030 de Epiroc, el número de equipos requeridos se obtienen a partir de los rebajes explotados simultáneamente y el número de frentes de desarrollo

trabajadas para cumplir con las áreas minables que tienen que estar disponibles para dar continuidad a la producción, por lo que en total se requerirán 6 scooptram, la figura 32 muestra las dimensiones del equipo.

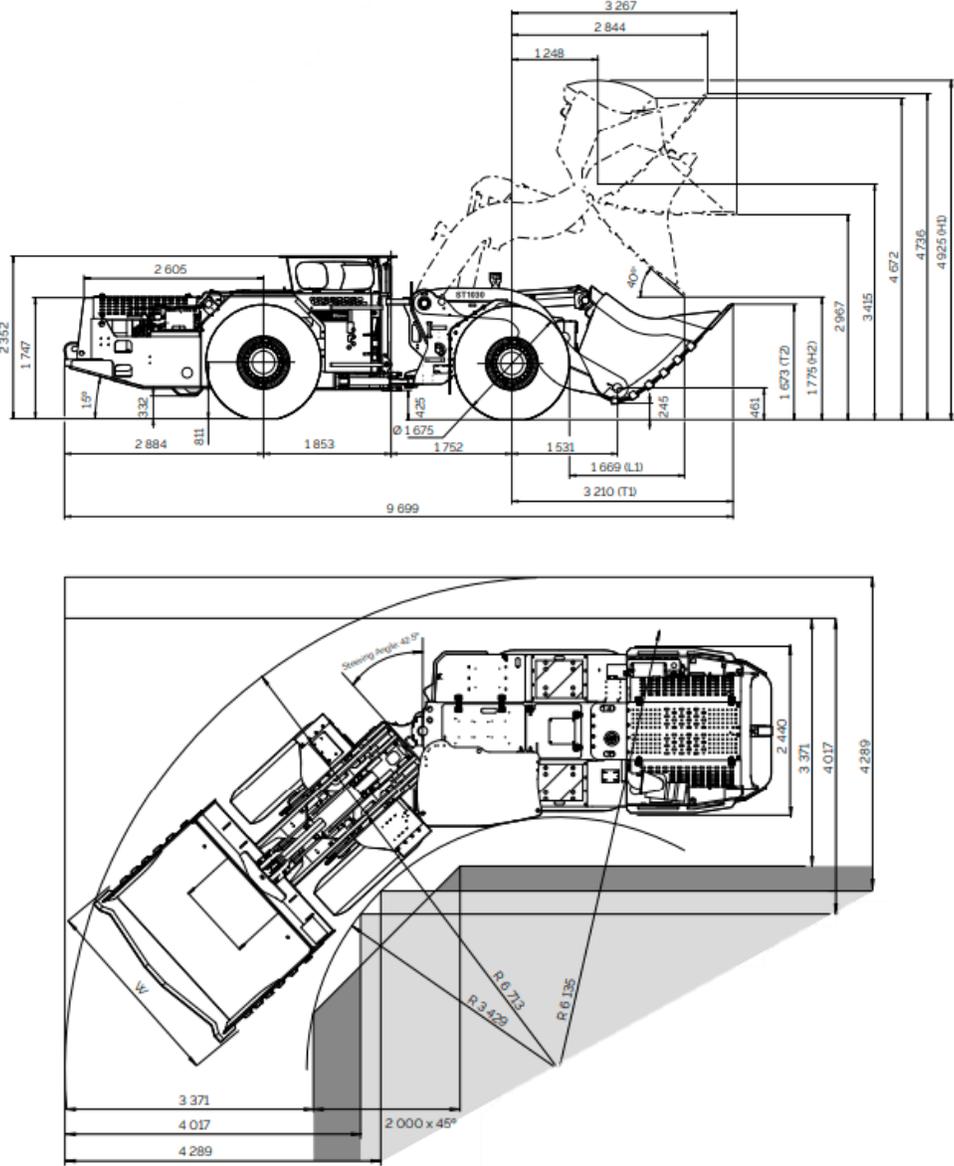


Figura 32. Scooptram ST-1030 (Epiroc, 2024).

**Camión de bajo perfil Epiroc MT431B**

Los camiones de bajo perfil corresponden a los MT431B de Epiroc, los cuales tienen una capacidad de carga de 37 yd<sup>3</sup>, las dimensiones del equipo se muestran en la figura 33. Se emplearán 6 camiones para labores de acarreo en producción mineral y 3 camiones para labores de acarreo en preparación.

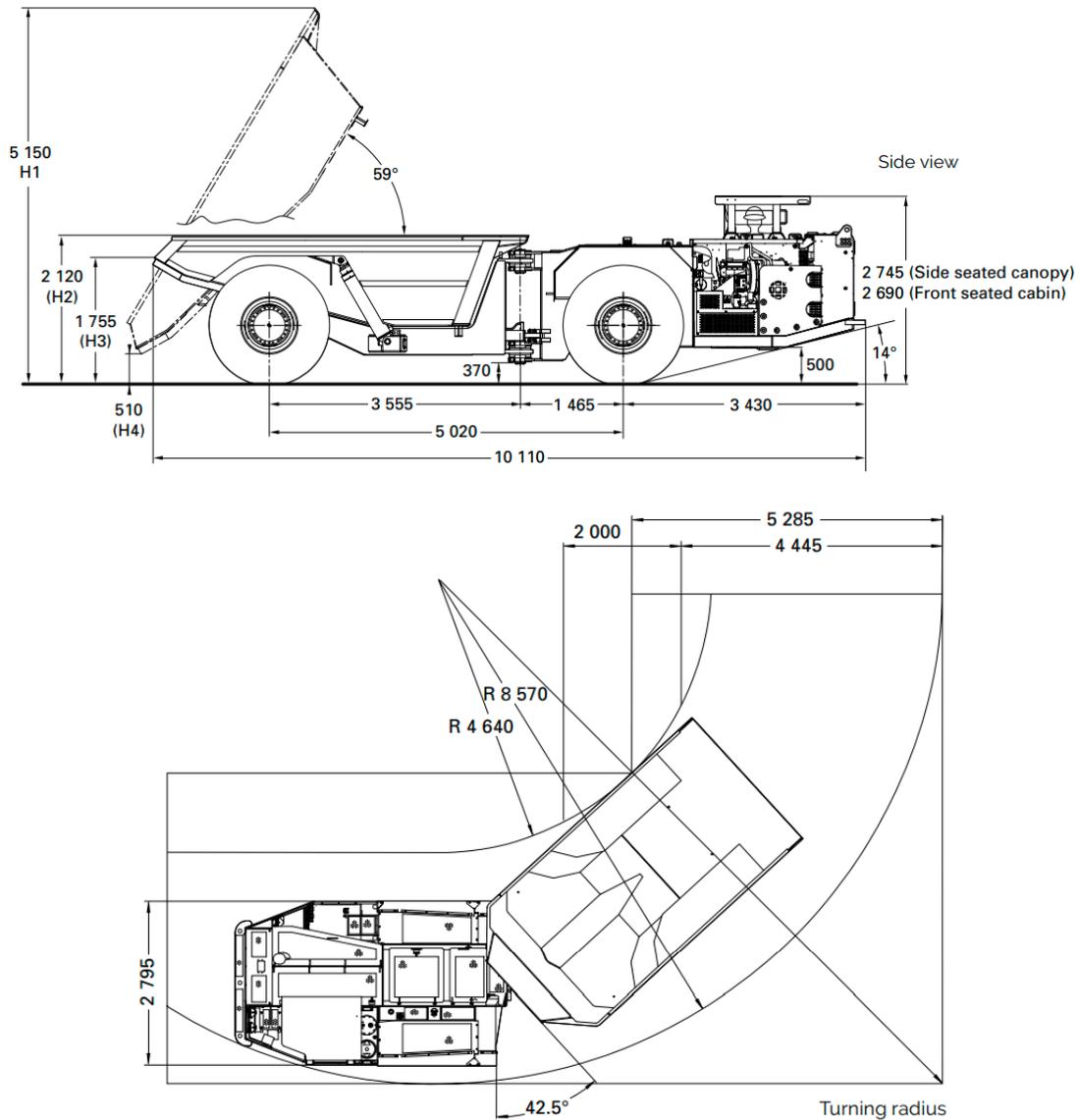


Figura 33. Camión de bajo perfil, Epiroc MT431B (Epiroc, 2024).

Se muestra la tabla 16 resumiendo la cantidad de equipos a emplear.

Tabla 16. Equipos a emplear.

<b>Equipo</b>	<b>Tipo</b>	<b>Tarea</b>	<b>Cantidad</b>
<i>ST</i>	Scooptram	Rezagado	6
<i>D</i>	Jumbo	Barrenación	3
<i>DL</i>	Simba	Barrenación larga	3
<i>MT</i>	Camión de bajo perfil	Acarreo	9

El costo generado en los equipos utilizados corresponderá al costo de mantenimiento (incluyendo energía eléctrica de los equipos de perforación) y al consumo de diésel por tonelada en general, mismo que fue compartido por Minera la Negra, la tabla 17 muestra costos de mantenimiento, los cuales son una estimación del valor real.

El consumo diésel de los equipos se obtuvo tomando como base el parámetro mostrado por Britton (2022) en el reporte técnico de Minera la Negra como se muestra a en la tabla 18.

Tabla 17. Costos de mantenimiento.

<b>Costo diario por equipo (\$USD)</b>	<b>Equipos</b>	<b>Costo mantto por tonelada (\$USD)</b>
<b>\$720.00</b>	21	<b>\$3.78</b>

Tabla 18. Consumo diésel por equipo (Britton et. Al, 2022).

<b>Equipo</b>	<b>Consumo por hora</b>	<b>Costo por día (\$USD)</b>	<b>Costo por tonelada (\$USD/ton)</b>
<b>Scooptram</b>	25.5	\$447.98	\$1.12
<b>Jumbo</b>	6.5	\$114.20	\$0.11
<b>Simba</b>	6.5	\$114.20	\$0.11

<b>Camión de bajo perfil</b>	23.8	\$418.12	\$1.57
<b>Costo total de equipos</b>	406.2	\$7120	\$1.78

### 5.2.2. Voladura

A continuación, se reportan los costos por voladura realizada, así como su costo por tonelada obtenido a partir de un índice de consumo aproximado al proporcionado por Minera la Negra, el cual se obtiene a partir de las unidades de explosivo empleadas y las toneladas tumbadas en la respectiva voladura. La tabla 19 muestra los costos operativos correspondientes a la voladura de producción y la tabla 20 de preparación, los costos plasmados son una estimación del valor real.

*Tabla 19. Costos de voladura en producción.*

<b>Voladura de producción</b>			
<b>Explosivo</b>	<b>Costo unitario (\$USD)</b>	<b>Índice de consumo (unidad/ton)</b>	<b>Costo por tonelada (\$USD/ton)</b>
<b>ANFO</b>	\$36.00	0.0092	\$0.33
<b>Emulsión</b>	\$1.35	0.0078	\$0.0105
<b>Nonel</b>	\$12.00	0.0078	\$0.09
<b>Conector</b>	\$0.48	0.0054	\$0.0026
<b>Cañuela</b>	\$0.50	0.0041	\$0.002
<b>Fulminante</b>	\$0.42	0.0078	\$0.0033
<b>Cordón detonante</b>	\$0.60	0.0027	\$0.0016
<b>Costo por tonelada Total (\$USD)</b>			\$0.44
<b>Costo por voladura (\$USD)</b>			\$8137.93

*Tabla 20. Costos de voladura en preparación.*

<b>Voladura de preparación</b>			
<b>Explosivo</b>	<b>Costo unitario (\$USD)</b>	<b>Índice de consumo (unidad/ton)</b>	<b>Costo por tonelada (\$USD/ton)</b>
<b>ANFO</b>	\$36.00	0.0008	\$1.58
<b>Bombillos 11/2"x8"</b>	\$1.27	0.16	\$0.20

<b>Bombillos 1"x39"</b>	\$1.53	0.049	\$0.075
<b>Nonel</b>	\$3.15	0.2	\$0.63
<b>Cañuela</b>	\$0.50	0.035	\$0.175
<b>Conector</b>	\$0.48	0.0089	\$0.0042
<b>Cordón detonante</b>	\$0.60	0.11	\$0.066
<b>Costo por tonelada Total (\$USD)</b>			\$2.73
<b>Costo por voladura (\$USD)</b>			\$613.31

### 5.2.3. Barrenación

Los aceros de barrenación empleados se dividen en barrenación de producción y preparación, como se muestra en las tablas 21 y 22. Para obtener el costo por tonelada se trabaja mediante el índice de consumo proporcionado por Minera la Negra, los costos plasmados son una estimación del valor real.

*Tabla 21. Costos de aceros en producción.*

<b>Barrenación de producción</b>				
<b>Acero</b>	<b>Costo unitario (\$USD)</b>	<b>Índice de consumo (unidad/metro)</b>	<b>Costo por metro barrenado (\$USD/m)</b>	<b>Costo por tonelada (\$USD/ton)</b>
<b>Zanco</b>	\$330.00	0.0055	1.82	\$0.12
<b>Barra con cople</b>	\$340.00	0.0085	2.90	\$0.19
<b>Broca</b>	\$120.00	0.0045	0.54	\$0.035
<b>Escariadora</b>	\$360.00	0.0025	0.90	\$0.06
<b>Total</b>			\$6.16	\$0.40

*Tabla 22. Costos de aceros en preparación.*

<b>Barrenación de preparación</b>				
<b>Acero</b>	<b>Costo unitario (\$USD)</b>	<b>Índice de consumo (unidad/metro)</b>	<b>Costo por metro barrenado (\$USD/m)</b>	<b>Costo por tonelada (\$USD/ton)</b>
<b>Zanco</b>	\$320.00	0.0045	\$1.44	\$0.025
<b>Barra</b>	\$440.00	0.0065	\$2.86	\$0.05
<b>Cople</b>	\$100.00	0.0016	\$0.16	\$0.0028
<b>Broca</b>	\$51.00	0.0035	\$0.18	\$0.0031

<b>Escariadora</b>	\$330.00	0.0030	\$0.99	\$0.017
<b>Total</b>			\$5.63	\$0.098

#### 5.2.4. Servicios

Los servicios instalados en interior mina se describen en la tabla 23, donde se muestra el costo por metro lineal obtenido a partir del índice de consumo proporcionado por Minera la Negra, para posteriormente obtener el costo por tonelada acorde a la voladura de preparación, los costos mostrados son una estimación del valor real.

*Tabla 23. Costos de servicios en interior mina.*

#### Servicios para interior mina

Ítem	Costo unitario (\$USD)	Índice de consumo (unidad/metro)	Costo por metro lineal (\$USD/m)	Costo por tonelada (\$USD/ton)
<b>Cable eléctrico</b>	\$9.00	1	\$9.00	\$0.04
<b>Manguera</b>	\$12.50	1	\$12.50	\$0.056
<b>Tubería 1"</b>	\$19.00	0.33	\$6.27	\$0.085
<b>Tubería 2"</b>	\$24.00	0.33	\$7.92	\$0.11
<b>Manga de ventilación</b>	\$127.50	0.1	\$12.75	\$0.057
<b>Barra de amacice</b>	\$60.00	0.1	\$6.00	\$0.027
<b>Total</b>			\$54.44	\$0.95



## 6. Desarrollo de obras mediante Promine

En este capítulo se describe el proceso de modelamiento de obras en el software Promine, así como la configuración e implementación de los comandos de planeación mostrados en el marco teórico de este trabajo.

### 6.1. Preparación de obras

La preparación de obras consta del cuele de los niveles de acarreo, cruceros de extracción, cuele de conos y subnivel de producción necesarios para realizar la explotación mineral, misma que se ejemplificará por medio del software Promine.

#### 6.1.1. Creación de niveles

Antes de comenzar con la preparación de obras se deberán crear las secciones correspondientes a los niveles principales de la mina por medio del comando *Crear varias secciones*, localizado en el módulo de *Esenciales* mostrado en la figura 34.



Figura 34. Comando crear varias secciones.

Al ejecutar dicho comando, se arroja una ventana de configuración de secciones, misma que se llena como se muestra en la figura 35. Las elevaciones se seleccionan de acuerdo con el punto menor y mayor de los cuerpos minerales respecto al eje Z del sistema de coordenadas, se comienza en la elevación 1870 y finaliza en la 1990 con un incremento de 30 metros por nivel; el cual es el valor

estimado propuesto en el planteamiento, dando como resultado un total de 9 niveles.

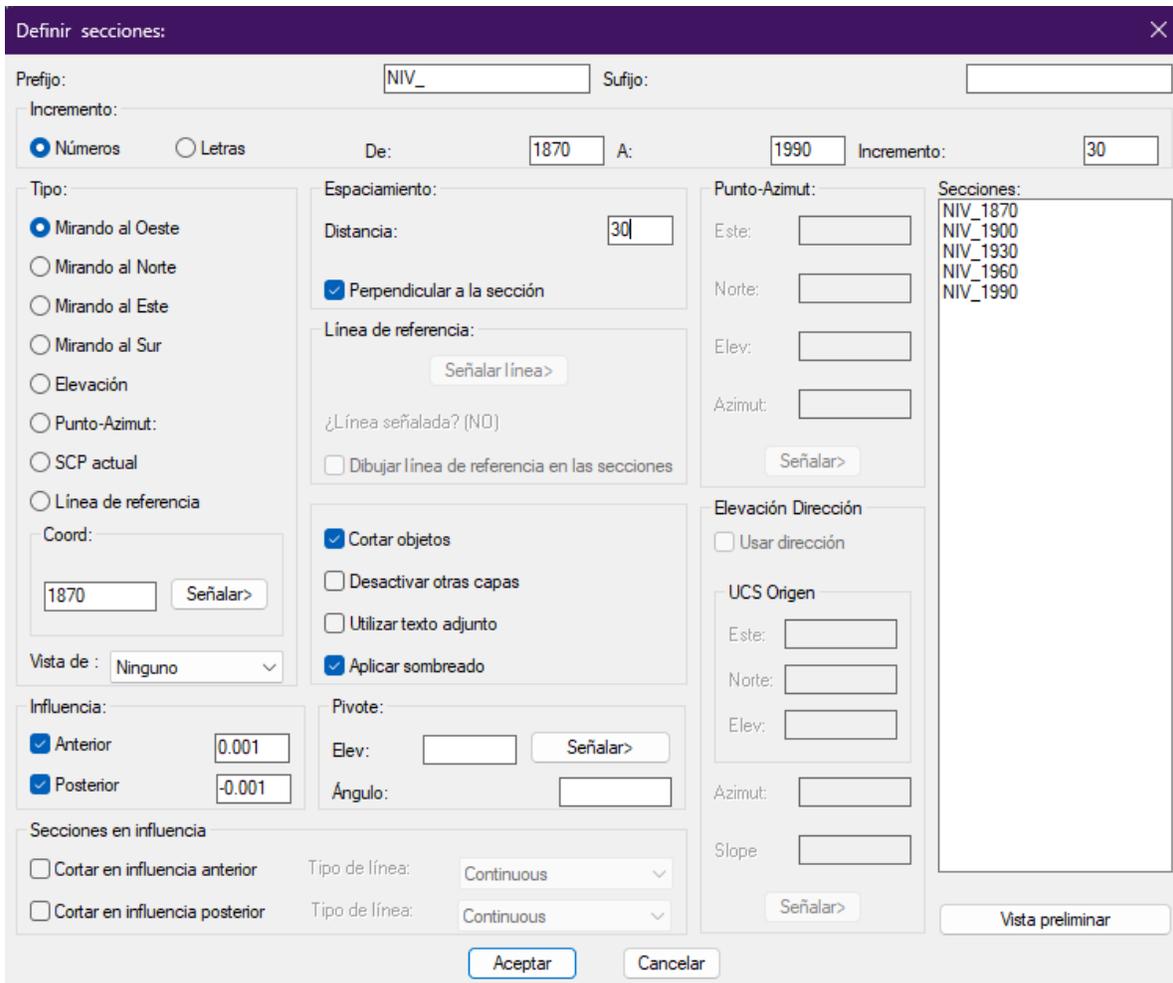


Figura 35. Configuración de niveles por medio de creación de secciones.

El resultado de la creación de las secciones o niveles se observa en la figura 36, donde se muestran los cortes de cada cuerpo mineral por nivel, con estas secciones se inicia el trabajo de modelado de obras para la preparación de explotación de los cuerpos minerales.

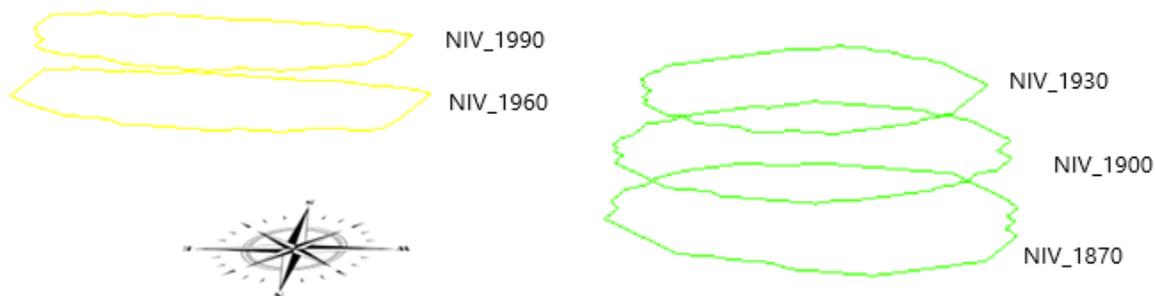


Figura 36. Cortes por nivel de cuerpos minerales, vista NE.

### 6.1.2. Creación de niveles

Como se explicó anteriormente en el planteamiento, las obras de preparación necesarias son el nivel de acarreo, subnivel de preparación y los cruceros de extracción, los cuales se deberán modelar conforme a las dimensiones del cuerpo o bloque mineral a explotar.

Las dimensiones del bloque mineral se establecen con base al reporte técnico realizado por Britton en 2022, indicando que con fines de estabilidad el pilar corona deberá ser de mínimo 4 metros, el pilar barrera de 6 metros; el claro de la obra no debe exceder los 30 metros y la longitud del bloque debe ser menor a los 50 metros.

Es importante mencionar que el socavón y las rampas de acceso a los cuerpos de mineral ya están desarrollados, por lo que en este trabajo se modelarán las obras de preparación a partir de las rampas

El modelado de los niveles parte de la creación de líneas de centro conectadas a las rampas correspondientes a la salida de cada nivel, para ello se debe trabajar por medio de las secciones creadas anteriormente por medio del comando *Escoger sección* ubicado en el módulo de *Esenciales* como se muestra en la figura 37. Posteriormente la ejecución del comando arroja el listado de niveles creado, comenzando por el nivel 1930, puesto que aquí se encuentra el socavón de la mina.

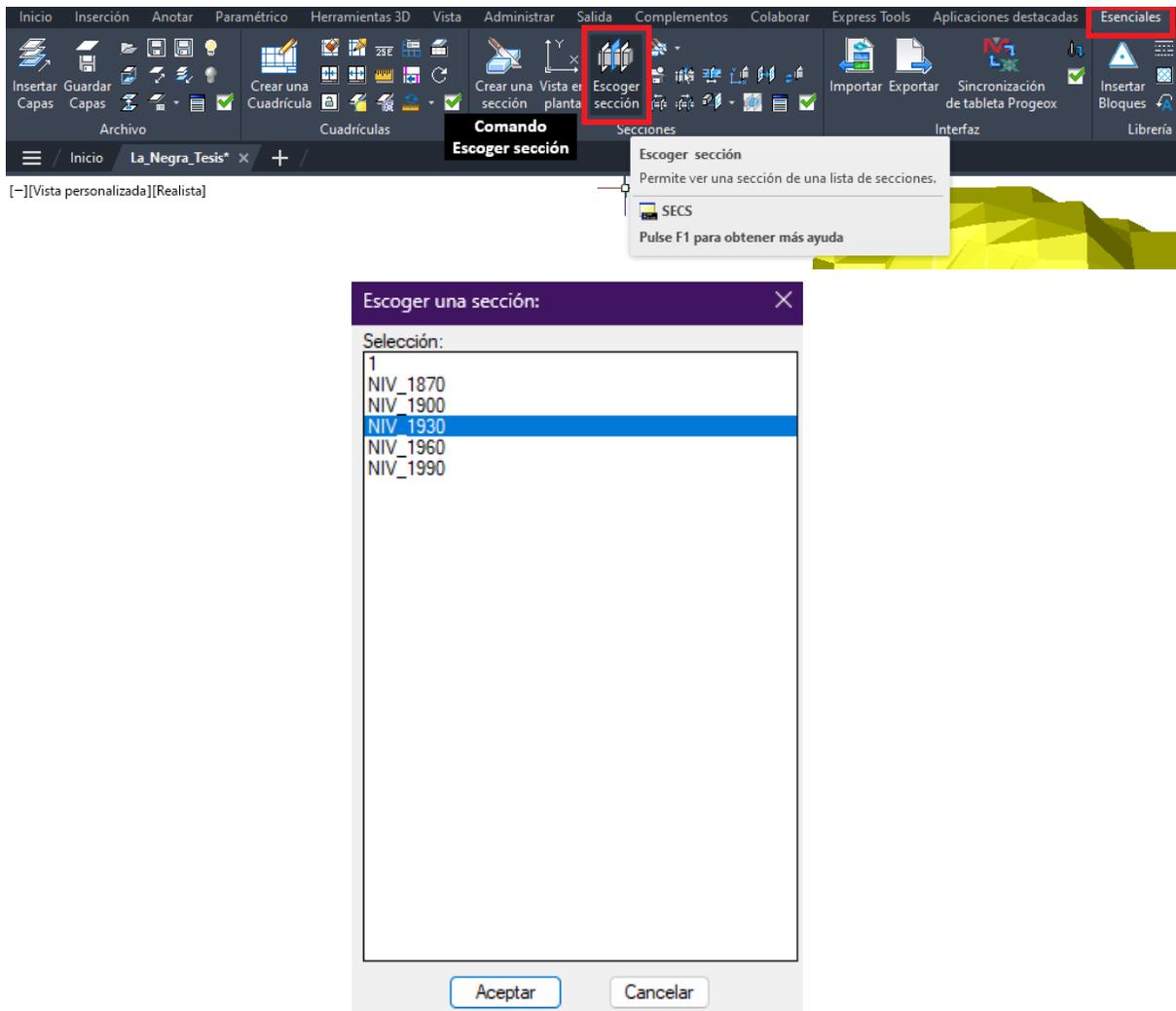


Figura 37. Comando escoger secciones.

Una vez seleccionado el nivel, se deberá trabajar con una nueva capa denominada *líneas de centro*, con el fin de guardar todas las líneas creadas que fungirán como centro para el modelado de la obra 3D. Al crear dicha capa, se debe ejecutar el comando *PL* o *polilínea* desde la barra de comandos de AutoCAD, localizada al inferior de la pantalla. Los niveles se proyectarán de acuerdo con la potencia del cuerpo mineral, como se muestra en la figura 38.

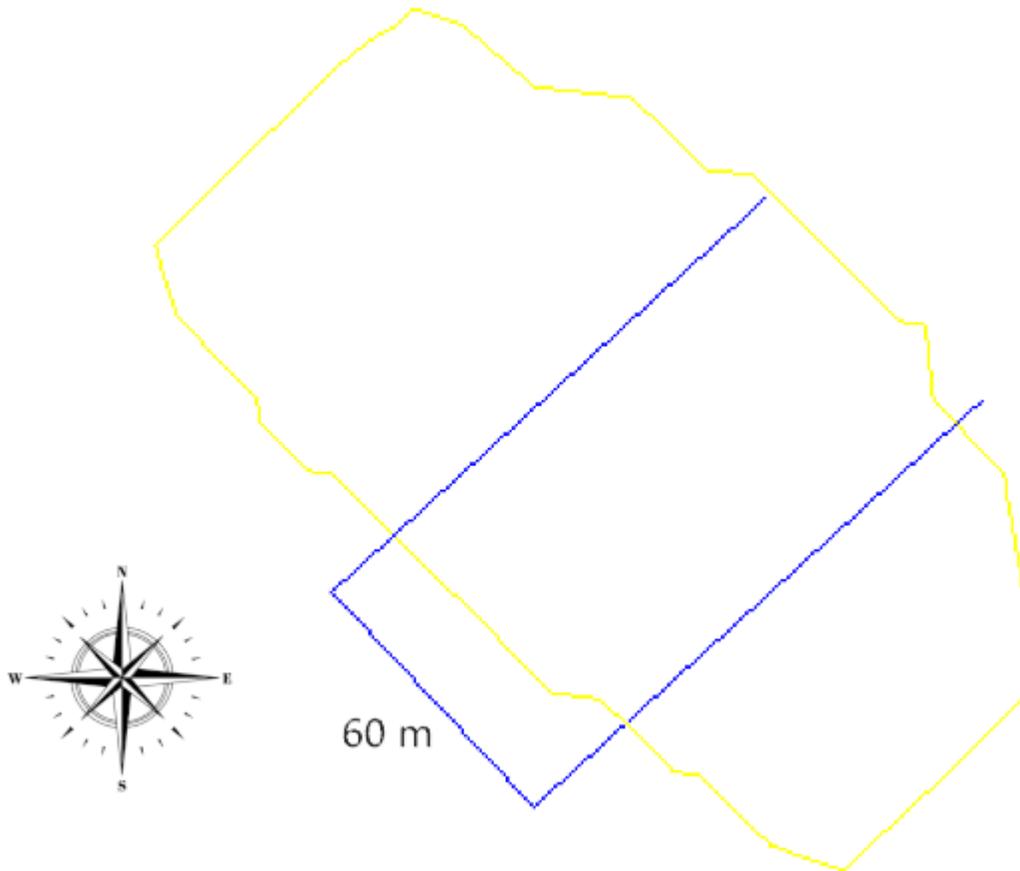


Figura 38. Creación de subniveles por medio de polilíneas, nivel 1960, vista de planta.

Ya creadas las polilíneas, estas se copiarán de una sección a otra con el fin de establecer los niveles de cada cuerpo conforme a su elevación correspondiente y se conectarán con las rampas en cada nivel. El comando para copiar las polilíneas de una sección a otra se encuentra en el módulo de *Esenciales* como *Copiar de a* (figura 39), al ejecutar el comando el software solicitará seleccionar el objeto deseado a copiar y posteriormente arrojará una ventana donde se muestra el nivel del que se está copiando y al nivel que se desea copiar, como se muestra en la figura 40.

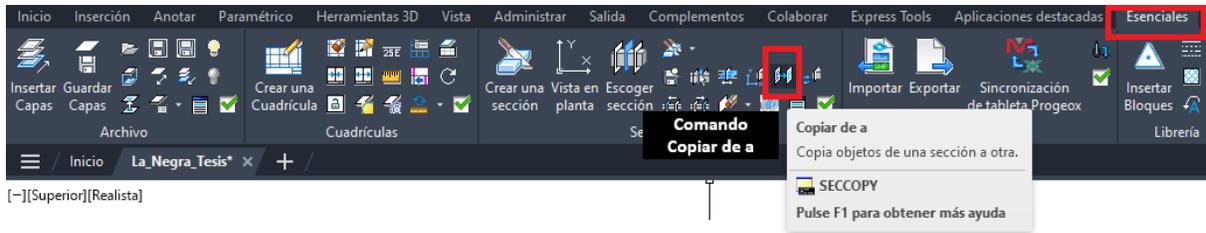


Figura 39. Comando Copiar de a.

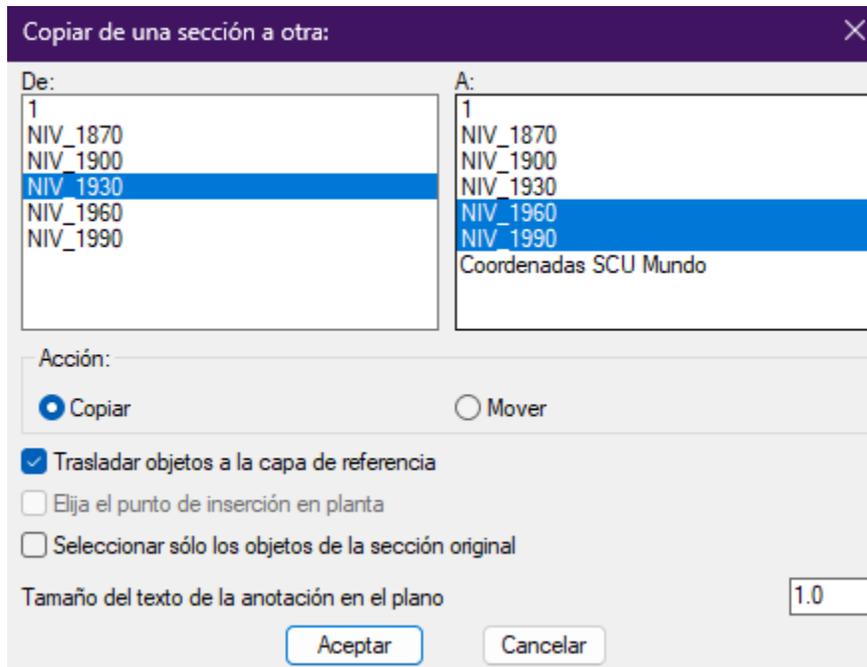


Figura 40. Selección de niveles a copiar.

Para esta acción se selecciona el nivel perteneciente a la sección y se ajusta su longitud conforme a la sección del cuerpo mineral; posteriormente se elige la o las elevaciones donde se desea copiar, ejecutando el comando con *aceptar*. Para finalizar se deberán seleccionar todos los niveles creados y se cambiarán a la capa *líneas de centro*. Los niveles se crearán en forma par e impar en cada elevación y a una distancia de 60 metros entre sí respecto a la coordenada X, con la finalidad de establecer una explotación en secuencia, por ejemplo, si los niveles creados en la elevación 1930 son dos, en la elevación 1960 serán 3 niveles diferidos 60 metros con respecto a la *coordenada X* de los niveles situados en la elevación anterior, arrojando como resultado la figura 41.

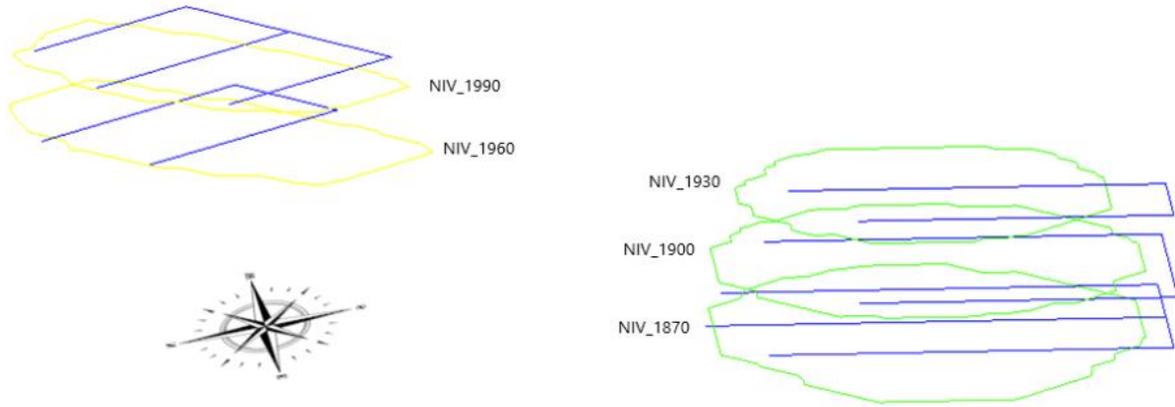


Figura 41. Niveles creados, vista NE.

### 6.1.3. Creación de subniveles

Para generar los subniveles de preparación para el plan de explotación anual se toman como base los niveles creados, copiando las líneas de centro por secciones con el comando *copiar a* (figura 42), las líneas de centro de las obras se copiarán a 15 metros de distancia respecto a su elevación, posteriormente estas se moverán con el comando *despalzar* (figura 43) 10 metros respecto al eje X (figura 44), asegurándose activar la herramienta *forzar objetos* localizada en la parte inferior derecha y elegir las opciones de *punto final*, *punto medio* y *cercano* (figura 45) con el fin de intersecar las líneas de centro de las obras.

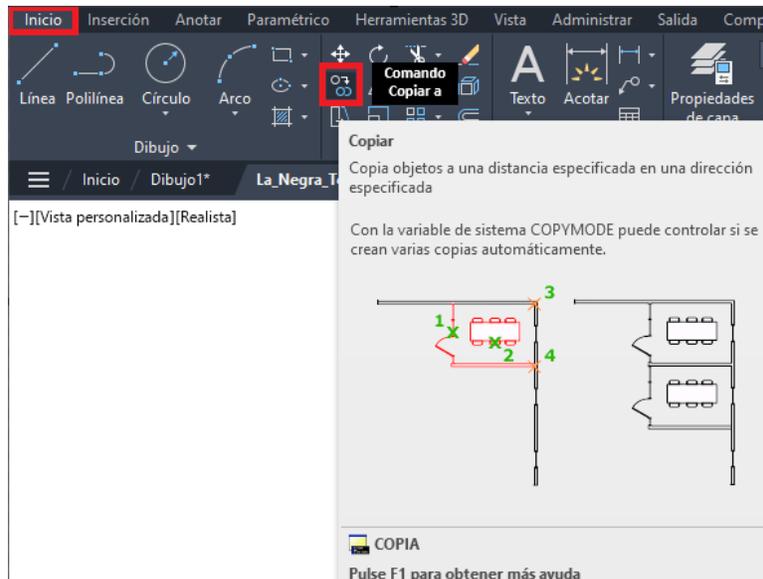


Figura 42. Localización del comando *copiar a*.

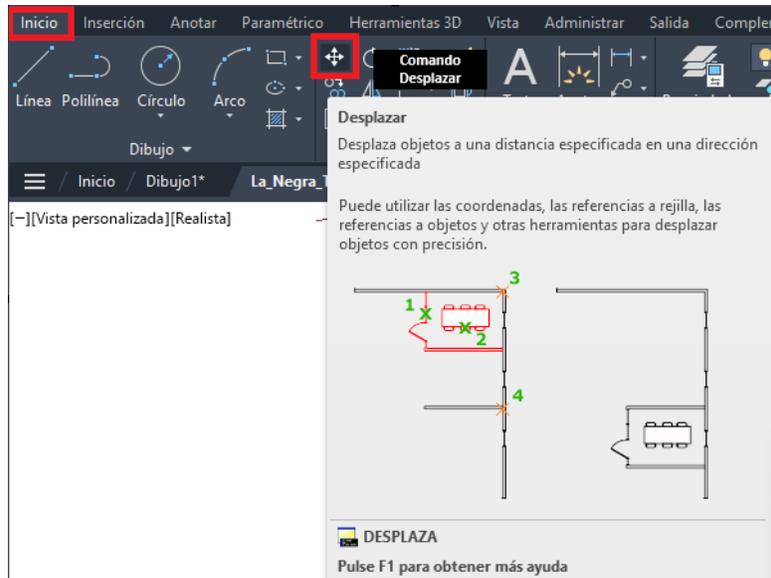


Figura 43. Localización del comando deslazar.

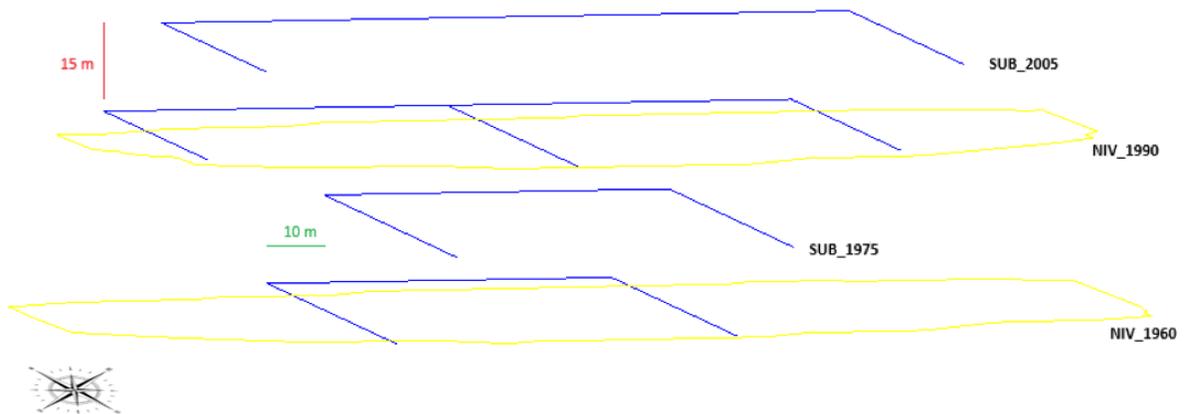


Figura 44. Distribución de niveles y subniveles, vista NE.

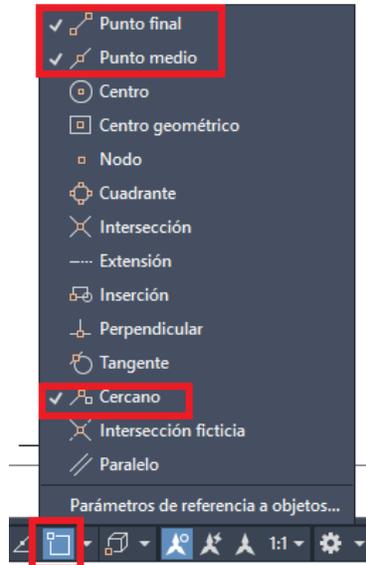


Figura 45. Localización de la herramienta forzar objetos.

Al finalizar la creación de los subniveles, se deberán repetir los pasos para generarlos en la totalidad de secciones correspondientes a ambos cuerpos a trabajar, dando como resultado la figura 46.

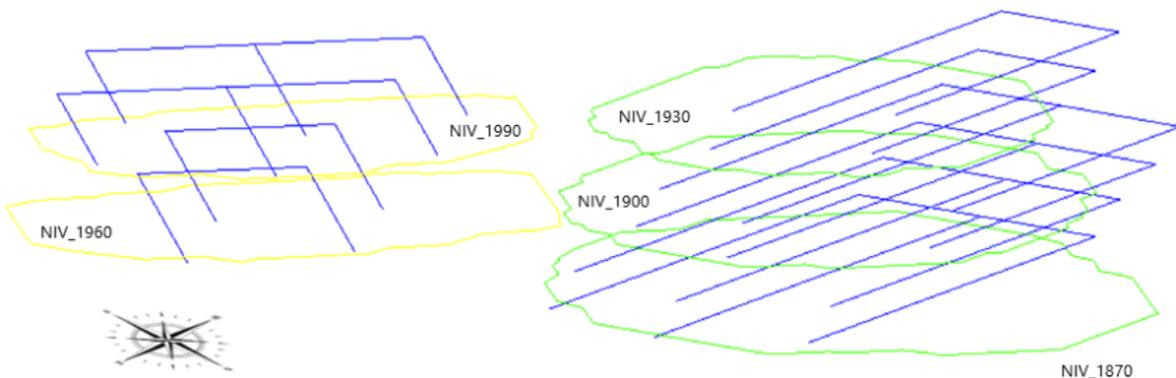


Figura 46. Niveles y subniveles estimados para el año de explotación, vista NE.

El siguiente paso es convertir las polilíneas creadas a líneas de centro de las obras a partir del comando *Editar elevaciones*, perteneciente al módulo de *Ingeniería 1* (figura 47).

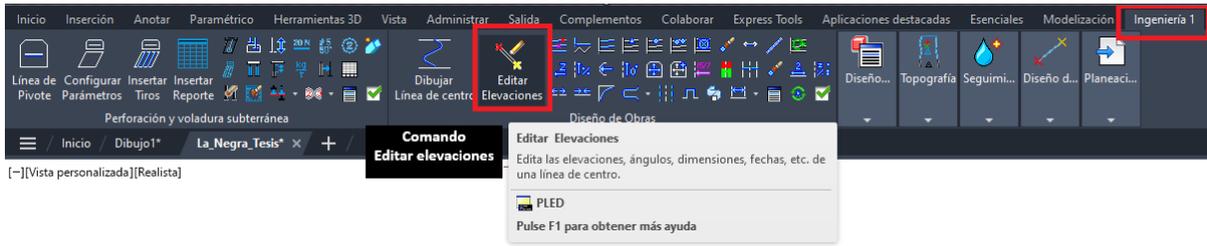


Figura 47. Localización de comando editar elevaciones.

Al ejecutar el comando se deberá seleccionar la polilínea que se desea convertir a línea de centro, posteriormente se arrojará un el cuadro mostrado en la figura 48, para finalizar se deberá seleccionar *dibujar* y *aceptar*, este paso se repetirá por cada línea de centro a crear.

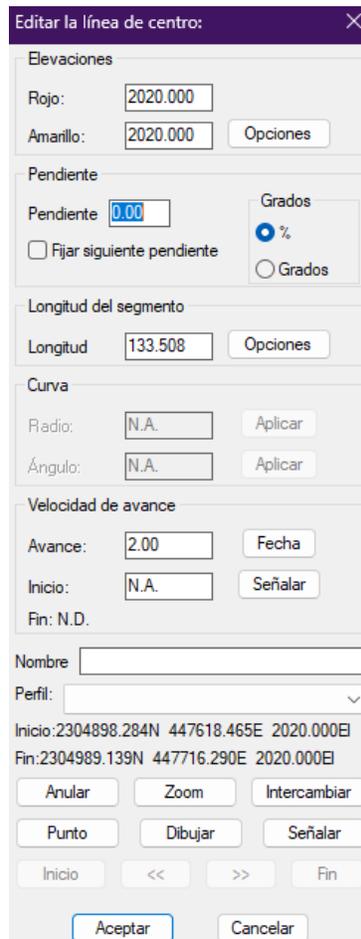


Figura 48. Ventana de edición de líneas de centro.

Para realizar el modelamiento de las obras 3D con base a las líneas de centro creadas debe crearse una nueva capa denominada *Obras 3D*, así posteriormente se emplea el comando *Construir modelo 3D* localizado en el módulo de *Ingeniería 1* (figura 49). Al ejecutar dicho comando se deben seleccionar las líneas de centro y posteriormente se muestra una ventana que permite configurar las dimensiones de la obra, así como la capa donde se desea crear, ejecutando el comando con *aceptar* (figura 50).

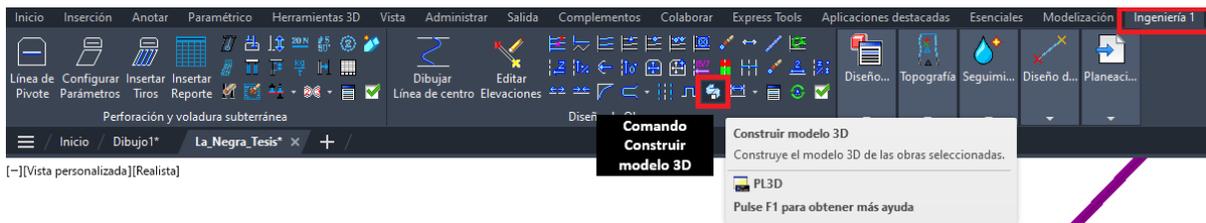


Figura 49. Localización del comando construir modelo 3D.

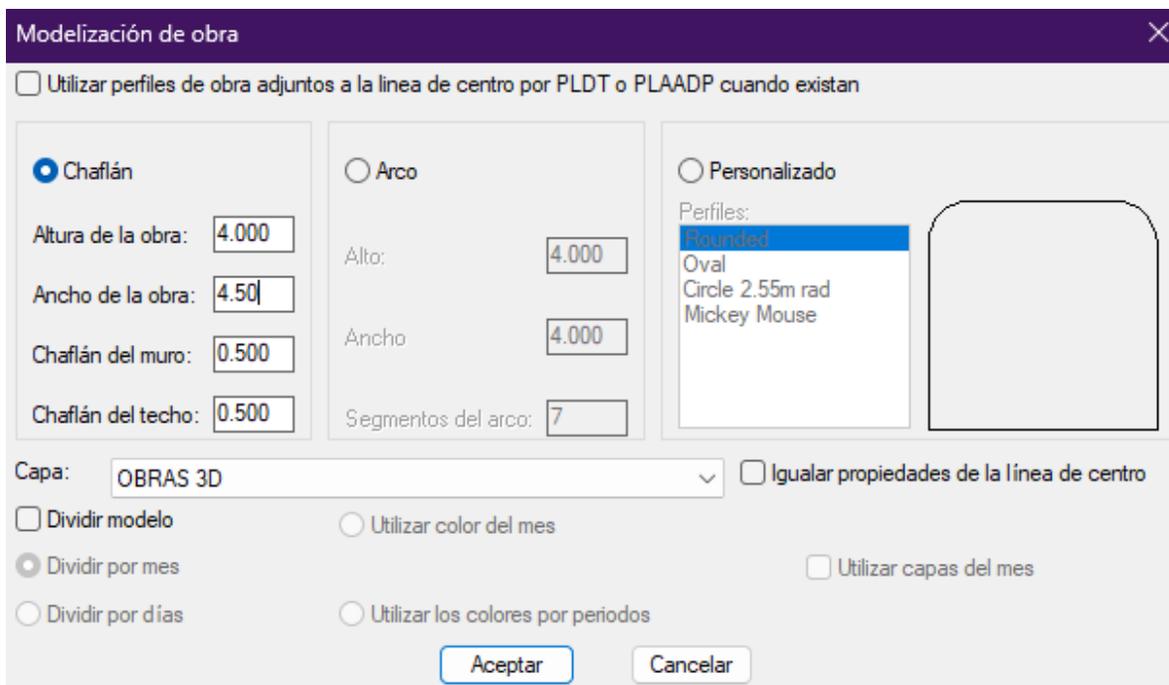


Figura 50. Ventana de configuración de parámetros de modelización para la obra 3D.

La visualización de las obras 3D para los dos cuerpos de mineral y para la producción de todo el año se muestran en la figura 51.

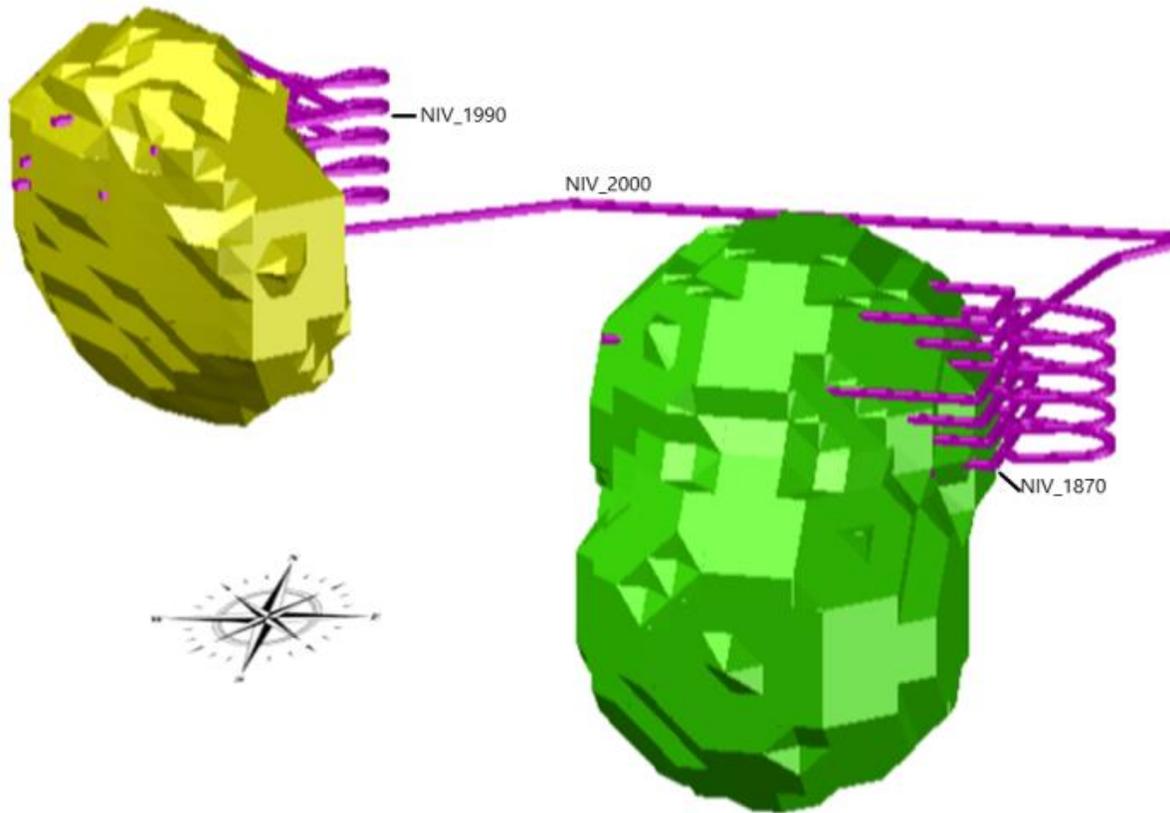


Figura 51. Obras 3D estimadas para el año de explotación, vista NE.

#### 6.1.4. Cruceros de carga

Para el modelado de los cruceros de carga se trabajó únicamente con las líneas de centro correspondientes a los niveles de acarreo a emplear para la explotación del año presupuestado como se muestra en la figura 52.

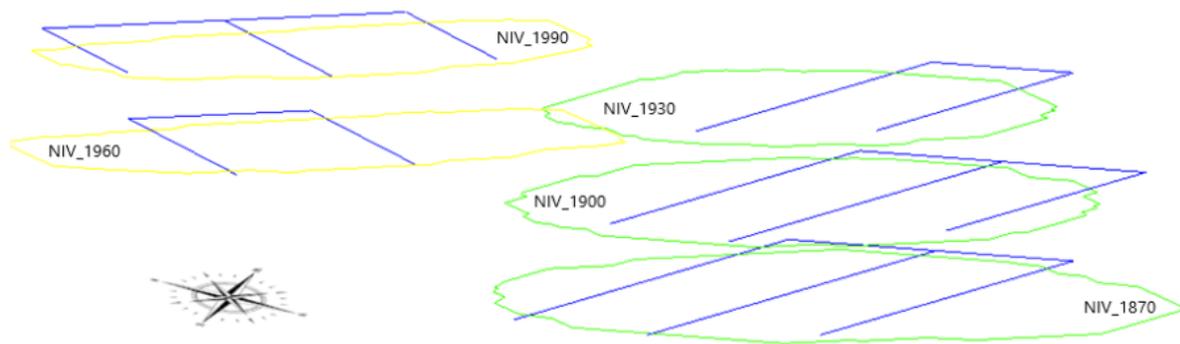


Figura 52. Niveles para trabajar la generación de subniveles de acarreo y cruceros de carga.

Los cruceros de carga se deberán proyectar con el comando *polilínea* en la capa de *líneas de centro* a 16 metros de separación entre ellos a partir del nivel de acarreo, comenzando desde el del corte de sección, dando una longitud de 17.44 metros a la línea de centro, posteriormente empleando el comando *Copiar* se proyectan las líneas cada 16 metros, cuidando la distancia de 6 metros cada 3 cruceros consecutivos, con la finalidad de dejar un pilar barrera como se muestra en la figura 53, el procedimiento se repite en todos los niveles de acarreo modelados.

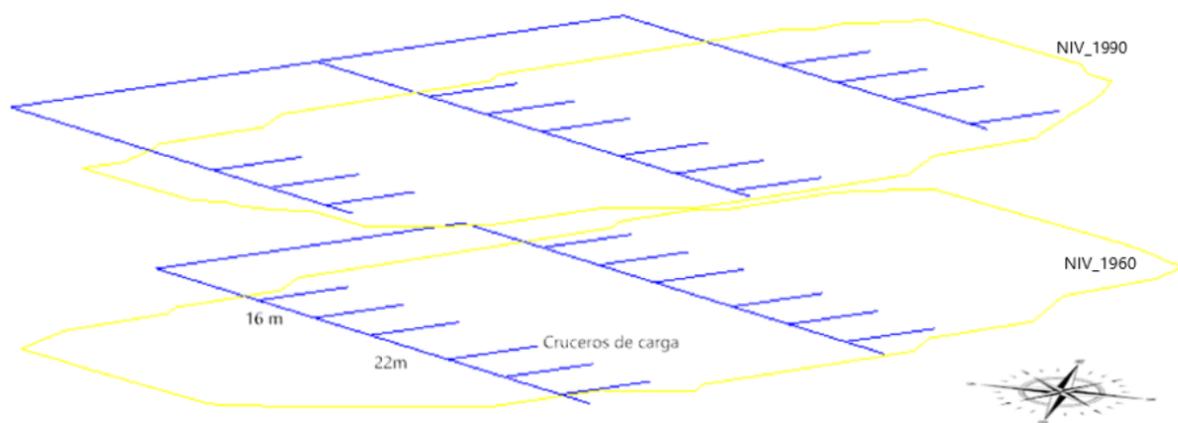


Figura 53. Líneas de centro proyectadas para los cruceros de carga en el cuerpo amarillo, vista NE.

Una vez proyectadas todas las líneas de centro correspondientes a los niveles de acarreo y cruceros de carga se debe ejecutar el comando *Editar elevaciones*, para posteriormente ejecutar el comando *Crear obra 3D* en la capa de *obras 3D*, que permita visualizar el modelo de los niveles de acarreo y los cruceros de carga correspondientes a cada rebaje (subnivel) como se muestra en la figura 54.

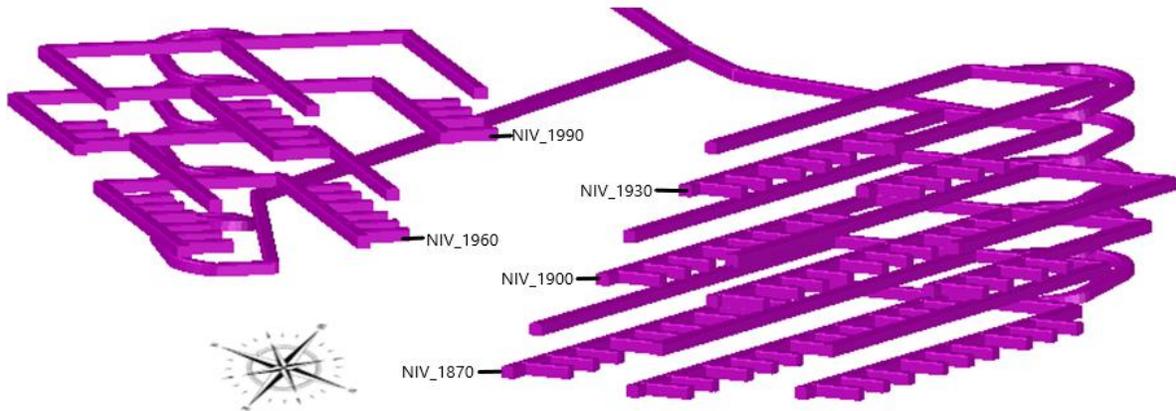


Figura 54. Subniveles de preparación, producción y acarreo modelados en conjunto a los cruceros de carga, vista NE.

## 6.2. Bloques de minado

Los bloques de minado a modelar se obtendrán a partir de la ecuación (3), donde se toman en cuenta las toneladas contenidas en un bloque y la meta de producción anual. El desarrollo de la ecuación se muestra en el anexo de cálculos, apartado 6.2 de este trabajo.

$$\text{Bloques de minado} = \frac{TPA}{TPB} \dots \dots \dots Ec(3)$$

Donde:

TPA: Toneladas por año

TPB: Toneladas por bloque

De acuerdo con el resultado, se deberán distribuir 76 bloques en los dos cuerpos de mineral con el fin de garantizar la producción anual presupuestada. Comenzando con la distribución de bloques se crean dos capas nuevas: *bloques límite* y *bloques minerales*. Partiendo de la delimitación mostrada en la plantilla de barrenación para tumba como se muestra en la figura 55, se colocan las polilíneas sobre los límites de los cruceros de carga y se emplea el comando *Copiar a* con ayuda de la

herramienta *forzar objetos* para establecer los límites de los bloques cada 15 metros, asegurándose que el bloque creado se encuentra dentro de los límites de la zona mineralizada entre niveles.

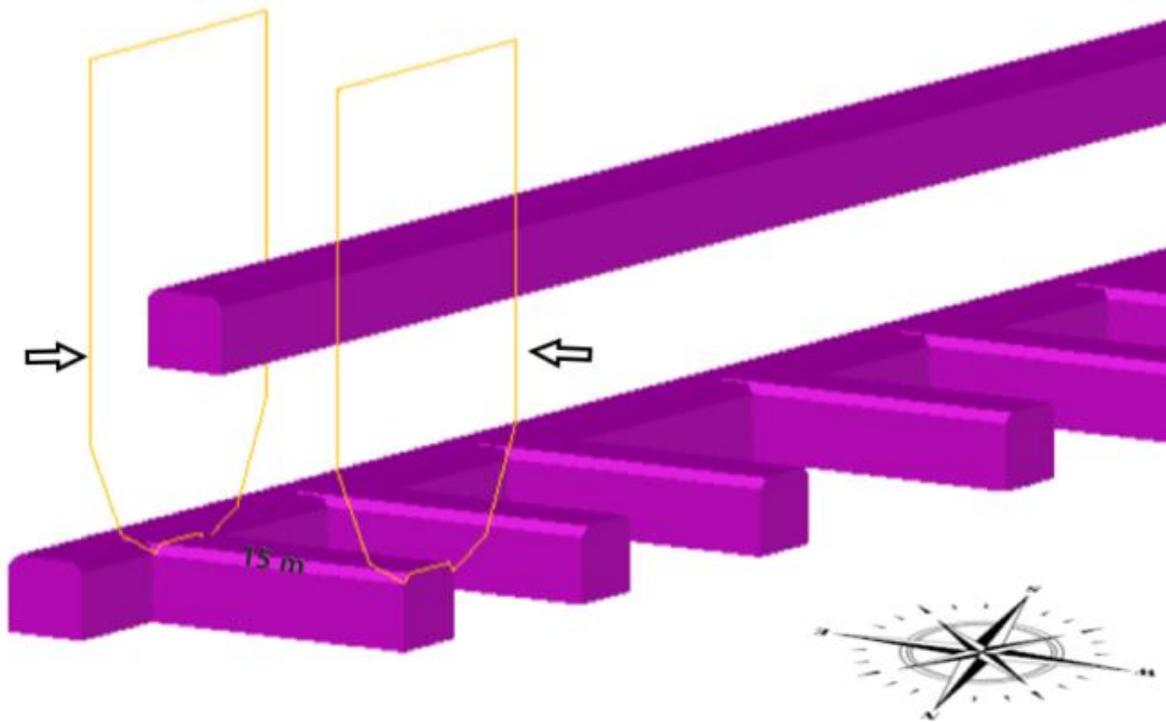


Figura 55. Delimitación del bloque minado, vista NO.

Antes de generar el bloque de minado se deberán cerrar las polilíneas generadas como delimitación de los bloques, dicha acción se realiza dando click derecho sobre la polilínea para arrojar el menú desplegable mostrado en la figura 56, seleccionando el apartado de polilínea y la opción de cerrar.

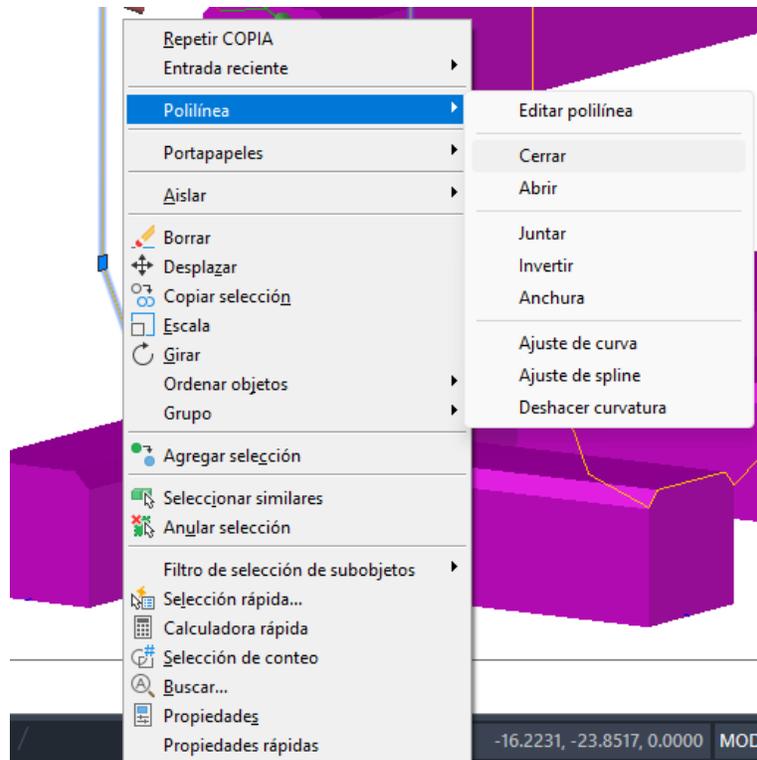


Figura 56. Generación de la polilínea cerrada.

La generación del bloque de minado se debe llevar a cabo por medio del comando *Construir modelo 3D* ubicado en el módulo de *Modelización* como se muestra en la figura 57.

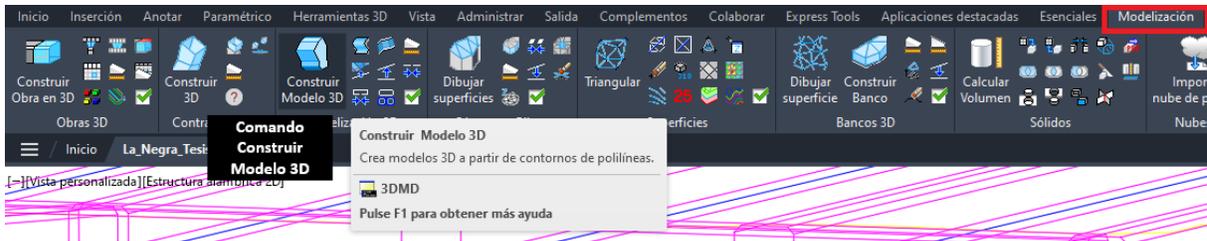


Figura 57. Localización del comando de modelización.

Al ejecutar dicho comando se debe seleccionar la opción *Automático*, señalada en la figura 58, para posteriormente seleccionar los límites de los bloques minerales, creando de manera automática el bloque mineral como se muestra en la figura 59.

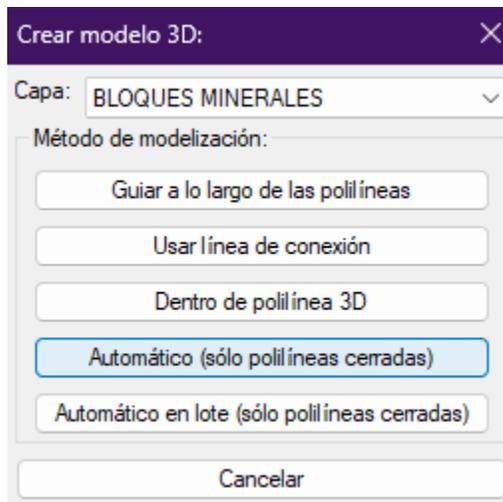


Figura 58. Selección para crear modelo 3D.

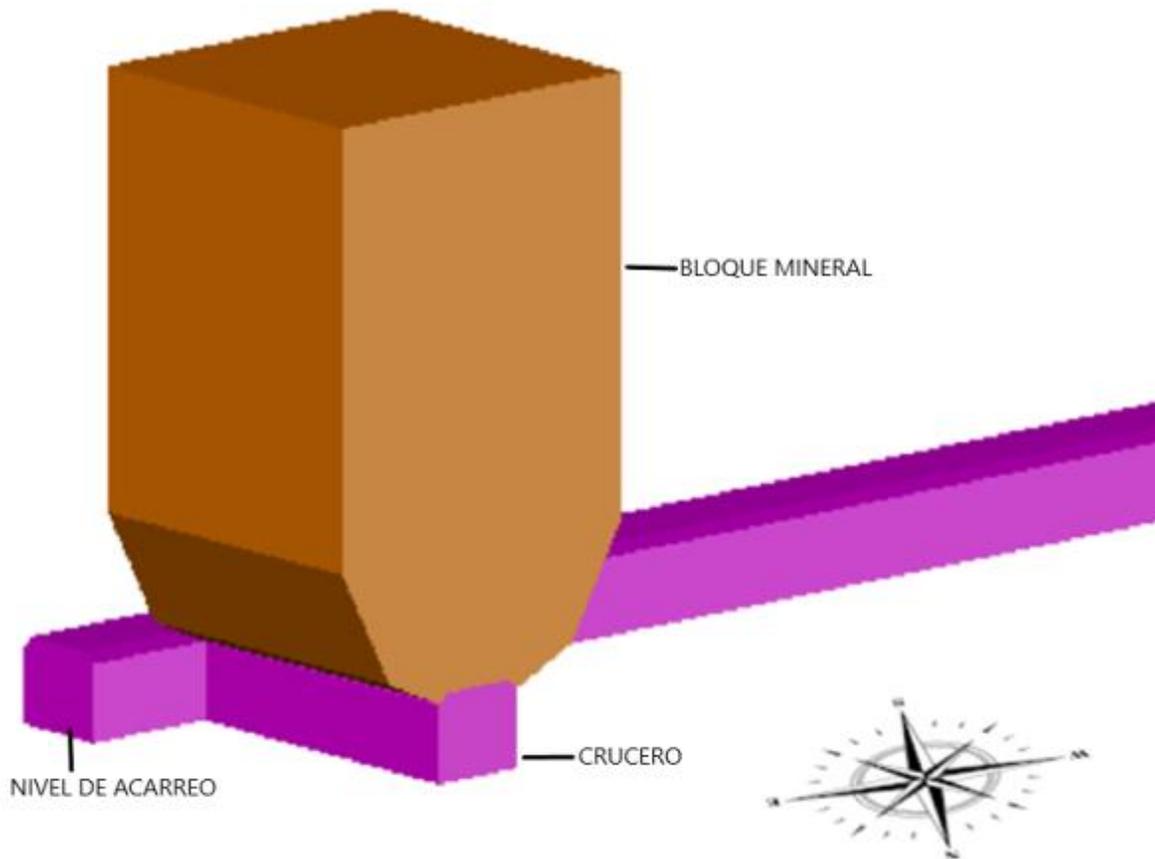


Figura 59. Creación de bloques minerales, vista NO.

Se ejecutará el comando *Copiar a* con la finalidad de copiar el bloque creado a los cruceros de carga modelados previamente, finalizando con la creación de los 76 bloques, los cuales se componen en 25 bloques en el cuerpo amarillo distribuidos

en 3 niveles y 53 bloques en el cuerpo verde distribuidos en 3 niveles como se muestra en la figura 60.

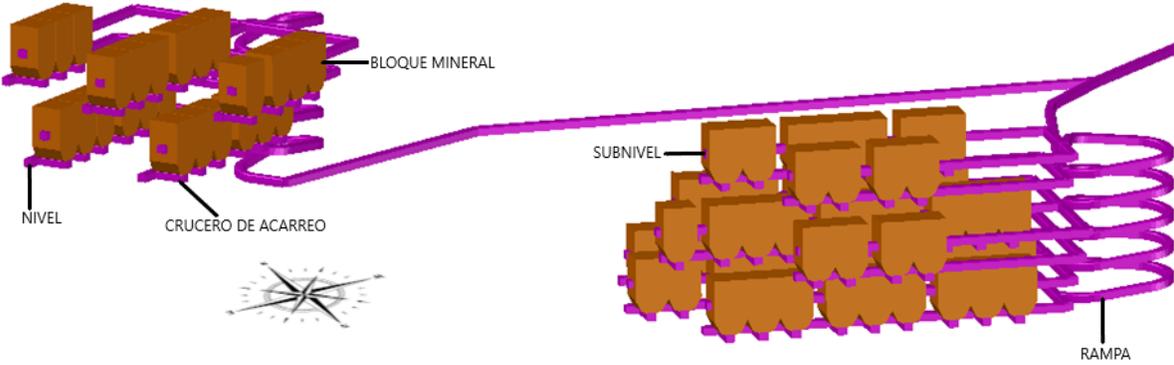


Figura 60. Bloques diseñados para el año de explotación, vista NE.



## **7. Aplicación de la planeación mediante Promine**

La planeación por medio del software Promine comienza con el llenado de parámetros, los cuales fueron recabados y definidos en los puntos anteriores, a continuación, se mostrará la configuración del módulo de planeación, así como la creación de obras y bloques minerales.

### **7.1. Configuración de parámetros**

La configuración de parámetros del *Módulo de planeación* se realiza desde el apartado de *Opciones*, descrito anteriormente en el marco teórico de este trabajo.

#### **7.1.1. Calendario operativo**

La configuración del calendario operativo se realiza desde el apartado *Calendario* (ver figura 62), este detalla los días no laborados y la descripción del día, estableciendo una frecuencia y el mes en el que se presenta. Este calendario establece 13 días no laborados al año, que son los días feriados establecidos en el calendario nacional, añadiendo días establecidos por el sindicato.

Calendario - Elige días no laborables

Nombre:  Años con valores: 2025

Año:

Frecuencia	Día	Día de la semana	Mes	Descripción	
<input type="text" value="Una vez"/>	<input type="text" value="1"/>	<input type="text"/>	<input type="text" value="Enero"/>	<input type="text" value="Nacional"/>	<input type="button" value="Eliminar"/>
<input type="text" value="Una vez"/>	<input type="text" value="5"/>	<input type="text"/>	<input type="text" value="Febrero"/>	<input type="text" value="Nacional"/>	<input type="button" value="Eliminar"/>
<input type="text" value="Una vez"/>	<input type="text" value="21"/>	<input type="text"/>	<input type="text" value="Marzo"/>	<input type="text" value="Nacional"/>	<input type="button" value="Eliminar"/>
<input type="text" value="Una vez"/>	<input type="text" value="1"/>	<input type="text"/>	<input type="text" value="Mayo"/>	<input type="text" value="Nacional"/>	<input type="button" value="Eliminar"/>
<input type="text" value="Una vez"/>	<input type="text" value="11"/>	<input type="text"/>	<input type="text" value="Julio"/>	<input type="text" value="Sindicato"/>	<input type="button" value="Eliminar"/>

Página 1 de 3

---

Calendario - Elige días no laborables

Nombre:  Años con valores: 2025

Año:

Frecuencia	Día	Día de la semana	Mes	Descripción	
<input type="text" value="Una vez"/>	<input type="text" value="16"/>	<input type="text"/>	<input type="text" value="Septiemb"/>	<input type="text" value="Nacional"/>	<input type="button" value="Eliminar"/>
<input type="text" value="Una vez"/>	<input type="text" value="11"/>	<input type="text"/>	<input type="text" value="Octubre"/>	<input type="text" value="Sindicato"/>	<input type="button" value="Eliminar"/>
<input type="text" value="Una vez"/>	<input type="text" value="2"/>	<input type="text"/>	<input type="text" value="Noviemb"/>	<input type="text" value="Nacional"/>	<input type="button" value="Eliminar"/>
<input type="text" value="Una vez"/>	<input type="text" value="20"/>	<input type="text"/>	<input type="text" value="Noviemb"/>	<input type="text" value="Nacional"/>	<input type="button" value="Eliminar"/>
<input type="text" value="Una vez"/>	<input type="text" value="12"/>	<input type="text"/>	<input type="text" value="Diciembr"/>	<input type="text" value="Sindicato"/>	<input type="button" value="Eliminar"/>

Página 2 de 3

---

Calendario - Elige días no laborables

Nombre:  Años con valores: 2025

Año:

Frecuencia	Día	Día de la semana	Mes	Descripción	
<input type="text" value="Una vez"/>	<input type="text" value="24"/>	<input type="text"/>	<input type="text" value="Diciembr"/>	<input type="text" value="Sindicato"/>	<input type="button" value="Eliminar"/>
<input type="text" value="Una vez"/>	<input type="text" value="25"/>	<input type="text"/>	<input type="text" value="Diciembr"/>	<input type="text" value="Sindicato"/>	<input type="button" value="Eliminar"/>
<input type="text" value="Una vez"/>	<input type="text" value="31"/>	<input type="text"/>	<input type="text" value="Diciembr"/>	<input type="text" value="Sindicato"/>	<input type="button" value="Eliminar"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="button" value="Eliminar"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="button" value="Eliminar"/>

Página 3 de 3

Figura 61. Calendario operativo en Promine.

### 7.1.2. Configuración de recursos

La asignación de recursos se realiza desde el comando *Opciones* en el apartado de *Recursos*, insertando los equipos de barrenación, rezagado y acarreo como el jumbo de barrenación, simba de barrenación larga, cargador LHD o scooptram y camión de bajo perfil (CBP), así como su porcentaje de disponibilidad y su costo al día, los costos de diésel y mantenimiento se deben introducir por equipo.

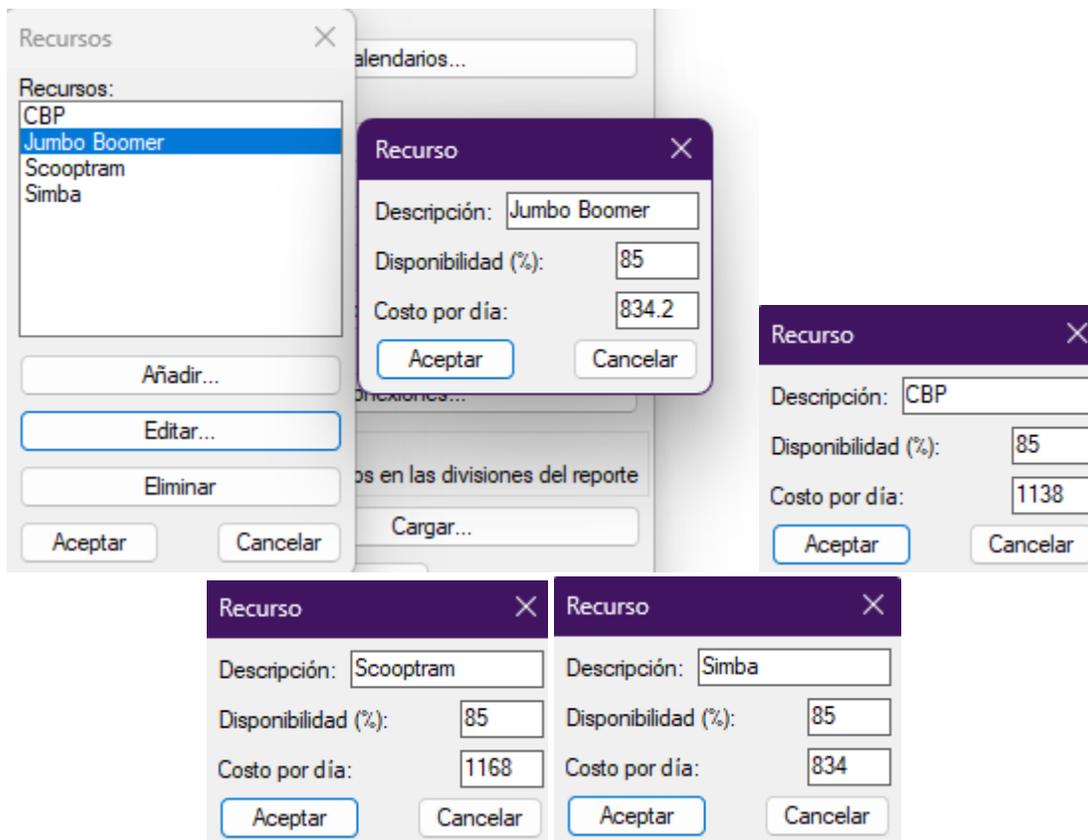


Figura 62. Configuración de recursos en Promine.

### 7.1.3. Configuración de materiales

Los materiales se configuran desde el apartado *Materiales* (ver figura 63) y se introduce su costo por unidad, en el caso de los aceros de preparación y servicios, los costos se muestran en dólares por metro; para el caso de aceros de producción, explosivos de producción y explosivos de preparación los costos se muestran en dólares por tonelada.

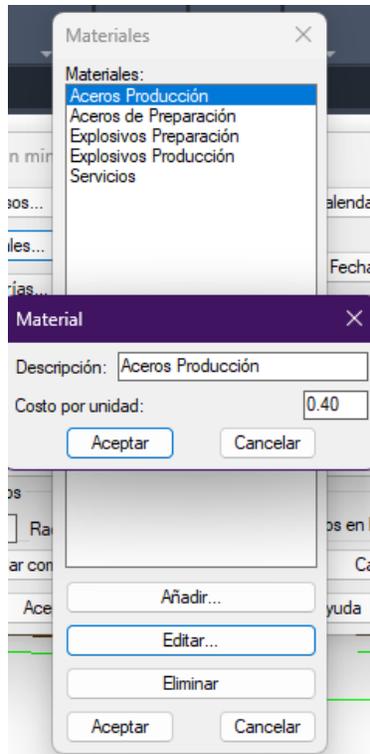


Figura 63. Configuración de materiales en Promine.

#### 7.1.4. Configuración de categorías

La configuración se realiza desde el apartado de *Categorías*, únicamente se establece la categoría de costos, ya que se obtendrán costos directos por tonelada tumbada, la figura 64 muestra la pestaña del apartado.

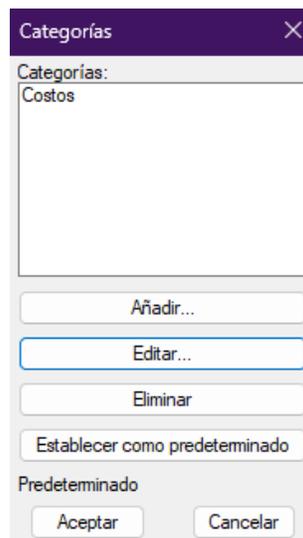


Figura 64. Configuración de categorías en Promine.

### 7.1.5. Configuración de destinos

Los destinos se configuran desde el apartado de *Destino*, se define el patio de almacenamiento mineral (stockpile ore) y el patio de almacenamiento de tepetate (stockpile waste), definiendo sus coordenadas y su capacidad máxima al día conforme a los datos compartidos por Minera la Negra.

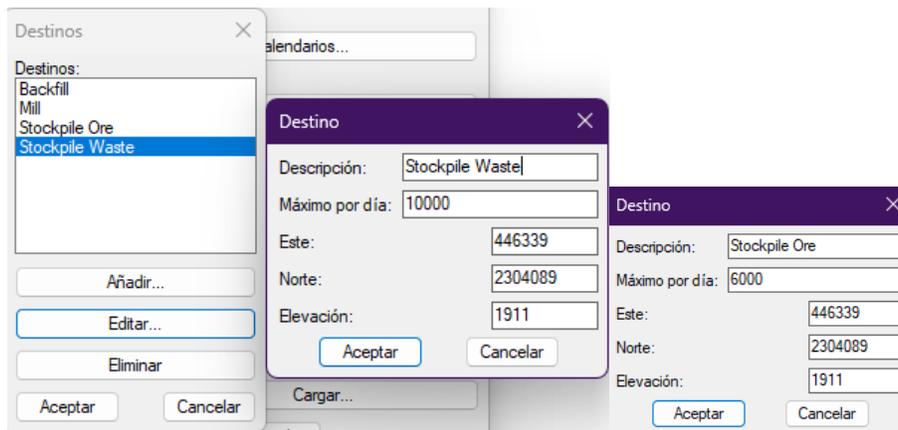


Figura 65. Configuración de destinos en Promine.

### 7.1.6. Configuración de obras

Estas se configuran desde el apartado *Tipos de obras*, se establece la preparación de tepetate y la preparación mineral (ver figuras 66 y 67), a cada tipo de obra se le debe asignar los recursos (equipos) y materiales correspondientes a la preparación. La configuración de cada tipo de obra debe incluir la altura de la obra, el ancho, el avance por día y la densidad de mineral o tepetate según sea el caso; asimismo, la categoría se asigna a costos y el destino varía si se trata de preparación en tepetate (waste) o mineral (ore), el costo por metro es calculado de manera automática por medio de Promine, por lo que se asignará un valor de 0.001 con finalidad de otorgar un dato mayor que cero con fines de configuración.

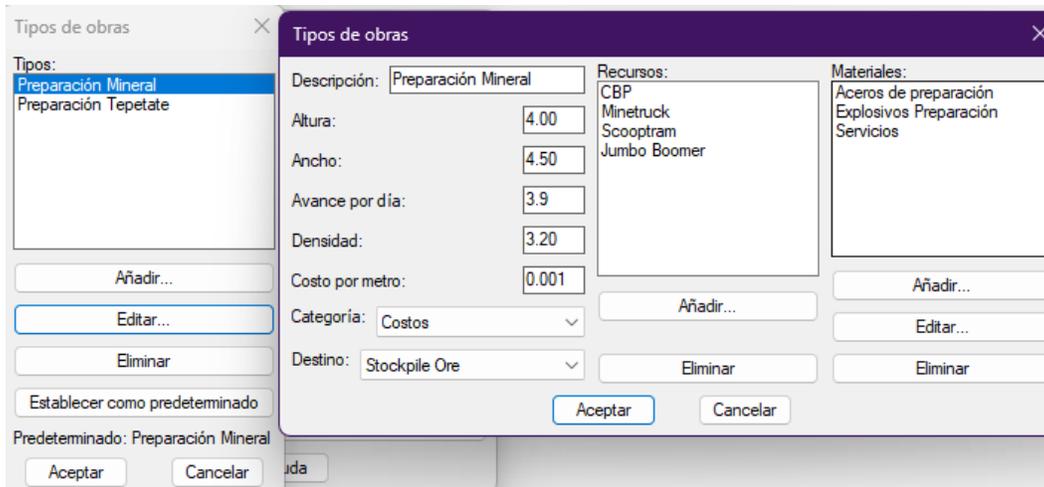


Figura 66. Configuración de obras de preparación mineral en Promine.

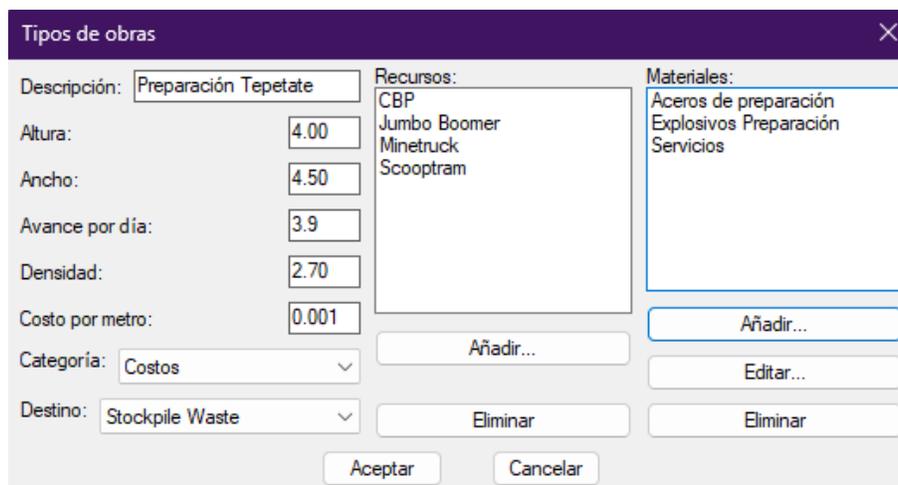


Figura 67. Configuración de obras de preparación tepetate en Promine.

La figura 68 muestra la configuración de costos de acuerdo con los materiales insertados, definiendo los costos de aceros por longitud y los explosivos por tonelada.

The image shows a software window titled "Editar material" with a close button (X) in the top right corner. The window contains a list of material categories with their respective configurations:

- Aceros de preparación:** Cantidad: 3.90. Radio buttons:  Por día,  Por tonelada,  Por longitud,  Total.
- Explosivos Preparación:** Cantidad: 1.00. Radio buttons:  Por día,  Por tonelada,  Por longitud,  Total.
- Servicios:** Cantidad: 3.90. Radio buttons:  Por día,  Por tonelada,  Por longitud,  Total.

Below the "Servicios" section, there are several rows of empty "Cantidad:" fields and radio button options for "Por día", "Por tonelada", "Por longitud", and "Total". At the bottom of the window, there are navigation buttons: "Página anterior", "Página siguiente", and "Página 1". Below these are two buttons: "Aceptar" and "Cancelar".

Figura 68. Configuración de costos en materiales.

### 7.1.7. Configuración de bloques

Los bloques se dividen en los que corresponden al cuerpo verde y cuerpo amarillo, estos se configuran desde el apartado de *Bloques de minado*, definiendo el tonelaje por día de cada bloque, un costo por tonelada conforme a los datos de costos de equipos empleados para la explotación, los cuales comprenden dos cargadores tipo LHD o scooptram, un camión de bajo perfil y una simba de barrenación larga por bloque. El destino se define como el patio de almacenamiento de mineral, asimismo, se seleccionan los atributos a mostrar por bloque y para finalizar se establecen las leyes por bloque. Las figuras 69 y 70 muestran las configuraciones para los bloques minerales verde y amarillo.

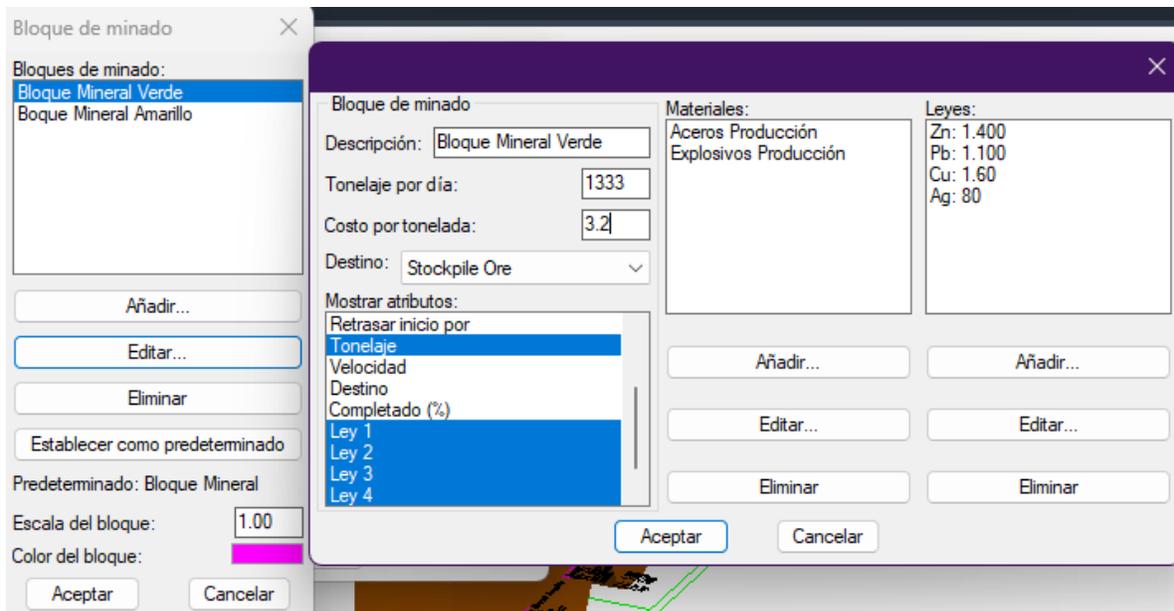


Figura 69. Configuración de bloque mineral verde en Promine.

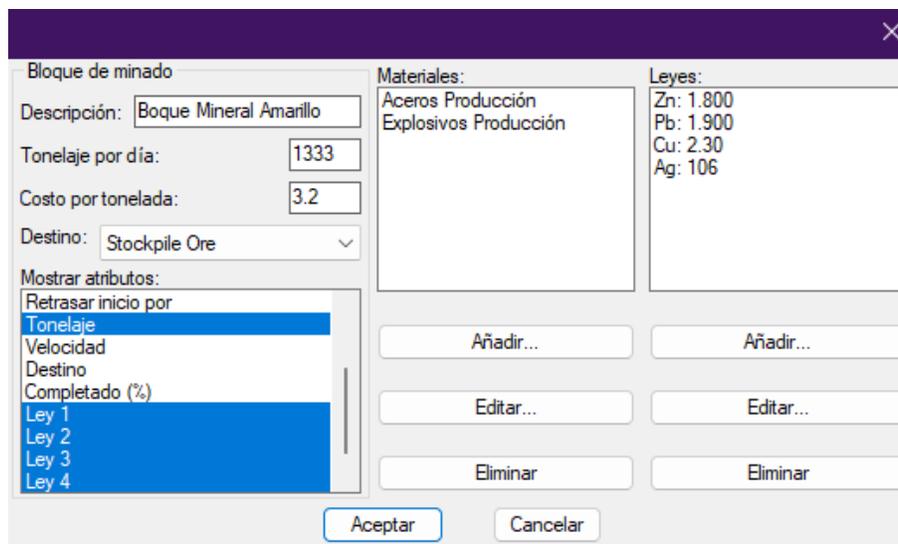


Figura 70. Configuración de bloque mineral amarillo en Promine.

## 7.2. Insertar obras en el módulo de planeación

Para insertar obras en el *Módulo de Planeación* se debe crear una nueva Capa denominada *Planeación*, posteriormente se selecciona el comando *Insertar* y el comando *Obra*, se arroja la opción de crear polilíneas a lo largo de las líneas de centro creadas anteriormente, cada obra se debe recrear mediante este comando

con el fin de que se puedan incluir en la planeación, asegurando que esté activo el *Snap* para forzar objetos o elementos CAD.

La figura 71 muestra la creación del acceso AC\_3287, la nomenclatura de obras se realiza conforme a rebajes (R), accesos (AC), niveles (N) y cruceros (XO), asimismo se emplean los últimos dos dígitos de las coordenadas este y norte para completar la nomenclatura de la obra.

La figura 72 muestra la configuración de la obra AC\_3287, esta ventana de configuración aparece una vez que se termina de señalar la obra con el comando *Insertar Obras*. Los parámetros que considera la ventana de configuración comprenden lo siguiente:

- Si se trata de una obra de preparación en mineral o tepetate
- La tasa de avance por día, la configuración de leyes
- Su elevación inicial y elevación final
- Obras o bloques predecesoras de la nueva obra creada
- Configuración de la fecha de inicio, la cual se puede definir manual o automáticamente en caso de que la nueva obra no tenga una conexión sucesiva con otras obras.
- El calendario operativo con el cual se operará

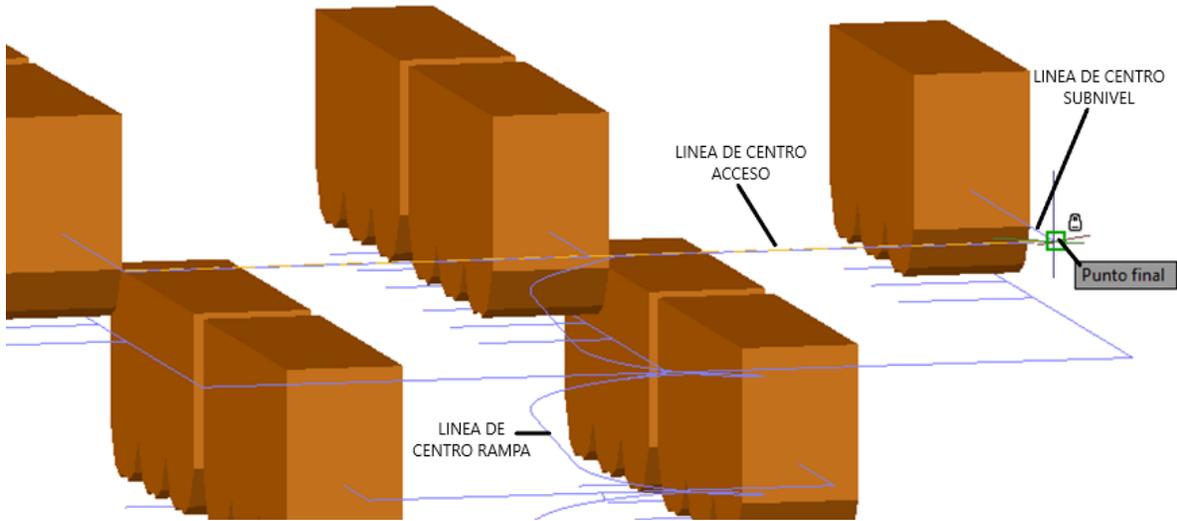


Figura 71. Creación de obras en el módulo de planeación de Promine.

La ventana 'Editar obra' muestra los siguientes parámetros de configuración:

- Nombre de obra: AC\_3287
- Tipo: Preparación Tepetate
- Velocidad: 3.90
- Tasa de avance predeterminada
- Tasa de avance por día: 0.00
- Leyes: (campo vacío)
- Predecesores: (campo vacío)
- Botones: Añadir..., Elegir..., Eliminar
- Tipo de fecha: Iniciar el 20241201
- Retraso: Retrasar inicio por: 0.0
- Retraso mínimo: (campo vacío) Retraso máximo: (campo vacío)
- Fecha de fin: 2025Ene05 36 Días
- Calendario: Calendario Operativo
- Botón: Establecer progreso real
- Pendiente: 0.0
- Longitud: 120.1
- Botones: Aceptar, Cancelar

Figura 72. Configuración de parámetros para la inserción de obras en Promine.

Esta actividad debe repetirse para cada línea de centro de las obras anteriormente creadas, indicando si se tratan de obras de acceso, niveles, rebajes o cruceros, dando la nomenclatura anteriormente descrita con la finalidad de identificar las

obras en los reportes de resultados, los accesos se clasifican como preparación en tepetate, los cruceros, niveles y rebajes se clasifican como preparación en mineral. La figura 73 muestra las obras creadas a partir del módulo de planeación.

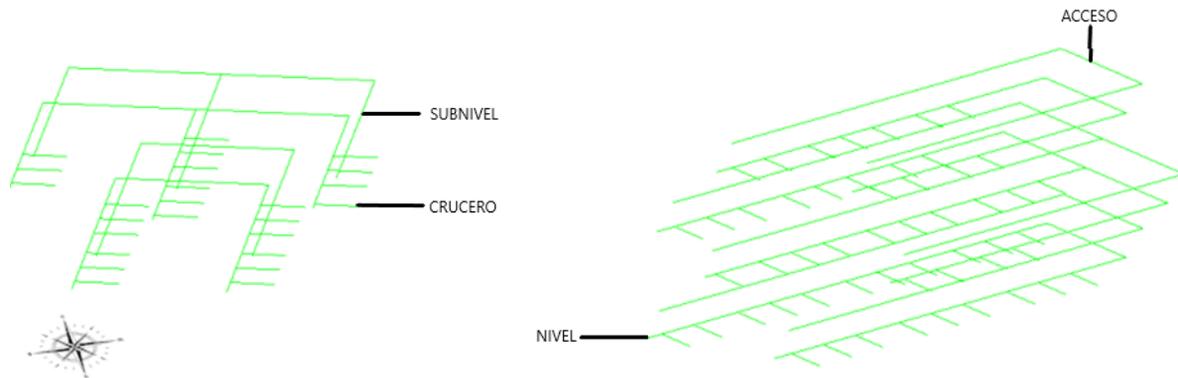


Figura 73. Obras creadas a partir del módulo de planeación en Promine, vista NE.

### 7.3. Insertar bloques en el módulo de planeación

La inserción de bloques se realiza por medio del comando *Insertar y Bloques de minado* localizado en el *Módulo de planeación* de Promine, al ejecutar dicho comando se arroja la ventana mostrada en la figura 74, en la cual se debe seleccionar el tipo de bloque a trabajar, posteriormente debe seleccionarse el bloque mineral elegido (ver figura 75) y para finalizar, el software arroja una ventana de configuración (ver figura 76) donde se configuran los siguientes parámetros:

- El tipo de bloque
- La tasa de avance por día en toneladas
- El tonelaje correspondiente al bloque
- La configuración de leyes
- Su elevación inicial
- Obras o bloques predecesoras del nuevo bloque creado
- Configuración de la fecha de inicio, la cual se puede definir manual o automáticamente en caso de que el nuevo bloque no tenga una conexión sucesiva con otras obras o bloques

- El calendario operativo con el cual se operará

La nomenclatura de bloques se realiza con el sufijo BV (bloque verde) o BA (bloque amarillo) de acuerdo con el cuerpo que pertenezca el bloque, seguido de una numeración comenzando a partir del 001, la nomenclatura se otorga de arriba hacia abajo y de izquierda a derecha, cabe resaltar que la nomenclatura no resalta el orden de explotación de los bloques.

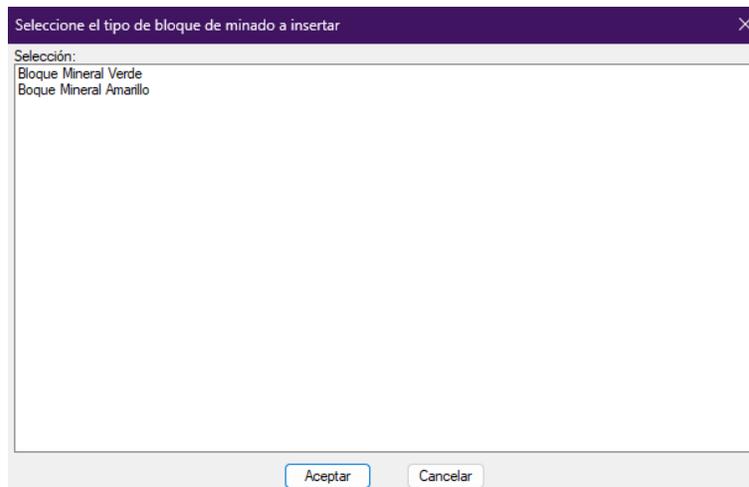


Figura 74. Selección de bloques a crear.

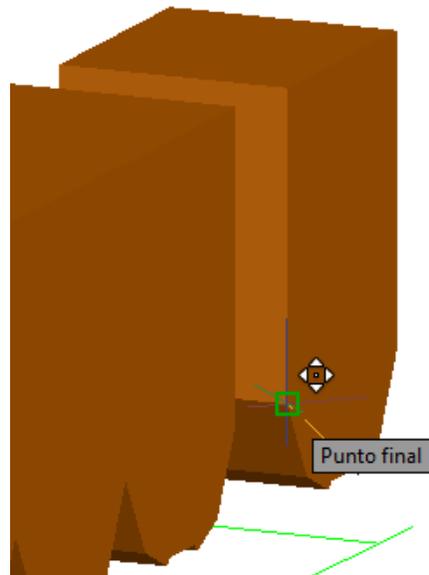


Figura 75. Selección del punto para insertar el bloque.

**Editar bloque de minado**

Nombre: B-01

Tipo: Bloque Mineral Verde

Velocidad: 1333.0

Tasa de avance predeterminada

Tasa de avance por día: 1.0

Tonelaje: 18067

Tonelaje restante: 18067

Leyes: Zn: 1.400, Pb: 1.100, Cu: 1.60

Tipo de fecha: Iniciar el 20250225

Retraso: Retrasar inicio por: 0.0, Retraso mínimo: , Retraso máximo:

Fecha de fin: 2025Mar10 14 Días

Calendario: Calendario Operativo

Elevación: 2005.00

Establecer progreso real

Aceptar Cancelar

Figura 76. Configuración de parámetros de bloques de minado en Promine.

La figura 77 muestra el resultado una vez que se finaliza la configuración del bloque mineral, se observa el cuerpo al que pertenece, su nomenclatura, su duración de explotación y las leyes contenidas.

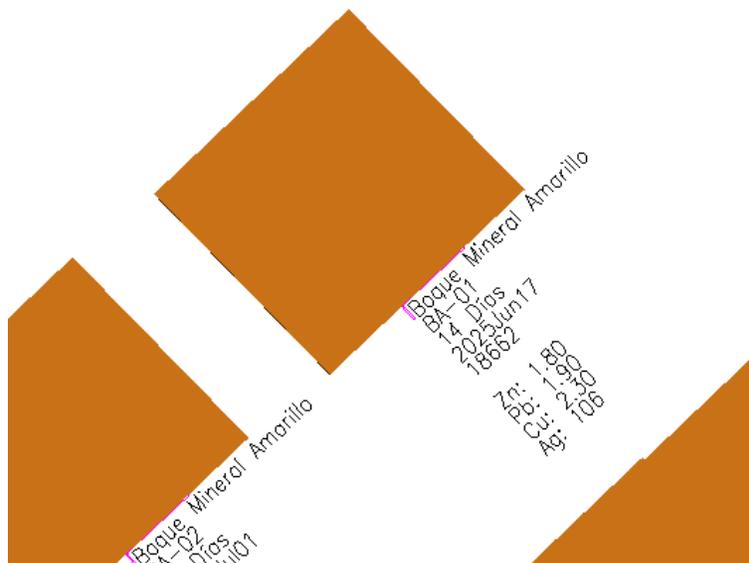


Figura 77. Resultados de generación de bloques y sus características.

Los pasos anteriores deben repetirse para generar la totalidad de bloques estimados para el año de explotación, la figura 78 muestra los bloques y las obras creadas a partir del *Módulo de planeación* en Promine.

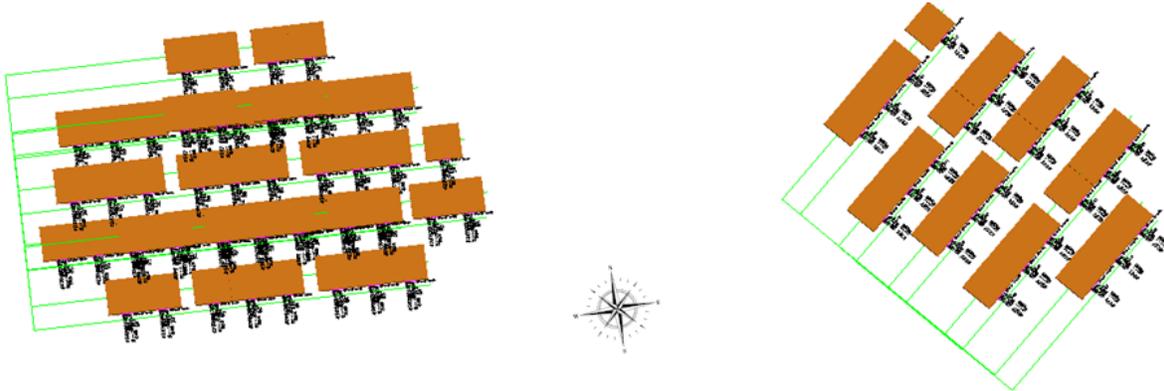


Figura 78. Bloques y obras creados a partir del *Módulo de planeación* en Promine, vista de planta.



## 8. Resultados

Para la obtención de resultados, se debe ejecutar el comando *Reportes* localizado en el apartado de *Planeación* que se muestra en la figura 79, los posibles reportes a crear se enlistan en la figura 80.

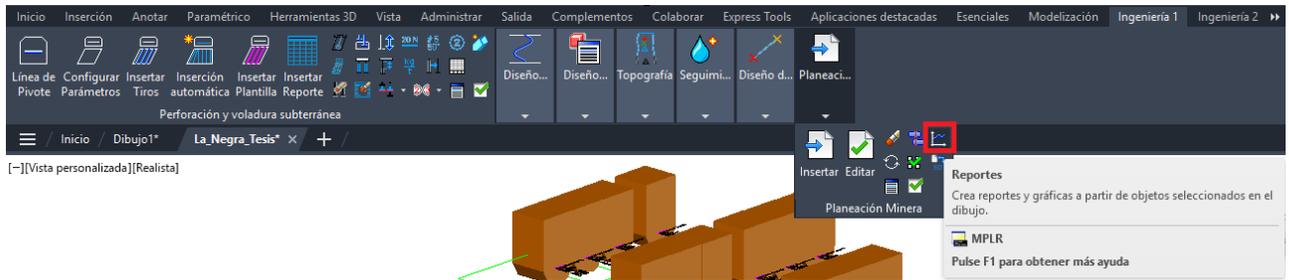


Figura 79.- Comando de generación de reportes de planeación en Promine.

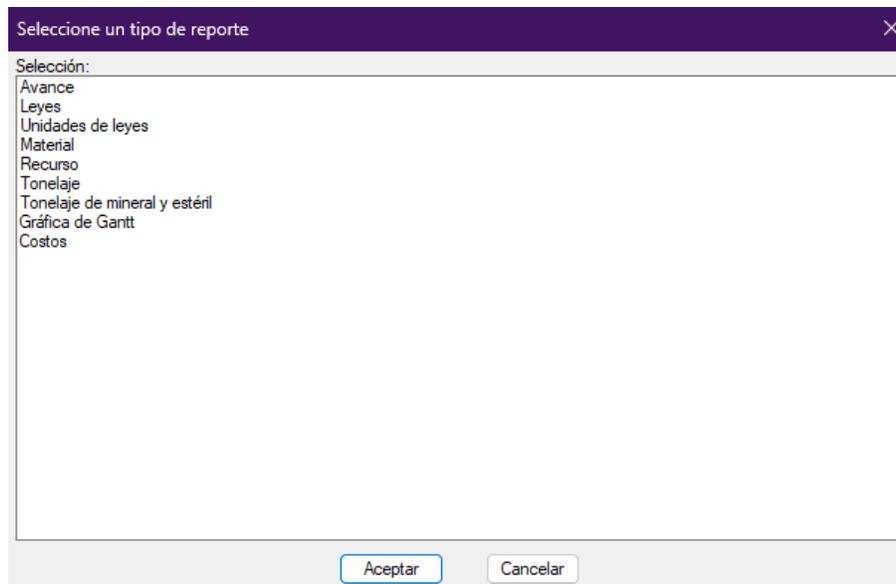


Figura 80. Listado de reportes de planeación en Promine.

Los reportes de *unidades de leyes* y *leyes* se utilizan para examinar las diversas leyes contenidas y sus respectivas unidades en las obras o bloques seleccionados. En el presente estudio, las leyes a considerar son homogéneas debido al modelo de bloques generado, lo que llevó a la decisión de no realizar un análisis detallado de las mismas, ya que los resultados obtenidos serían redundantes.

Los reportes de *material* y *recursos* ilustran la utilización de materiales y recursos en función de la obra y el bloque seleccionados. En este caso, los materiales y recursos empleados se registraron de forma universal, incluyendo explosivos, aceros de barrenación y equipos. Por lo tanto, no se generó un desglose detallado de dicho reporte, ya que en la fase de desarrollo de la planeación a corto plazo de este estudio se proporciona dicha información de manera específica.

El reporte de *tonelaje mineral y estéril* lleva a cabo un análisis discriminante de la ley de corte establecida en función del contenido metálico, permitiendo obtener el tonelaje extraído de mena y ganga para el desarrollo del plan de minado. En este trabajo, como se mencionó previamente, las leyes son homogéneas debido al modelo de bloques creado. Además, se trabajó con la premisa de que las leyes en los cuerpos minerales generados cumplen con las características de ser superiores a la ley de corte establecida por Minera la Negra.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos a partir de los reportes desarrollados.

## **8.1. Reporte de avance**

Para iniciar la generación de cualquier reporte el software solicita seleccionar las obras a partir de las cuales se desea obtener la información, en el caso del reporte de *Avance* se seleccionan las obras mostradas en la figura 81 con la finalidad de acotar los resultados.

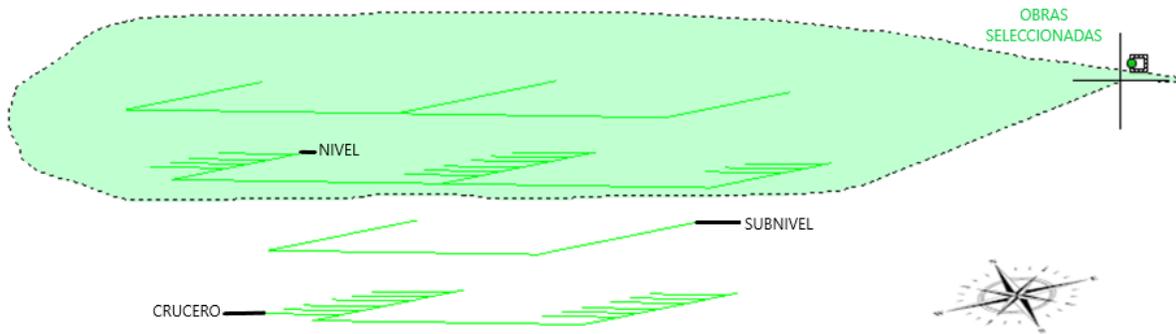


Figura 81. Obras seleccionadas para el reporte de avance en Promine, vista NO.

Al seleccionar las obras, de manera automática se arroja la ventana indicada en la figura 82, mostrando la posible configuración de los reportes de avance, los cuales pueden ser obtenidos por días, semanas o meses conforme a la duración de las obras seleccionadas, de igual manera, es posible seleccionar el tipo de resultado, obteniendo una gráfica o un archivo delimitado por comas (.csv) que se generan de manera automática. Las opciones de selección de fecha permiten establecer una fecha de inicio y fin de búsqueda para la obtención de resultados, seleccionando la opción de automático, estas fechas se generarán conforme a las establecidas en las obras seleccionadas.

Reporte de avance

Divisiones de tiempos

Diario

Semanal

Mensual

Tipo de resultado

Gráfica

Archivo

Marcar velocidad

Rango de fechas

Automático

Desde la fecha:

Hasta la fecha:

Mostrar las subdivisiones

Mostrar actual

Figura 82. Configuración de parámetros del reporte de avance.

Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 24, donde se aprecia la base de datos que contiene el nombre de la obra, tipo, velocidad de avance, metros avanzados en total y mes en el que se trabajó dicha obra.

Tabla 24. Base de datos de avances.

Inicio	Fin	Avance (m)	Nombre	Obra	Velocidad Diaria (m)
2025Feb01	2025Feb28	11.7	AC_2594	Preparación Tepetate	3.9
2025Feb01	2025Feb28	8.74	AC_3287	Preparación Tepetate	3.9
2025Mar01	2025Mar31	8.54	R-2594	Preparación Mineral	3.9
2025Mar01	2025Mar31	108.45	AC_2594	Preparación Tepetate	3.9
2025Mar01	2025Mar31	9.49	N-3287	Preparación Mineral	3.9
2025Mar01	2025Mar31	111.41	AC_3287	Preparación Tepetate	3.9
2025Abr01	2025Abr30	100.1	R-2594	Preparación Mineral	3.9
2025Abr01	2025Abr30	5.32	XO_324	Preparación Mineral	3.9
2025Abr01	2025Abr30	94.21	N-3287	Preparación Mineral	3.9
2025Abr01	2025Abr30	5.32	XO_323	Preparación Mineral	3.9
2025Abr01	2025Abr30	17.47	XO_322	Preparación Mineral	3.9
2025Abr01	2025Abr30	17.47	XO_321	Preparación Mineral	3.9

2025May01	2025May31	104.85	R-6750	Preparación Mineral	3.9
2025May01	2025May31	12.15	XO_324	Preparación Mineral	3.9
2025May01	2025May31	104.85	N_7443	Preparación Mineral	3.9
2025May01	2025May31	12.15	XO_323	Preparación Mineral	3.9
2025Jun01	2025Jun30	46.1	R-0907	Preparación Mineral	3.9
2025Jun01	2025Jun30	22.45	R-6750	Preparación Mineral	3.9
2025Jun01	2025Jun30	17.47	XO_746	Preparación Mineral	3.9
2025Jun01	2025Jun30	17.47	XO_745	Preparación Mineral	3.9
2025Jun01	2025Jun30	17.47	XO_744	Preparación Mineral	3.9
2025Jun01	2025Jun30	46.1	N_1600	Preparación Mineral	3.9
2025Jun01	2025Jun30	18.49	N_7443	Preparación Mineral	3.9
2025Jun01	2025Jun30	17.47	XO_743	Preparación Mineral	3.9
2025Jun01	2025Jun30	17.47	XO_742	Preparación Mineral	3.9
2025Jun01	2025Jun30	17.47	XO_741	Preparación Mineral	3.9
2025Jul01	2025Jul31	53.33	R-0907	Preparación Mineral	3.9
2025Jul01	2025Jul31	17.47	XO_163	Preparación Mineral	3.9
2025Jul01	2025Jul31	17.47	XO_162	Preparación Mineral	3.9
2025Jul01	2025Jul31	17.47	XO_161	Preparación Mineral	3.9
2025Jul01	2025Jul31	51.46	N_1600	Preparación Mineral	3.9

La figura 83 muestra la gráfica de avance por mes, donde se grafica el avance total al mes en el *eje Y* y el mes en el *eje X*.

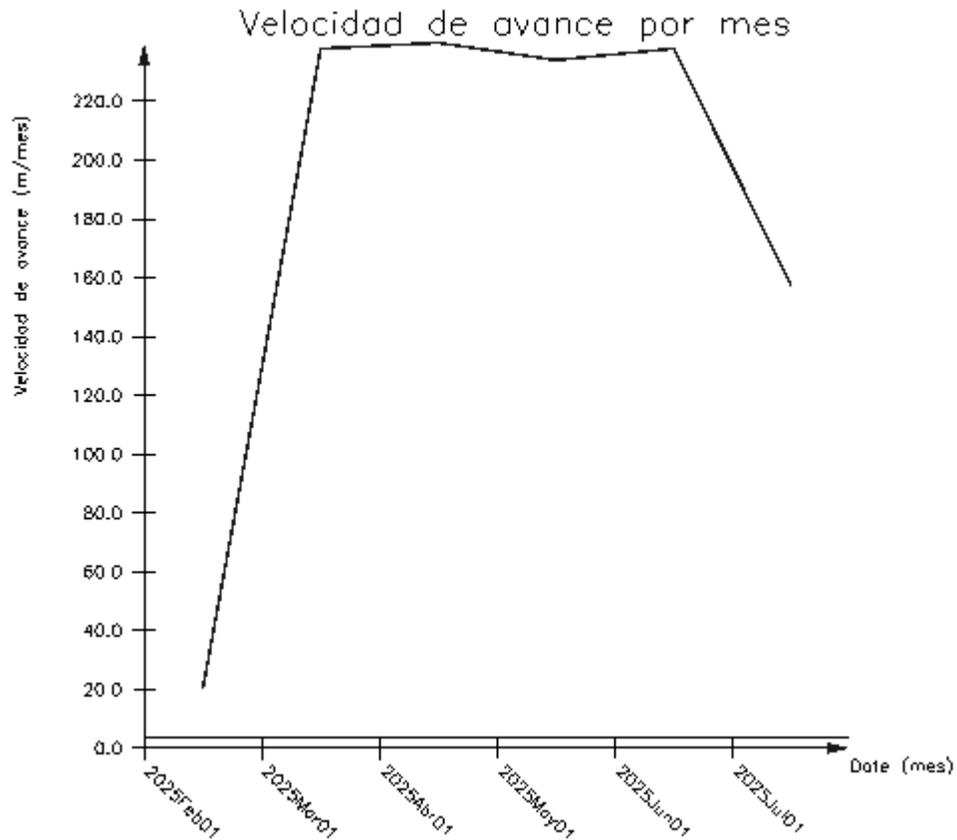


Figura 83. Gráfica de velocidad de avance por mes.

## 8.2. Reporte de tonelaje

El reporte de tonelaje se obtiene seleccionando los bloques requeridos, con la finalidad de acotar los resultados, se seleccionaron 3 bloques para conformar el tonelaje diario, en el caso del reporte obtenido para tonelaje mensual se emplearon todos los bloques creados en la interfaz CAD del software Promine, la figura 83 muestra la totalidad de bloques, asimismo se muestra en azul los bloques seleccionados para la creación del ejemplo del caso diario.

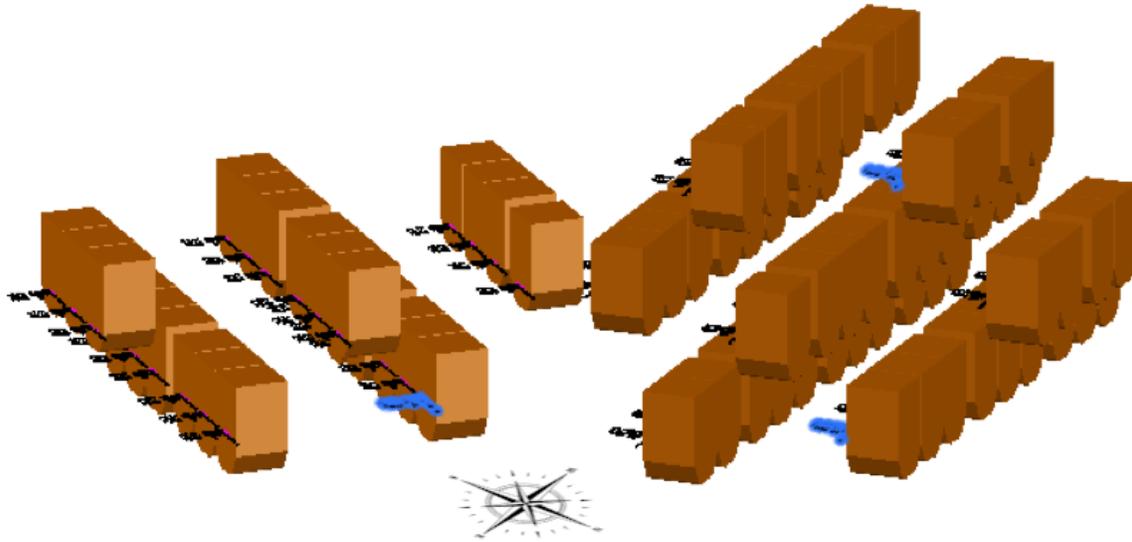


Figura 84. Bloques de minado para reporte de tonelaje en Promine, vista NE.

La configuración de parámetros (figura 85) para el reporte de tonelaje es similar al reporte de avance, en esta ocasión se crearán dos reportes, uno mensual con la totalidad de bloques y otro diario con los 3 bloques mencionados, con la finalidad de ejemplificar la obtención de resultados diaria y total al mes.

A screenshot of a software dialog box titled "Reporte de tonelaje". The dialog has a purple header bar with a close button (X). The content is organized into several sections:

- Divisiones de tiempos:** Three radio buttons are present: "Diario" (unselected), "Semanal" (unselected), and "Mensual" (selected).
- Tipo de resultado:** Two checked checkboxes: "Gráfica" and "Archivo".
- Marcar velocidad:** A text input field containing the value "3.9".
- Rango de fechas:** A checked checkbox for "Automático". Below it are two date input fields: "Desde la fecha:" and "Hasta la fecha:", both containing the value "0".
- Other options:** Three unchecked checkboxes: "Mostrar las subdivisiones", "Mostrar actual", and "No agrupar actividades".
- Buttons:** "Aceptar" and "Cancelar" buttons at the bottom.

Figura 85. Configuración de parámetros del reporte de tonelaje.

Los resultados mostrados a continuación corresponden a la generación del reporte de tonelaje para 3 bloques, que comprende la explotación inicial del año planeado, la tabla 25 muestra el tonelaje explotado al día y la figura 86 muestra la gráfica donde el tonelaje corresponde al eje Y y la fecha al eje X.

Tabla 25. Reporte de tonelaje diario para 3 bloques.

Fecha	Tonelaje
2025Ene01	0
2025Ene02	3999
2025Ene03	3999
2025Ene04	3999
2025Ene05	3999
2025Ene06	3999
2025Ene07	3999
2025Ene08	3999
2025Ene09	3999
2025Ene10	3999
2025Ene11	3999
2025Ene12	3999
2025Ene13	3999
2025Ene14	3999
2025Ene15	3999

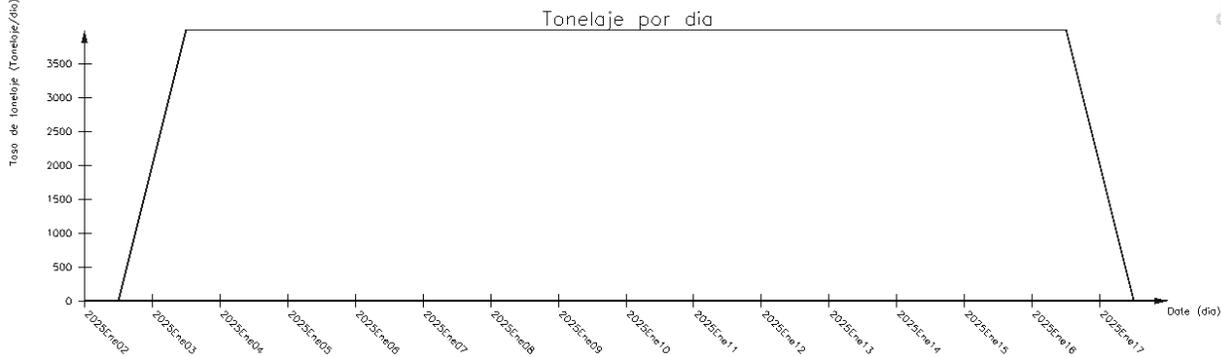


Figura 86. Gráfica de tonelaje por día.

Los resultados correspondientes al año de explotación se muestran en la tabla 26, arrojando el tonelaje explotado por mes, la figura 87 muestra la gráfica de tonelaje

por mes en el año de explotación. Asimismo, se puede observar una variación en el tonelaje explotado al mes, esto se debe a la duración de los meses y a los días inhábiles conforme al calendario operativo anteriormente propuesto, obteniendo un tonelaje total de 1,403,649 toneladas extraídas a partir de bloques de minado para el año de explotación.

Tabla 26. Reporte de tonelaje mensual para el año de producción.

Del	A	Tonelaje
2025Ene01	2025Ene31	115971
2025Feb01	2025Feb28	107973
2025Mar01	2025Mar31	119970
2025Abr01	2025Abr30	119970
2025May01	2025May31	119970
2025Jun01	2025Jun30	119970
2025Jul01	2025Jul31	119970
2025Ago01	2025Ago31	123969
2025Sep01	2025Sep30	115971
2025Oct01	2025Oct31	119970
2025Nov01	2025Nov30	111972
2025Dic01	2025Dic31	107973
<b>Total</b>		<b>1403649</b>

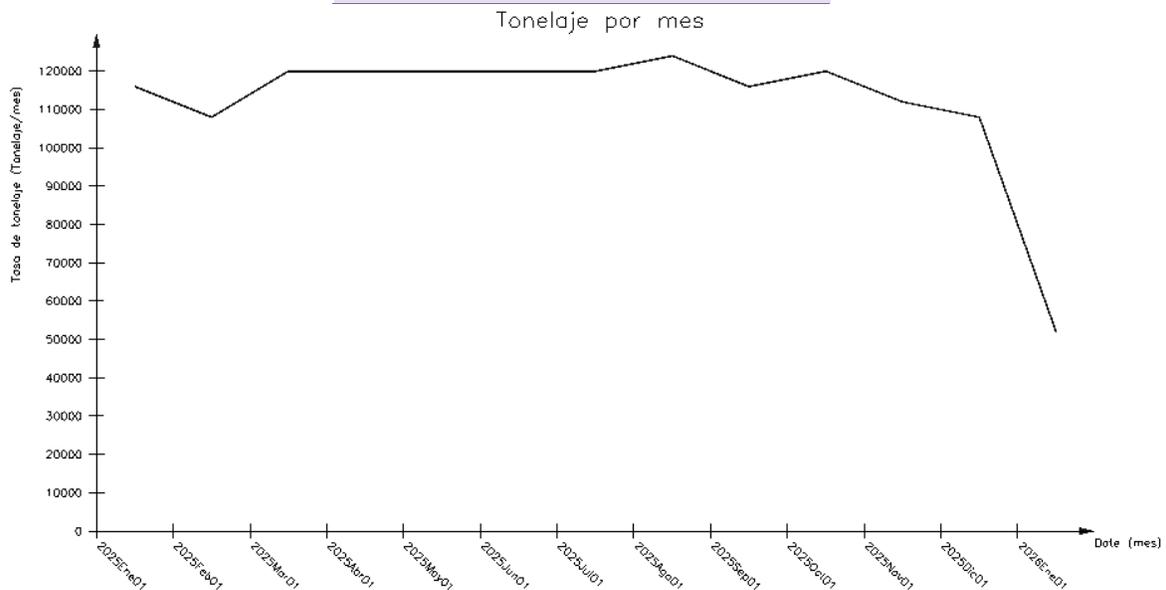


Figura 87. Gráfica de tonelaje por mes en el año de explotación.

### 8.3. Reporte de costos

El reporte de costos se genera a partir de la selección de todas las obras, filtrando la selección de fechas para limitar la generación de datos en el mes de enero con la finalidad de acotar los resultados, la figura 88 muestra la configuración de parámetros.

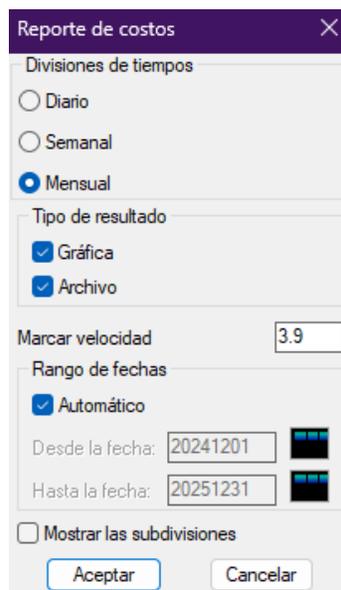


Figura 88. Configuración de parámetros del reporte de costos.

Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 27, donde se desglosa el reporte de costos para el mes de enero por día, con el nombre de la obra, tipo, costo por día (USD) y costo total por actividad (USD).

Tabla 27. Reporte de costos para el mes de enero.

Del	A	\$	Nombre	Tipo	Costo de actividad
2025Ene01	2025Ene31	\$ 54,786.00	R_9513	Obra	\$ 243,641.93
2025Ene01	2025Ene31	\$ 54,786.00	N_9503	Obra	\$ 241,449.67
2025Ene01	2025Ene31	\$ 140,003.00	R_9512	Obra	\$ 198,496.29
2025Ene01	2025Ene31	\$ 140,003.00	N_9502	Obra	\$ 197,856.07

2025Ene01	2025Ene31	\$ 95,293.00	R_8928	Obra	\$	150,761.74
2025Ene01	2025Ene31	\$ 95,293.00	N_9621	Obra	\$	148,129.12
2025Ene01	2025Ene31	\$ 75,394.00	BA-14	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025Ene01	2025Ene31	\$ 5,380.00	BV-03	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025Ene01	2025Ene31	\$ 75,394.00	BV-02	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025Ene01	2025Ene31	\$ 75,394.00	BV-01	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025Ene01	2025Ene31	\$ 5,380.00	BV-36	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025Ene01	2025Ene31	\$ 75,394.00	BV-35	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025Ene01	2025Ene31	\$ 75,394.00	BV-34	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025Ene01	2025Ene31	\$ 5,380.00	BA-16	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025Ene01	2025Ene31	\$ 75,394.00	BA-15	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025Ene01	2025Ene31	\$ 20,905.00	XO_546	Obra	\$	20,904.65
2025Ene01	2025Ene31	\$ 20,905.00	XO_545	Obra	\$	20,904.65
2025Ene01	2025Ene31	\$ 20,905.00	XO_544	Obra	\$	20,904.65
2025Ene01	2025Ene31	\$ 20,905.00	XO_543	Obra	\$	20,904.65
2025Ene01	2025Ene31	\$ 2,901.00	XO-542	Obra	\$	20,904.65
2025Ene01	2025Ene31	\$ 2,901.00	XO_541	Obra	\$	20,904.65
2025Ene01	2025Ene31	\$ 20,881.00	XO_516	Obra	\$	20,880.83
2025Ene01	2025Ene31	\$ 20,881.00	XO_515	Obra	\$	20,880.83
2025Ene01	2025Ene31	\$ 20,881.00	XO_514	Obra	\$	20,880.83
2025Ene01	2025Ene31	\$ 20,881.00	XO_513	Obra	\$	20,880.83
2025Ene01	2025Ene31	\$ 1,694.00	XO_512	Obra	\$	20,880.83
2025Ene01	2025Ene31	\$ 1,694.00	XO_511	Obra	\$	20,880.83
2025Ene01	2025Ene31	\$ 20,881.00	XO_954	Obra	\$	20,880.83
2025Ene01	2025Ene31	\$ 20,881.00	XO_953	Obra	\$	20,880.83
2025Ene01	2025Ene31	\$ 20,881.00	XO-952	Obra	\$	20,880.83
2025Ene01	2025Ene31	\$ 12,685.00	XO_951	Obra	\$	20,880.83
2025Ene01	2025Ene31	\$ 20,881.00	XO_519	Obra	\$	20,880.83
2025Ene01	2025Ene31	\$ 20,881.00	XO_518	Obra	\$	20,880.83
2025Ene01	2025Ene31	\$ 20,881.00	XO_517	Obra	\$	20,880.83
<b>Total</b>		\$ 1,362,973.00				

La figura 89 muestra la gráfica de costo para el mes de enero, donde el eje Y representa el costo en USD y el eje X representa los días del mes de enero. La base

de datos completa correspondiente al reporte de costos se encuentra en el anexo de este trabajo.

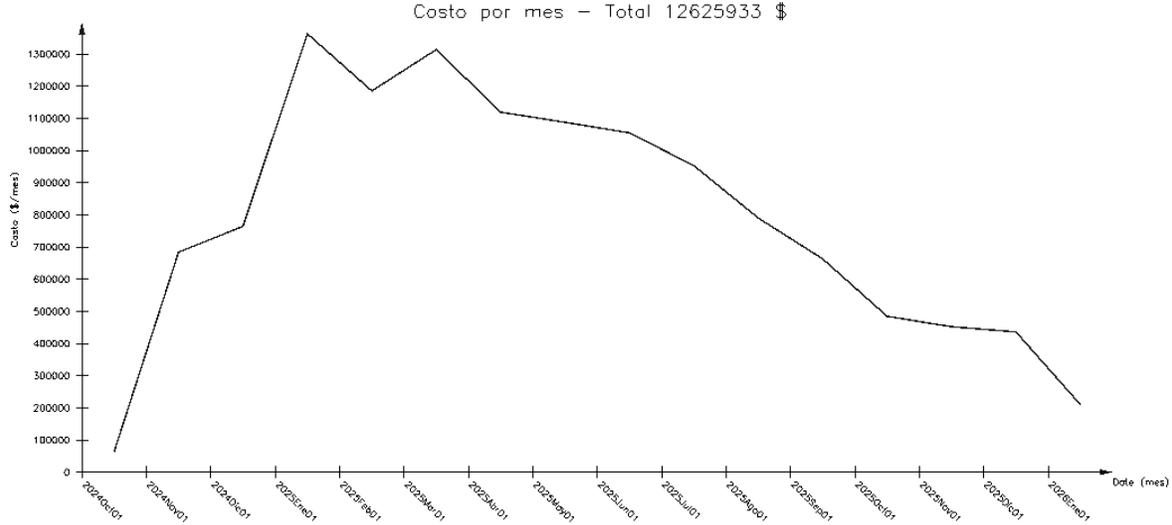


Figura 89. Gráfica de costo por día en el mes de enero.

El reporte de costos correspondiente al año planeado se encuentra disponible en el anexo de reportes, apartado 8.3 de este trabajo.

### 8.4. Gráfica de Gantt

La configuración de parámetros para la obtención del reporte de *gráfica de Gantt* se muestra en la figura 90, donde adicionalmente se permite seleccionar las anotaciones contenidas en el reporte como la fecha, selección de colores de obras y la marca de fecha de inicio de explotación que se muestra en el diagrama de Gantt.

**Gráfica de Gantt**

Divisiones de tiempos

Diario

Semanal

Mensual

Ancho de las divisiones:

Altura de los objetos:

Tipo de resultado

Gráfica

Archivo

Rango de fechas

Automático

Desde la fecha:

Hasta la fecha:

Marcar fecha:

Anotaciones

Fecha

Duración

Leyes

Tonelaje

Unir tareas similares

Color de obra:

Colores de las tareas:

Color del bloque de minado:

Mostrar el progreso de cada tarea

Capa:

Figura 90. Configuración de parámetros para el reporte gráfica de Gantt.

Los resultados obtenidos se observan en la tabla 28, con la finalidad de acotar los resultados, estos son correspondientes a la selección de obras y bloques mostrados en la figura 81. La tabla muestra la fecha de inicio y fin de la obra o bloque de minado, nombre, duración, tonelaje, tipo de obra y costo por actividad, lo que permite generar un seguimiento periódico a la ejecución de obras mediante la base de datos y el diagrama de Gantt, mostrado en la figura 91. La base de datos del reporte de gráfica de Gantt completo se encuentra en los anexos de este trabajo.

Tabla 28. Reporte de gráfica de Gantt.

Del	A	Nombre	Duración	Tonelaje	Tipo	Costo
2025Feb26	2025Mar29	AC_2594	31.8	5839.4	Obra	\$ 140,828.05
2025Feb26	2025Mar29	AC_3287	30.8	5839.22	Obra	\$ 140,823.71
2025Mar29	2025Abr25	N-3287	26.6	5973.38	Obra	\$ 124,098.02
2025Mar29	2025Abr26	R-2594	27.9	6258.35	Obra	\$ 130,018.26
2025Abr25	2025Abr29	XO_321	4.5	849.01	Obra	\$ 20,904.65
2025Abr25	2025Abr29	XO_322	4.5	1006.23	Obra	\$ 20,904.65
2025Abr29	2025May05	XO_323	5.5	1006.23	Obra	\$ 20,904.65
2025Abr29	2025May05	XO_324	5.5	1006.23	Obra	\$ 20,904.65
2025Jun23	2025Jul07	BA-01	14	18662	Bloque de minado	\$ 75,394.48

<b>2025Jul07</b>	2025Jul22	BA-02	15	18662	Bloque de minado	\$	75,394.48
<b>2025Jul22</b>	2025Ago05	BA-03	14	18662	Bloque de minado	\$	75,394.48
<b>2025Ago05</b>	2025Ago19	BA-04	14	18662	Bloque de minado	\$	75,394.48
<b>Total</b>			194.1	102426.05		\$	920,964.56

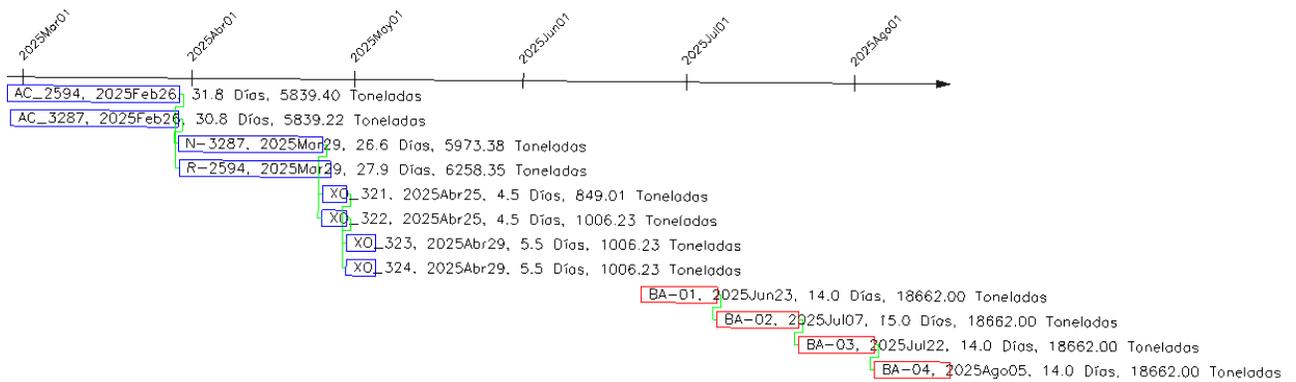


Figura 91 Diagrama de Gantt acotado.

La gráfica de Gantt correspondiente a la totalidad de obras se encuentra disponible en el anexo de reportes, apartado 8.4 de este trabajo.

## 8.5. Costo por tonelada tumbada

Con base a los datos obtenidos, el costo por tonelada tumbada es de **\$7.27 USD/ton**, teniendo en cuenta que se emplearon costos directos de explotación in situ y no costos indirectos o gastos operativos, de igual manera no se contemplaron los costos de las obras de desarrollo pertinentes, lo que impacta directamente en que el costo por tonelada tumbada obtenido sea relativamente bajo.

Dicho costo se obtuvo a partir de la sumatoria por medio de la base de datos del tonelaje mineral con destino a procesamiento (mena), con un valor de 1,736,164 toneladas; entre el costo total contemplando todas las obras de preparación y bloques de minado desarrolladas en este trabajo, con un valor de \$12,625,923.00 USD.



## 9. Conclusiones y recomendaciones

El trabajo realizado muestra la utilidad que tiene el software Promine para modelar y visualizar las obras, bloques de minado y contabilización de volúmenes a partir de elementos CAD, su manejo y su fusión con la interfaz de AutoCAD facilitan el entendimiento base de los elementos del software.

El módulo de planeación de Promine permite organizar la información de forma secuencial, facilitando la elaboración de reportes técnicos orientados a variables clave como leyes, tonelajes, costos, utilización de materiales y recursos. Asimismo, este módulo integra la generación de diagramas de Gantt, herramienta fundamental para visualizar la secuencia de actividades relacionadas con la preparación y explotación de obras mineras. Esta funcionalidad garantiza una supervisión eficiente de la ejecución diaria, permitiendo alcanzar una producción sostenida de 4,000 toneladas por día. Lo anterior se logra mediante un control riguroso del inicio y término de cada obra, así como del ciclo de vida útil de los rebajes y de los ciclos operativos en su totalidad.

El uso de Promine como herramienta de gestión minera permite llevar un control preciso y detallado del tonelaje extraído, ya sea en periodos diarios, mensuales o anuales. Esta capacidad de monitoreo facilita la comparación entre el tonelaje presupuestado y el realmente extraído, lo cual constituye una base sólida para el análisis operativo. A partir de dicha comparación, es posible identificar desviaciones y ejecutar los ajustes necesarios de manera oportuna, lo que contribuye significativamente al cumplimiento de los objetivos establecidos en el plan de producción a corto plazo. En este sentido, Promine se posiciona como un recurso estratégico para la toma de decisiones informadas y el fortalecimiento de la eficiencia operativa en la gestión minera.

Promine permite el ingreso de costos y gastos operativos a su base de datos, sin embargo, presenta ciertas limitaciones en cuanto a la gestión detallada de la

información financiera. Específicamente, los costos y gastos operativos pueden ser registrados únicamente mediante las categorías de recursos y materiales utilizados. Estas dos clasificaciones, aunque funcionales, constituyen las únicas vías disponibles para desglosar los costos o gastos operativos, lo cual restringe la posibilidad de una clasificación más amplia y específica de las cuentas contables.

Promine tiene una amplia gama de aplicaciones para la planeación a corto plazo, así como para la obtención de resultados, sin embargo, existen limitaciones que pueden tender a obtener resultados inexactos, por ejemplo, para obras de preparación únicamente permite insertar configuración para avances lineales, excluyendo desbordes para obras de servicios o encapilles para contrafrentes, lo que puede inflar o disminuir el costo de la obra, modificar la tasa de avance y los resultados en la gráfica de Gantt. De igual forma el manejo de costos operativos debería ser dinámico, pudiendo modificar los costos por ubicación, destino, incluso método de explotación en caso de ser necesario, ya que los costos reales en una operación minera tienden a cambiar incluso por bloque de explotación debido a las condiciones operativas y los perfiles de acarreo; a pesar de ello, los costos de Promine se mantienen fijos conforme a los recursos y materiales empleados. Asimismo, el avance de explotación por bloque al día establecido en Promine debe ser constante, cuando la realidad es que difiere conforme a los días del ciclo operativo como se observó en el desarrollo de la planeación a corto plazo.

No obstante, la utilidad del software Promine para la generación de reportes y obras a corto plazo es de gran ayuda para la ejemplificación gráfica del modelo de explotación, así como para establecer la base del plan de minado anual.

# Referencias

- Álvarez, L. (2024). Métodos de Explotación Minera. Nube Minera. Recuperado el 1 de agosto de 2024, de [https://nubeminera.cl/curso/metodos\\_mineros/](https://nubeminera.cl/curso/metodos_mineros/).
- Britton, S., Kirkland, K., Zamudio, G. & Truby, S. (2022). Technical Report, La Negra Mine. Excellon Resources. Recuperado el 6 de noviembre de 2024, de <https://minedocs.com/23/La-Negra-PEA-03312022.pdf>.
- Epiroc. (s. f.). Minetruck MT341B. Recuperado el 6 de noviembre de 2024, de [https://www.epiroc.com/content/dam/epiroc/underground-mining-and-tunneling/lhd/minetruck/mt431b/9869%200076%2001%20C\\_MT431B%20Technical%20Specification\\_low%20res.pdf](https://www.epiroc.com/content/dam/epiroc/underground-mining-and-tunneling/lhd/minetruck/mt431b/9869%200076%2001%20C_MT431B%20Technical%20Specification_low%20res.pdf).
- Epiroc. (s. f.). Scooptram ST1030 Underground loaders. Recuperado el 6 de noviembre de 2024, de [https://www.epiroc.com/content/dam/epiroc/underground-mining-and-tunneling/lhd/diesel-scooptram/st1030/9869%200068%2001g\\_ST1030%20technical%20specification%20EN\\_web.pdf](https://www.epiroc.com/content/dam/epiroc/underground-mining-and-tunneling/lhd/diesel-scooptram/st1030/9869%200068%2001g_ST1030%20technical%20specification%20EN_web.pdf).
- Fuykshot, J. (2009). Strategic Mine Planning. SRK Consulting. Recuperado el 04 de abril de 2025, de <https://www.srk.com/en/publications/strategic-mine-planning>.
- Herrera, J. (2022). Mine planning concepts and definitions. E.T.S.I. de Minas y Energía (UPM), Madrid. Recuperado el 04 de abril de 2025, de <https://oa.upm.es/84168/>.
- McQueen, F. (2017). 10 Things You Should Know About Strategic Mine Planning for Open Pits. SRK Consulting. Recuperado el 04 de abril de 2025, de <https://www.srk.com/en/publications/10-things-you-should-know-about-strategic-mine-planning-for-open-pits>.
- Malundamene, M. K., Habib, N. A., Soulimani, S., Abdessamad, K., & Askari-Nasab, H. (2024). State-of-the-art optimization methods for short-term mine planning. F1000Research, 13, 1107. Recuperado el 13 de diciembre de 2024, de <https://doi.org/10.12688/f1000research.152986.1>.
- Manríquez, F., Pérez, J. & Morales, N. (2020). A simulation–optimization framework for short-term underground mine production scheduling. Optim Eng 21, 939–971. <https://doi.org/10.1007/s11081-020-09496-w>.
- Minería. (2024). Módulo II.- Explotación de minas. Diplomado en Operaciones Mineras. Recuperado el 1 de agosto de 2024, de [https://www.campus-virtual.mineria.unam.mx/Mineria/Diplomados/Minas3g/Documentos/Modulo2/Unidad2/DOM\\_MIIU2.pdf](https://www.campus-virtual.mineria.unam.mx/Mineria/Diplomados/Minas3g/Documentos/Modulo2/Unidad2/DOM_MIIU2.pdf).
- Navea, L. (2020). Planificación y simulación de corto plazo en minas a cielo abierto optimizando múltiples objetivos: un caso de estudio. [Tesis para optar por el título de ingeniero de minas, Universidad de Chile]. Repositorio institucional de la Universidad de Chile, de <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/178051>.
- Promine. (2024). Soluciones para el día a día minero. Recuperado el 31 de julio de 2024, de <https://promine.com/es/>.

Rojas, M. (2009). Descripción cuantitativa de los procesos de extracción y reducción de mineral en la minería de cobre a cielo abierto. [Tesis para optar por el título de ingeniero de minas, Universidad de Chile]. Repositorio institucional de la Universidad de Chile, de [https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/103330/cf-rojas\\_mc.pdf](https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/103330/cf-rojas_mc.pdf).

Sandvik. (s. f.). Sandvik DD311: accurate drilling solutions. Recuperado el 6 de noviembre de 2024, de <https://www.rocktechnology.sandvik/en/products/equipment/underground-drill-rigs/dd311-development-drill-rig/>.

Sandvik. (s. f.). Sandvik DL311: high performance in underground drilling. Recuperado el 6 de noviembre de 2024, de <https://www.rocktechnology.sandvik/en/products/equipment/underground-drill-rigs/dl311-longhole-drill-rig/>.

Servicio Geológico Mexicano. (1998). Carta Geológico – Minera de San Joaquín F14-C58. Recuperado el 31 de julio de 2024, de [https://mapserver.sgm.gob.mx/Cartas\\_Online/geologia/1651\\_F14-C58\\_GM.pdf](https://mapserver.sgm.gob.mx/Cartas_Online/geologia/1651_F14-C58_GM.pdf).

Smith, G.L. (2012). Strategic long-term planning in mining. Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy, 112(9), 761-774. Recuperado el 04 de abril de 2025, de [http://www.scielo.org.za/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2225625320120009000003&lng=en&tlnq=en](http://www.scielo.org.za/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2225625320120009000003&lng=en&tlnq=en).

## Anexo de cálculos

### 4.6.3. Meta de producción

#### Ley de compósitos por metal

$$Tt = (22,163,532 \text{ ton} + 8,852,458 \text{ ton}) = 31,015,990 \text{ ton}$$

$$LC (Ag) = \frac{\left( \left( 80 \frac{g}{t} * 22,163,532 \text{ ton} \right) + \left( 106 \frac{g}{ton} * 8,852,458 \text{ ton} \right) \right)}{22,163,532 \text{ ton} + 8,852,458 \text{ ton}} = 87.4 \frac{g}{ton} Ag$$

$$LC (Cu) = \frac{\left( (1.6\% * 22,163,532 \text{ ton}) + (2.3\% * 8,852,458 \text{ ton}) \right)}{22,163,532 \text{ ton} + 8,852,458 \text{ ton}} = 1.8 \% Cu$$

$$LC (Pb) = \frac{\left( (1.1\% * 22,163,532 \text{ ton}) + (1.9\% * 8,852,458 \text{ ton}) \right)}{22,163,532 \text{ ton} + 8,852,458 \text{ ton}} = 1.3 \% Pb$$

$$LC (Zn) = \frac{\left( (1.4\% * 22,163,532 \text{ ton}) + (1.8\% * 8,852,458 \text{ ton}) \right)}{22,163,532 \text{ ton} + 8,852,458 \text{ ton}} = 1.5 \% Zn$$

#### Relación de explotación

Año laboral= 352 días

Mes laboral= 30 días

Semana laboral= 7 días

tpd= 4000

$$Ty = (352)(4000) = 1,408,000 \text{ ton}$$

$$Tm = (30)(4000) = 120,000 \text{ ton}$$

$$Ts = (7)(4000) = 28000 \text{ ton}$$

$$TrA \text{ anual} = \left( \frac{1,408,000 \text{ ton}}{3} \right) = 469,333.33 \text{ ton}$$

$$TrV \text{ anual} = \left( \frac{2 * 1,408,000 \text{ ton}}{3} \right) = 938,666.66 \text{ ton}$$

$$TrA \text{ mensual} = \left( \frac{120,000 \text{ ton}}{3} \right) = 40,000 \text{ ton}$$

$$TrV \text{ mensual} = \left( \frac{2 * 120,000 \text{ ton}}{3} \right) = 80,000 \text{ ton}$$

$$TrA \text{ semanal} = \left( \frac{28,000 \text{ ton}}{3} \right) = 9,333.33 \text{ ton}$$

$$TrV \text{ semanal} = \left( \frac{2 * 28,000 \text{ ton}}{3} \right) = 18,666.66 \text{ ton}$$

### 5.1.1. Análisis de tiempos y movimientos

#### Barrenación paralela

Número de barrenos: 51

Barra de 16 ft = 4.88 m(80%) = 3.9 m de avance

$$\text{Velocidad de perforación} = 30 \frac{m}{h}$$

Turnos requeridos para completar una plantilla

$$= \left( \frac{51 \text{ barrenos}}{1 \text{ plantilla}} \right) \left( \frac{1 \text{ horas}}{30 \text{ metros}} \right) \left( \frac{3.9 \text{ metros}}{1 \text{ barreno}} \right) \left( \frac{1 \text{ turno}}{7.2 \text{ horas}} \right) = 0.92 \frac{\text{turnos}}{\text{plantilla}}$$

#### Barrenación larga

Número de barrenos: 238

$$\text{Velocidad de perforación} = 20 \frac{m}{h}$$

Metros a barrenar = 1170.4 m

$$\begin{aligned} \text{Turnos requeridos para barrenación en cono} &= \left( \frac{1h}{20 \text{ metros}} \right) \left( \frac{232.4 \text{ metros}}{1 \text{ plantilla}} \right) \left( \frac{1 \text{ turno}}{7.2 \text{ horas}} \right) \\ &= 1.61 \frac{\text{turnos}}{\text{plantilla}} \end{aligned}$$

Turnos requeridos para barrenación descendente

$$= \left( \frac{1h}{20 \text{ metros}} \right) \left( \frac{938 \text{ metros}}{1 \text{ plantilla}} \right) \left( \frac{1 \text{ turno}}{7.2 \text{ horas}} \right) = 6.51 \frac{\text{turnos}}{\text{plantilla}}$$

#### Cargado

$$TPCf = \left( \frac{0.5 h}{7.2 h} \right) = 0.07 \text{ turnos}$$

$$TPCb = \left( \frac{3 h}{7.2 h} \right) = 0.42 \text{ turnos}$$

## Rezagado y acarreo

$$\text{Capacidad de cucharón Scooptram} = 6 \text{ yd}^3 = 4.6 \text{ m}^3$$

$$\text{Capacidad de carga Bajo perfil} = 37 \text{ yd}^3 = 28.3 \text{ m}^3$$

$$\text{Cucharones rezagados por turno en preparación} = 50$$

$$\text{Cucharones rezagados por turno en producción} = 70$$

$$\text{Cucharones para cargar Bajo perfil} = 6$$

$$\begin{aligned} \text{Metros cúbicos rezagados por turno en preparación} &= \left( \frac{72 \text{ cucharones}}{1 \text{ turno}} \right) \left( \frac{4.6 \text{ m}^3}{1 \text{ cucharón}} \right) \\ &= 331.2 \frac{\text{m}^3}{\text{turno}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Metros cúbicos rezagados por turno en producción} &= \left( \frac{58 \text{ cucharones}}{1 \text{ turno}} \right) \left( \frac{4.6 \text{ m}^3}{1 \text{ cucharón}} \right) \\ &= 266.8 \frac{\text{m}^3}{\text{turno}} \end{aligned}$$

$$V \text{ preparación} = 224.64 \text{ m}^3$$

$$V \text{ producción} = 5646.1 \text{ m}^3$$

$$TCA \text{ preparación} = \left( \frac{224.64 \text{ m}^3}{230 \text{ m}^3} \right) = 0.98 \text{ turnos}$$

$$TCA \text{ producción} = \left( \frac{5646.1 \text{ m}^3}{322 \text{ m}^3} \right) = 17.5 \text{ turnos}$$

### 5.1.3. Rebajes necesarios

$$\#R = \frac{4000 \text{ tpd}}{\frac{6371.4 \text{ m}^3}{28 \text{ turnos}} \left( \frac{3.2 \text{ ton}}{1 \text{ m}^3} \right) \left( \frac{2 \text{ turnos}}{1 \text{ día}} \right)} = 2.74 \text{ Rebajes} = 3 \text{ Rebajes}$$

### 5.2.1. Flotilla de equipos

$$\text{Costo mantto por tonelada} = \frac{(\$720.00 \text{ al día})(21 \text{ equipos})}{4000 \text{ tpd}} = 3.78 \text{ } \$\text{USD}/\text{ton}$$

Consumo diésel

$$= \left( \frac{\left( (6 \text{ ST} * 25.5 \frac{\text{L}}{\text{h}}) + (3 \text{ D} * 6.5 \frac{\text{L}}{\text{h}}) + (3 \text{ DL} * 6.5 \frac{\text{L}}{\text{h}}) + (9 \text{ MT} * 23.8 \frac{\text{L}}{\text{h}}) \right) 14.4 \frac{\text{h}}{\text{día}}}{4000 \text{ tpd}} \right) \left( 1.22 \frac{\text{\$USD}}{\text{L}} \right)$$
$$= 1.78 \text{ } \$\text{USD}/\text{ton}$$

## 6.2. Bloques de minado

$$\text{Bloques de minado} = \frac{\text{TPA}}{\text{TPB}} = \frac{1,408,000 \frac{\text{ton}}{\text{año}}}{18,662 \frac{\text{ton}}{\text{bloque}}} = 75.44 \frac{\text{bloques}}{\text{año}}$$

Donde:

TPA: Toneladas por año

TPB: Toneladas por bloque

# Anexo de reportes

## 8.3. Reporte de costos

Del	A	\$	Nombre	Tipo	Costo de actividad		
2024Oct01	2024Oct31	\$	31,993.00	AC_9513	Obra	\$	57,049.22
2024Oct01	2024Oct31	\$	31,993.00	AC_9503	Obra	\$	57,047.72
2024Nov01	2024Nov30	\$	105,093.00	R_9561	Obra	\$	213,333.38
2024Nov01	2024Nov30	\$	105,094.00	N-9551	Obra	\$	211,919.51
2024Nov01	2024Nov30	\$	47,256.00	R_9563	Obra	\$	165,708.19
2024Nov01	2024Nov30	\$	47,285.00	N-9552	Obra	\$	165,101.01
2024Nov01	2024Nov30	\$	35,367.00	N_5464	Obra	\$	143,375.48
2024Nov01	2024Nov30	\$	35,390.00	R-4771	Obra	\$	142,072.64
2024Nov01	2024Nov30	\$	70,490.00	AC_9621	Obra	\$	70,490.04
2024Nov01	2024Nov30	\$	70,468.00	AC_8928	Obra	\$	70,468.07
2024Nov01	2024Nov30	\$	58,845.00	AC_9512	Obra	\$	58,845.26
2024Nov01	2024Nov30	\$	58,817.00	AC_9502	Obra	\$	58,817.20
2024Nov01	2024Nov30	\$	25,051.00	AC_9513	Obra	\$	57,049.22
2024Nov01	2024Nov30	\$	25,050.00	AC_9503	Obra	\$	57,047.72
2024Dic01	2024Dic31	\$	108,236.00	R_9561	Obra	\$	213,333.38
2024Dic01	2024Dic31	\$	106,820.00	N-9551	Obra	\$	211,919.51
2024Dic01	2024Dic31	\$	7,555.00	R_9512	Obra	\$	198,496.29
2024Dic01	2024Dic31	\$	8,191.00	N_9502	Obra	\$	197,856.07
2024Dic01	2024Dic31	\$	118,447.00	R_9563	Obra	\$	165,708.19
2024Dic01	2024Dic31	\$	117,812.00	N-9552	Obra	\$	165,101.01
2024Dic01	2024Dic31	\$	108,004.00	N_5464	Obra	\$	143,375.48
2024Dic01	2024Dic31	\$	106,678.00	R-4771	Obra	\$	142,072.64
2024Dic01	2024Dic31	\$	17,999.00	XO-542	Obra	\$	20,904.65
2024Dic01	2024Dic31	\$	17,999.00	XO_541	Obra	\$	20,904.65
2024Dic01	2024Dic31	\$	19,182.00	XO_512	Obra	\$	20,880.83
2024Dic01	2024Dic31	\$	19,182.00	XO_511	Obra	\$	20,880.83
2024Dic01	2024Dic31	\$	8,191.00	XO_951	Obra	\$	20,880.83
2025Ene01	2025Ene31	\$	54,786.00	R_9513	Obra	\$	243,641.93
2025Ene01	2025Ene31	\$	54,786.00	N_9503	Obra	\$	241,449.67
2025Ene01	2025Ene31	\$	140,003.00	R_9512	Obra	\$	198,496.29
2025Ene01	2025Ene31	\$	140,003.00	N_9502	Obra	\$	197,856.07
2025Ene01	2025Ene31	\$	95,293.00	R_8928	Obra	\$	150,761.74
2025Ene01	2025Ene31	\$	95,293.00	N_9621	Obra	\$	148,129.12
2025Ene01	2025Ene31	\$	75,394.00	BA-14	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025Ene01	2025Ene31	\$	5,380.00	BV-03	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025Ene01	2025Ene31	\$	75,394.00	BV-02	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025Ene01	2025Ene31	\$	75,394.00	BV-01	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025Ene01	2025Ene31	\$	5,380.00	BV-36	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025Ene01	2025Ene31	\$	75,394.00	BV-35	Bloque de minado	\$	75,394.48

2025Ene01	2025Ene31	\$	75,394.00	BV-34	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025Ene01	2025Ene31	\$	5,380.00	BA-16	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025Ene01	2025Ene31	\$	75,394.00	BA-15	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025Ene01	2025Ene31	\$	20,905.00	XO_546	Obra	\$	20,904.65
2025Ene01	2025Ene31	\$	20,905.00	XO_545	Obra	\$	20,904.65
2025Ene01	2025Ene31	\$	20,905.00	XO_544	Obra	\$	20,904.65
2025Ene01	2025Ene31	\$	20,905.00	XO_543	Obra	\$	20,904.65
2025Ene01	2025Ene31	\$	2,901.00	XO-542	Obra	\$	20,904.65
2025Ene01	2025Ene31	\$	2,901.00	XO_541	Obra	\$	20,904.65
2025Ene01	2025Ene31	\$	20,881.00	XO_516	Obra	\$	20,880.83
2025Ene01	2025Ene31	\$	20,881.00	XO_515	Obra	\$	20,880.83
2025Ene01	2025Ene31	\$	20,881.00	XO_514	Obra	\$	20,880.83
2025Ene01	2025Ene31	\$	20,881.00	XO_513	Obra	\$	20,880.83
2025Ene01	2025Ene31	\$	1,694.00	XO_512	Obra	\$	20,880.83
2025Ene01	2025Ene31	\$	1,694.00	XO_511	Obra	\$	20,880.83
2025Ene01	2025Ene31	\$	20,881.00	XO_954	Obra	\$	20,880.83
2025Ene01	2025Ene31	\$	20,881.00	XO_953	Obra	\$	20,880.83
2025Ene01	2025Ene31	\$	20,881.00	XO-952	Obra	\$	20,880.83
2025Ene01	2025Ene31	\$	12,685.00	XO_951	Obra	\$	20,880.83
2025Ene01	2025Ene31	\$	20,881.00	XO_519	Obra	\$	20,880.83
2025Ene01	2025Ene31	\$	20,881.00	XO_518	Obra	\$	20,880.83
2025Ene01	2025Ene31	\$	20,881.00	XO_517	Obra	\$	20,880.83
2025Feb01	2025Feb28	\$	126,003.00	R_9513	Obra	\$	243,641.93
2025Feb01	2025Feb28	\$	126,003.00	N_9503	Obra	\$	241,449.67
2025Feb01	2025Feb28	\$	50,928.00	R_9512	Obra	\$	198,496.29
2025Feb01	2025Feb28	\$	49,652.00	N_9502	Obra	\$	197,856.07
2025Feb01	2025Feb28	\$	55,464.00	R_8928	Obra	\$	150,761.74
2025Feb01	2025Feb28	\$	52,831.00	N_9621	Obra	\$	148,129.12
2025Feb01	2025Feb28	\$	13,709.00	AC_2594	Obra	\$	140,828.05
2025Feb01	2025Feb28	\$	10,243.00	AC_3287	Obra	\$	140,823.71
2025Feb01	2025Feb28	\$	75,389.00	BV-04	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025Feb01	2025Feb28	\$	70,009.00	BV-03	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025Feb01	2025Feb28	\$	75,389.00	BV-37	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025Feb01	2025Feb28	\$	70,009.00	BV-36	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025Feb01	2025Feb28	\$	75,389.00	BA-17	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025Feb01	2025Feb28	\$	70,009.00	BA-16	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025Feb01	2025Feb28	\$	20,905.00	XO_965	Obra	\$	20,904.65
2025Feb01	2025Feb28	\$	20,905.00	XO_964	Obra	\$	20,904.65
2025Feb01	2025Feb28	\$	20,905.00	XO_963	Obra	\$	20,904.65
2025Feb01	2025Feb28	\$	20,905.00	XO_966	Obra	\$	20,904.65
2025Feb01	2025Feb28	\$	20,905.00	XO_962	Obra	\$	20,904.65
2025Feb01	2025Feb28	\$	20,905.00	XO_961	Obra	\$	20,904.65
2025Feb01	2025Feb28	\$	20,881.00	XO_025	Obra	\$	20,880.83

2025Feb01	2025Feb28	\$	13,708.00	XO_027	Obra	\$	20,880.83
2025Feb01	2025Feb28	\$	20,881.00	XO_024	Obra	\$	20,880.83
2025Feb01	2025Feb28	\$	20,881.00	XO_023	Obra	\$	20,880.83
2025Feb01	2025Feb28	\$	20,881.00	XO_022	Obra	\$	20,880.83
2025Feb01	2025Feb28	\$	20,881.00	XO_021	Obra	\$	20,880.83
2025Feb01	2025Feb28	\$	20,881.00	XO_026	Obra	\$	20,880.83
2025Mar01	2025Mar31	\$	62,844.00	R_9513	Obra	\$	243,641.93
2025Mar01	2025Mar31	\$	60,652.00	N_9503	Obra	\$	241,449.67
2025Mar01	2025Mar31	\$	11,565.00	N_9577	Obra	\$	166,911.91
2025Mar01	2025Mar31	\$	11,392.00	R_8597	Obra	\$	165,233.96
2025Mar01	2025Mar31	\$	127,115.00	AC_2594	Obra	\$	140,828.05
2025Mar01	2025Mar31	\$	130,577.00	AC_3287	Obra	\$	140,823.71
2025Mar01	2025Mar31	\$	10,224.00	R-2594	Obra	\$	130,018.26
2025Mar01	2025Mar31	\$	11,356.00	N-3287	Obra	\$	124,098.02
2025Mar01	2025Mar31	\$	118,780.00	AC_9576	Obra	\$	118,779.73
2025Mar01	2025Mar31	\$	118,716.00	AC_9586	Obra	\$	118,715.67
2025Mar01	2025Mar31	\$	10,765.00	BV-40	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025Mar01	2025Mar31	\$	75,394.00	BV-39	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025Mar01	2025Mar31	\$	75,394.00	BV-38	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025Mar01	2025Mar31	\$	10,765.00	BV-07	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025Mar01	2025Mar31	\$	75,394.00	BV-06	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025Mar01	2025Mar31	\$	75,394.00	BV-05	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025Mar01	2025Mar31	\$	10,765.00	BA-20	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025Mar01	2025Mar31	\$	75,394.00	BA-19	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025Mar01	2025Mar31	\$	75,394.00	BA-18	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025Mar01	2025Mar31	\$	20,881.00	XO_031	Obra	\$	20,880.83
2025Mar01	2025Mar31	\$	16,709.00	XO_038	Obra	\$	20,880.83
2025Mar01	2025Mar31	\$	16,709.00	XO_037	Obra	\$	20,880.83
2025Mar01	2025Mar31	\$	20,881.00	XO_036	Obra	\$	20,880.83
2025Mar01	2025Mar31	\$	20,881.00	XO_035	Obra	\$	20,880.83
2025Mar01	2025Mar31	\$	20,881.00	XO_034	Obra	\$	20,880.83
2025Mar01	2025Mar31	\$	20,881.00	XO_033	Obra	\$	20,880.83
2025Mar01	2025Mar31	\$	20,881.00	XO_032	Obra	\$	20,880.83
2025Mar01	2025Mar31	\$	7,168.00	XO_027	Obra	\$	20,880.83
2025Abr01	2025Abr30	\$	140,003.00	N_9577	Obra	\$	166,911.91
2025Abr01	2025Abr30	\$	137,129.00	R_8597	Obra	\$	165,233.96
2025Abr01	2025Abr30	\$	119,790.00	R-2594	Obra	\$	130,018.26
2025Abr01	2025Abr30	\$	112,737.00	N-3287	Obra	\$	124,098.02
2025Abr01	2025Abr30	\$	21,536.00	BV-42	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025Abr01	2025Abr30	\$	75,394.00	BV-41	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025Abr01	2025Abr30	\$	64,624.00	BV-40	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025Abr01	2025Abr30	\$	21,536.00	BV-09	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025Abr01	2025Abr30	\$	75,394.00	BV-08	Bloque de minado	\$	75,394.48

2025Abr01	2025Abr30	\$	64,624.00	BV-07	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025Abr01	2025Abr30	\$	21,536.00	BA-22	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025Abr01	2025Abr30	\$	75,394.00	BA-21	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025Abr01	2025Abr30	\$	64,624.00	BA-20	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025Abr01	2025Abr30	\$	6,362.00	XO_324	Obra	\$	20,904.65
2025Abr01	2025Abr30	\$	6,362.00	XO_323	Obra	\$	20,904.65
2025Abr01	2025Abr30	\$	20,905.00	XO_322	Obra	\$	20,904.65
2025Abr01	2025Abr30	\$	20,881.00	XO_0311	Obra	\$	20,880.83
2025Abr01	2025Abr30	\$	20,881.00	XO_0310	Obra	\$	20,880.83
2025Abr01	2025Abr30	\$	20,881.00	XO_039	Obra	\$	20,880.83
2025Abr01	2025Abr30	\$	4,167.00	XO_038	Obra	\$	20,880.83
2025Abr01	2025Abr30	\$	4,167.00	XO_037	Obra	\$	20,880.83
2025Abr01	2025Abr30	\$	20,475.00	XO_321	Obra	\$	20,475.43
2025May01	2025May31	\$	103,789.00	R_9537	Obra	\$	234,666.73
2025May01	2025May31	\$	103,789.00	N_9527	Obra	\$	229,117.73
2025May01	2025May31	\$	15,334.00	N_9577	Obra	\$	166,911.91
2025May01	2025May31	\$	16,704.00	R_8597	Obra	\$	165,233.96
2025May01	2025May31	\$	125,465.00	R-6750	Obra	\$	152,333.27
2025May01	2025May31	\$	125,465.00	N_7443	Obra	\$	147,598.15
2025May01	2025May31	\$	53,853.00	BV-42	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025May01	2025May31	\$	32,307.00	BV-11	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025May01	2025May31	\$	75,394.00	BV-10	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025May01	2025May31	\$	53,853.00	BV-09	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025May01	2025May31	\$	32,307.00	BV-44	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025May01	2025May31	\$	75,394.00	BV-43	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025May01	2025May31	\$	32,307.00	BA-24	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025May01	2025May31	\$	75,394.00	BA-23	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025May01	2025May31	\$	53,853.00	BA-22	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025May01	2025May31	\$	14,538.00	XO_324	Obra	\$	20,904.65
2025May01	2025May31	\$	14,538.00	XO_323	Obra	\$	20,904.65
2025May01	2025May31	\$	20,881.00	XO_774	Obra	\$	20,880.83
2025May01	2025May31	\$	20,881.00	XO_773	Obra	\$	20,880.83
2025May01	2025May31	\$	20,881.00	XO_772	Obra	\$	20,880.83
2025May01	2025May31	\$	20,881.00	XO_771	Obra	\$	20,880.83
2025Jun01	2025Jun30	\$	130,873.00	R_9537	Obra	\$	234,666.73
2025Jun01	2025Jun30	\$	125,324.00	N_9527	Obra	\$	229,117.73
2025Jun01	2025Jun30	\$	26,863.00	R-6750	Obra	\$	152,333.27
2025Jun01	2025Jun30	\$	22,128.00	N_7443	Obra	\$	147,598.15
2025Jun01	2025Jun30	\$	55,161.00	R-0907	Obra	\$	118,987.51
2025Jun01	2025Jun30	\$	55,161.00	N_1600	Obra	\$	116,744.14
2025Jun01	2025Jun30	\$	43,077.00	BV-13	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025Jun01	2025Jun30	\$	75,394.00	BV-12	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025Jun01	2025Jun30	\$	43,083.00	BV-11	Bloque de minado	\$	75,394.48

2025Jun01	2025Jun30	\$	43,077.00	BV-46	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025Jun01	2025Jun30	\$	75,394.00	BV-45	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025Jun01	2025Jun30	\$	43,083.00	BV-44	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025Jun01	2025Jun30	\$	75,394.00	BA-25	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025Jun01	2025Jun30	\$	43,083.00	BA-24	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025Jun01	2025Jun30	\$	43,077.00	BA-01	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025Jun01	2025Jun30	\$	20,905.00	XO_746	Obra	\$	20,904.65
2025Jun01	2025Jun30	\$	20,905.00	XO_745	Obra	\$	20,904.65
2025Jun01	2025Jun30	\$	20,905.00	XO_744	Obra	\$	20,904.65
2025Jun01	2025Jun30	\$	20,905.00	XO_743	Obra	\$	20,904.65
2025Jun01	2025Jun30	\$	20,905.00	XO_742	Obra	\$	20,904.65
2025Jun01	2025Jun30	\$	20,905.00	XO_741	Obra	\$	20,904.65
2025Jun01	2025Jun30	\$	14,679.00	XO_272	Obra	\$	20,880.83
2025Jun01	2025Jun30	\$	14,679.00	XO_271	Obra	\$	20,880.83
2025Jul01	2025Jul31	\$	50,283.00	R_9586	Obra	\$	208,780.48
2025Jul01	2025Jul31	\$	50,283.00	N-9576	Obra	\$	208,510.39
2025Jul01	2025Jul31	\$	63,822.00	R-0907	Obra	\$	118,987.51
2025Jul01	2025Jul31	\$	61,578.00	N_1600	Obra	\$	116,744.14
2025Jul01	2025Jul31	\$	53,848.00	BV-15	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025Jul01	2025Jul31	\$	75,394.00	BV-14	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025Jul01	2025Jul31	\$	32,312.00	BV-13	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025Jul01	2025Jul31	\$	53,848.00	BV-48	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025Jul01	2025Jul31	\$	75,394.00	BV-47	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025Jul01	2025Jul31	\$	32,312.00	BV-46	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025Jul01	2025Jul31	\$	53,848.00	BA-03	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025Jul01	2025Jul31	\$	75,394.00	BA-02	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025Jul01	2025Jul31	\$	32,312.00	BA-01	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025Jul01	2025Jul31	\$	20,905.00	XO_163	Obra	\$	20,904.65
2025Jul01	2025Jul31	\$	20,905.00	XO_162	Obra	\$	20,904.65
2025Jul01	2025Jul31	\$	20,905.00	XO_161	Obra	\$	20,904.65
2025Jul01	2025Jul31	\$	20,881.00	XO_2710	Obra	\$	20,880.83
2025Jul01	2025Jul31	\$	20,881.00	XO_279	Obra	\$	20,880.83
2025Jul01	2025Jul31	\$	20,881.00	XO_278	Obra	\$	20,880.83
2025Jul01	2025Jul31	\$	20,881.00	XO_277	Obra	\$	20,880.83
2025Jul01	2025Jul31	\$	20,881.00	XO_276	Obra	\$	20,880.83
2025Jul01	2025Jul31	\$	20,881.00	XO_275	Obra	\$	20,880.83
2025Jul01	2025Jul31	\$	20,881.00	XO_274	Obra	\$	20,880.83
2025Jul01	2025Jul31	\$	20,881.00	XO_273	Obra	\$	20,880.83
2025Jul01	2025Jul31	\$	6,197.00	XO_272	Obra	\$	20,880.83
2025Jul01	2025Jul31	\$	6,197.00	XO_271	Obra	\$	20,880.83
2025Ago01	2025Ago31	\$	144,670.00	R_9586	Obra	\$	208,780.48
2025Ago01	2025Ago31	\$	144,670.00	N-9576	Obra	\$	208,510.39
2025Ago01	2025Ago31	\$	21,541.00	BV-15	Bloque de minado	\$	75,394.48

2025Ago01	2025Ago31	\$	70,004.00	BV-17	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025Ago01	2025Ago31	\$	75,394.00	BV-16	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025Ago01	2025Ago31	\$	70,004.00	BV-50	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025Ago01	2025Ago31	\$	75,394.00	BV-49	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025Ago01	2025Ago31	\$	21,541.00	BV-48	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025Ago01	2025Ago31	\$	70,004.00	BA-05	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025Ago01	2025Ago31	\$	75,394.00	BA-04	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025Ago01	2025Ago31	\$	21,541.00	BA-03	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025Sep01	2025Sep30	\$	13,818.00	R_9586	Obra	\$	208,780.48
2025Sep01	2025Sep30	\$	13,548.00	N-9576	Obra	\$	208,510.39
2025Sep01	2025Sep30	\$	75,389.00	BV-19	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025Sep01	2025Sep30	\$	75,394.00	BV-18	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025Sep01	2025Sep30	\$	5,385.00	BV-17	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025Sep01	2025Sep30	\$	75,389.00	BV-52	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025Sep01	2025Sep30	\$	75,394.00	BV-51	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025Sep01	2025Sep30	\$	5,385.00	BV-50	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025Sep01	2025Sep30	\$	75,389.00	BA-07	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025Sep01	2025Sep30	\$	75,394.00	BA-06	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025Sep01	2025Sep30	\$	5,385.00	BA-05	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025Sep01	2025Sep30	\$	20,881.00	XO_768	Obra	\$	20,880.83
2025Sep01	2025Sep30	\$	20,881.00	XO_765	Obra	\$	20,880.83
2025Sep01	2025Sep30	\$	20,881.00	XO_764	Obra	\$	20,880.83
2025Sep01	2025Sep30	\$	20,881.00	XO_763	Obra	\$	20,880.83
2025Sep01	2025Sep30	\$	20,881.00	XO_762	Obra	\$	20,880.83
2025Sep01	2025Sep30	\$	20,881.00	XO_761	Obra	\$	20,880.83
2025Sep01	2025Sep30	\$	20,881.00	XO_767	Obra	\$	20,880.83
2025Sep01	2025Sep30	\$	20,881.00	XO_766	Obra	\$	20,880.83
2025Oct01	2025Oct31	\$	10,765.00	BV-22	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025Oct01	2025Oct31	\$	75,394.00	BV-21	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025Oct01	2025Oct31	\$	75,394.00	BV-20	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025Oct01	2025Oct31	\$	75,394.00	BV-53	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025Oct01	2025Oct31	\$	10,765.00	BV-28	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025Oct01	2025Oct31	\$	75,394.00	BV-27	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025Oct01	2025Oct31	\$	10,765.00	BA-10	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025Oct01	2025Oct31	\$	75,394.00	BA-09	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025Oct01	2025Oct31	\$	75,394.00	BA-08	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025Nov01	2025Nov30	\$	10,765.00	BV-24	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025Nov01	2025Nov30	\$	75,394.00	BV-23	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025Nov01	2025Nov30	\$	64,624.00	BV-22	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025Nov01	2025Nov30	\$	10,765.00	BV-31	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025Nov01	2025Nov30	\$	75,394.00	BV-29	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025Nov01	2025Nov30	\$	64,624.00	BV-28	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025Nov01	2025Nov30	\$	10,765.00	BA-12	Bloque de minado	\$	75,394.48

2025Nov01	2025Nov30	\$	75,394.00	BA-11	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025Nov01	2025Nov30	\$	64,624.00	BA-10	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025Dic01	2025Dic31	\$	75,394.00	BV-25	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025Dic01	2025Dic31	\$	64,624.00	BV-24	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025Dic01	2025Dic31	\$	5,380.00	BV-33	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025Dic01	2025Dic31	\$	75,394.00	BV-32	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025Dic01	2025Dic31	\$	64,624.00	BV-31	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025Dic01	2025Dic31	\$	5,380.00	BV-30	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025Dic01	2025Dic31	\$	5,380.00	BV-26	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025Dic01	2025Dic31	\$	75,394.00	BA-13	Bloque de minado	\$	75,394.48
2025Dic01	2025Dic31	\$	64,624.00	BA-12	Bloque de minado	\$	75,394.48
2026Ene01	2026Ene31	\$	70,009.00	BV-33	Bloque de minado	\$	75,394.48
2026Ene01	2026Ene31	\$	70,009.00	BV-30	Bloque de minado	\$	75,394.48
2026Ene01	2026Ene31	\$	70,009.00	BV-26	Bloque de minado	\$	75,394.48
<b>Total</b>		<b>\$</b>	<b>12,625,923.00</b>			<b>\$</b>	<b>21,390,325.33</b>

## 8.4. Gráfica de Gantt

Del	A	Nombre	Duración	Tonelaje	Tipo	Costo
2024Oct25	2024Nov07	AC_9513	13.5	2365.53	Obra	\$ 57,049.22
2024Oct25	2024Nov07	AC_9503	13.5	2365.47	Obra	\$ 57,047.72
2024Nov07	2024Nov23	AC_8928	16.4	2921.94	Obra	\$ 70,468.07
2024Nov07	2024Nov23	AC_9621	16.4	2922.85	Obra	\$ 70,490.04
2024Nov07	2024Nov19	AC_9512	12.9	2440	Obra	\$ 58,845.26
2024Nov07	2024Nov19	AC_9502	12.9	2438.84	Obra	\$ 20,880.83
2024Nov07	2024Dic26	N-9551	49.4	10200.61	Obra	\$ 211,919.51
2024Nov07	2024Dic27	R_9561	49.7	10268.67	Obra	\$ 213,333.38
2024Nov19	2024Dic29	N-9552	39.4	7947.03	Obra	\$ 165,101.01
2024Nov19	2024Dic29	R_9563	39.5	7976.26	Obra	\$ 165,708.19
2024Nov23	2024Dic26	R-4771	33.4	6838.58	Obra	\$ 142,072.64
2024Nov23	2024Dic27	N_5464	33.7	6901.29	Obra	\$ 143,375.48
2024Dic26	2025Ene01	XO_511	5.5	1005.09	Obra	\$ 20,880.83
2024Dic26	2025Ene01	XO_512	5.5	1005.09	Obra	\$ 20,880.83
2024Dic27	2025Ene01	XO_541	5.5	1006.23	Obra	\$ 20,904.65
2024Dic27	2025Ene01	XO-542	5.5	1006.23	Obra	\$ 20,904.65
2024Dic29	2025Ene04	XO_951	6.5	1005.09	Obra	\$ 20,880.83
2024Dic29	2025Feb12	N_9502	45.4	9523.68	Obra	\$ 197,856.07
2024Dic29	2025Feb12	R_9512	45.5	9554.49	Obra	\$ 198,496.29
2025Ene01	2025Ene06	XO_513	5.5	1005.09	Obra	\$ 20,880.83
2025Ene01	2025Ene06	XO_514	5.5	1005.09	Obra	\$ 20,880.83
2025Ene01	2025Ene07	XO_543	5.5	1006.23	Obra	\$ 20,904.65
2025Ene01	2025Ene07	XO_544	5.5	1006.23	Obra	\$ 75,394.48

2025Ene02	2025Ene17	BV-34	15	18662	Bloque de minado	\$ 75,394.48
2025Ene02	2025Ene17	BV-01	15	18662	Bloque de minado	\$ 75,394.48
2025Ene02	2025Ene17	BA-14	15	18662	Bloque de minado	\$ 75,394.48
2025Ene04	2025Ene09	XO-952	4.5	1005.09	Obra	\$ 20,880.83
2025Ene06	2025Ene11	XO_515	4.5	1005.09	Obra	\$ 20,880.83
2025Ene06	2025Ene11	XO_516	4.5	1005.09	Obra	\$ 20,880.83
2025Ene07	2025Ene11	XO_545	4.5	1006.23	Obra	\$ 20,880.83
2025Ene07	2025Ene11	XO_546	4.5	1006.23	Obra	\$ 20,880.83
2025Ene09	2025Ene13	XO_953	4.5	1005.09	Obra	\$ 20,880.83
2025Ene09	2025Ene13	XO_954	4.5	1005.09	Obra	\$ 20,880.83
2025Ene11	2025Ene15	XO_517	4.5	1005.09	Obra	\$ 20,880.83
2025Ene11	2025Ene15	XO_518	4.5	1005.09	Obra	\$ 20,880.83
2025Ene11	2025Feb13	R_8928	33.3	7256.82	Obra	\$ 150,761.74
2025Ene11	2025Feb13	N_9621	32.7	7130.1	Obra	\$ 148,129.12
2025Ene15	2025Ene20	XO_519	4.5	1005.09	Obra	\$ 20,880.83
2025Ene17	2025Ene31	BA-15	14	18662	Bloque de minado	\$ 75,394.48
2025Ene17	2025Ene31	BV-35	14	18662	Bloque de minado	\$ 75,394.48
2025Ene17	2025Ene31	BV-02	14	18662	Bloque de minado	\$ 75,394.48
2025Ene20	2025Mar14	N_9503	52.7	11622.03	Obra	\$ 241,449.67
2025Ene20	2025Mar14	R_9513	53.2	11727.55	Obra	\$ 243,641.93
2025Ene31	2025Feb15	BA-16	15	18662	Bloque de minado	\$ 75,394.48
2025Ene31	2025Feb15	BV-36	15	18662	Bloque de minado	\$ 75,394.48
2025Ene31	2025Feb15	BV-03	15	18662	Bloque de minado	\$ 75,394.48
2025Feb12	2025Feb17	XO_021	4.5	1005.09	Obra	\$ 20,880.83
2025Feb12	2025Feb17	XO_022	4.5	1005.09	Obra	\$ 20,880.83
2025Feb13	2025Feb17	XO_961	4.5	1006.23	Obra	\$ 20,904.65
2025Feb13	2025Feb17	XO_962	4.5	1006.23	Obra	\$ 20,904.65
2025Feb15	2025Mar01	BA-17	14	18662	Bloque de minado	\$ 75,394.48
2025Feb15	2025Mar01	BV-37	14	18662	Bloque de minado	\$ 75,394.48
2025Feb15	2025Mar01	BV-04	14	18662	Bloque de minado	\$ 75,394.48
2025Feb17	2025Feb21	XO_023	4.5	1005.09	Obra	\$ 20,880.83
2025Feb17	2025Feb21	XO_024	4.5	1005.09	Obra	\$ 20,880.83
2025Feb17	2025Feb22	XO_963	4.5	1006.23	Obra	\$ 20,880.83
2025Feb17	2025Feb22	XO_964	4.5	1006.23	Obra	\$ 20,880.83
2025Feb21	2025Feb26	XO_026	4.5	1005.09	Obra	\$ 20,880.83
2025Feb21	2025Feb26	XO_025	4.5	1005.09	Obra	\$ 20,880.83
2025Feb22	2025Feb26	XO_966	4.5	1006.23	Obra	\$ 20,880.83
2025Feb22	2025Feb26	XO_965	4.5	1006.23	Obra	\$ 20,880.83
2025Feb26	2025Mar29	AC_2594	31.8	5839.4	Obra	\$ 20,880.83
2025Feb26	2025Mar02	XO_027	4.5	1005.09	Obra	\$ 20,880.83
2025Feb26	2025Mar29	AC_3287	30.8	5839.22	Obra	\$ 140,823.71
2025Mar01	2025Mar15	BA-18	14	18662	Bloque de minado	\$ 75,394.48

2025Mar01	2025Mar15	BV-05	14	18662	Bloque de minado	\$ 75,394.48
2025Mar01	2025Mar15	BV-38	14	18662	Bloque de minado	\$ 75,394.48
2025Mar02	2025Mar29	AC_9586	27	4922.51	Obra	\$ 118,715.67
2025Mar02	2025Mar29	AC_9576	27	4925.17	Obra	\$ 118,779.73
2025Mar14	2025Mar18	XO_032	4.5	1005.09	Obra	\$ 20,880.83
2025Mar14	2025Mar18	XO_031	4.5	1005.09	Obra	\$ 20,880.83
2025Mar15	2025Mar30	BA-19	15	18662	Bloque de minado	\$ 75,394.48
2025Mar15	2025Mar30	BV-06	15	18662	Bloque de minado	\$ 75,394.48
2025Mar15	2025Mar30	BV-39	15	18662	Bloque de minado	\$ 75,394.48
2025Mar18	2025Mar23	XO_033	5.5	1005.09	Obra	\$ 20,880.83
2025Mar18	2025Mar23	XO_034	5.5	1005.09	Obra	\$ 20,880.83
2025Mar23	2025Mar28	XO_035	4.5	1005.09	Obra	\$ 20,880.83
2025Mar23	2025Mar28	XO_036	4.5	1005.09	Obra	\$ 20,880.83
2025Mar28	2025Abr01	XO_037	4.5	1005.09	Obra	\$ 20,880.83
2025Mar28	2025Abr01	XO_038	4.5	1005.09	Obra	\$ 20,880.83
2025Mar29	2025May05	R_8597	37.1	6851.38	Obra	\$ 165,233.96
2025Mar29	2025May05	N_9577	36.8	8034.2	Obra	\$ 166,911.91
2025Mar29	2025Abr25	N-3287	26.6	5973.38	Obra	\$ 124,098.02
2025Mar29	2025Abr26	R-2594	27.9	6258.35	Obra	\$ 130,018.26
2025Mar30	2025Abr13	BA-20	14	18662	Bloque de minado	\$ 75,394.48
2025Mar30	2025Abr13	BV-07	14	18662	Bloque de minado	\$ 75,394.48
2025Mar30	2025Abr13	BV-40	14	18662	Bloque de minado	\$ 75,394.48
2025Abr01	2025Abr06	XO_039	4.5	1005.09	Obra	\$ 20,880.83
2025Abr06	2025Abr10	XO_0310	4.5	1005.09	Obra	\$ 20,880.83
2025Abr10	2025Abr15	XO_0311	4.5	1005.09	Obra	\$ 20,880.83
2025Abr13	2025Abr27	BA-21	14	18662	Bloque de minado	\$ 75,394.48
2025Abr13	2025Abr27	BV-08	14	18662	Bloque de minado	\$ 75,394.48
2025Abr13	2025Abr27	BV-41	14	18662	Bloque de minado	\$ 75,394.48
2025Abr25	2025Abr29	XO_321	4.5	849.01	Obra	\$ 20,904.65
2025Abr25	2025Abr29	XO_322	4.5	1006.23	Obra	\$ 20,904.65
2025Abr27	2025May12	BA-22	15	18662	Bloque de minado	\$ 75,394.48
2025Abr27	2025May12	BV-09	15	18662	Bloque de minado	\$ 75,394.48
2025Abr27	2025May12	BV-42	15	18662	Bloque de minado	\$ 75,394.48
2025Abr29	2025May05	XO_323	5.5	1006.23	Obra	\$ 20,904.65
2025Abr29	2025May05	XO_324	5.5	1006.23	Obra	\$ 20,904.65
2025May05	2025Jun06	R-6750	32.6	7332.47	Obra	\$ 152,333.27
2025May05	2025Jun05	N_7443	31.6	7104.54	Obra	\$ 147,598.15
2025May05	2025May09	XO_771	4.5	1005.09	Obra	\$ 20,880.83
2025May05	2025May09	XO_772	4.5	1005.09	Obra	\$ 20,880.83
2025May05	2025May09	XO_774	4.5	1005.09	Obra	\$ 20,880.83
2025May09	2025May14	XO_773	4.5	1005.09	Obra	\$ 20,880.83
2025May09	2025Jun29	R_9537	50.3	11295.53	Obra	\$ 234,666.73

2025May09	2025Jun27	N_9527	49.1	11028.44	Obra	\$ 229,117.73
2025May12	2025May26	BA-23	14	18662	Bloque de minado	\$ 75,394.48
2025May12	2025May26	BV-43	14	18662	Bloque de minado	\$ 75,394.48
2025May12	2025May26	BV-10	14	18662	Bloque de minado	\$ 75,394.48
2025May26	2025Jun09	BA-24	14	18662	Bloque de minado	\$ 75,394.48
2025May26	2025Jun09	BV-44	14	18662	Bloque de minado	\$ 75,394.48
2025May26	2025Jun09	BV-11	14	18662	Bloque de minado	\$ 75,394.48
2025Jun05	2025Jun10	XO_741	4.5	1006.23	Obra	\$ 20,880.83
2025Jun05	2025Jun10	XO_742	4.5	1006.23	Obra	\$ 20,880.83
2025Jun09	2025Jun23	BA-25	14	18662	Bloque de minado	\$ 75,394.48
2025Jun09	2025Jun23	BV-45	14	18662	Bloque de minado	\$ 75,394.48
2025Jun09	2025Jun23	BV-12	14	18662	Bloque de minado	\$ 75,394.48
2025Jun10	2025Jun14	XO_743	4.5	1006.23	Obra	\$ 20,904.65
2025Jun10	2025Jun14	XO_744	4.5	1006.23	Obra	\$ 20,904.65
2025Jun14	2025Jun19	XO_745	4.5	1006.23	Obra	\$ 20,904.65
2025Jun14	2025Jun19	XO_746	4.5	1006.23	Obra	\$ 20,904.65
2025Jun19	2025Jul15	R-0907	26.5	5727.39	Obra	\$ 118,987.51
2025Jun19	2025Jul15	N_1600	26	5619.41	Obra	\$ 116,744.14
2025Jun23	2025Jul07	BA-01	14	18662	Bloque de minado	\$ 75,394.48
2025Jun23	2025Jul07	BV-46	14	18662	Bloque de minado	\$ 75,394.48
2025Jun23	2025Jul07	BV-13	14	18662	Bloque de minado	\$ 75,394.48
2025Jun27	2025Jul02	XO_271	4.5	1005.09	Obra	\$ 20,880.83
2025Jun27	2025Jul02	XO_272	4.5	1005.09	Obra	\$ 20,880.83
2025Jul02	2025Jul06	XO_273	4.5	1005.09	Obra	\$ 20,880.83
2025Jul02	2025Jul06	XO_274	4.5	1005.09	Obra	\$ 20,880.83
2025Jul06	2025Jul12	XO_275	5.5	1005.09	Obra	\$ 20,880.83
2025Jul06	2025Jul12	XO_276	5.5	1005.09	Obra	\$ 20,880.83
2025Jul07	2025Jul22	BA-02	15	18662	Bloque de minado	\$ 75,394.48
2025Jul07	2025Jul22	BV-47	15	18662	Bloque de minado	\$ 75,394.48
2025Jul07	2025Jul22	BV-14	15	18662	Bloque de minado	\$ 75,394.48
2025Jul12	2025Jul16	XO_277	4.5	1005.09	Obra	\$ 20,880.83
2025Jul12	2025Jul16	XO_278	4.5	1005.09	Obra	\$ 20,880.83
2025Jul15	2025Jul19	XO_161	4.5	1006.23	Obra	\$ 20,880.83
2025Jul15	2025Jul19	XO_162	4.5	1006.23	Obra	\$ 20,880.83
2025Jul16	2025Jul21	XO_279	4.5	1005.09	Obra	\$ 20,880.83
2025Jul16	2025Jul21	XO_2710	4.5	1005.09	Obra	\$ 20,880.83
2025Jul19	2025Jul24	XO_163	4.5	1006.23	Obra	\$ 20,880.83
2025Jul21	2025Sep03	R_9586	44.7	10049.52	Obra	\$ 208,780.48
2025Jul21	2025Sep03	N-9576	44.7	10036.52	Obra	\$ 208,510.39
2025Jul22	2025Ago05	BA-03	14	18662	Bloque de minado	\$ 75,394.48
2025Jul22	2025Ago05	BV-48	14	18662	Bloque de minado	\$ 75,394.48
2025Jul22	2025Ago05	BV-15	14	18662	Bloque de minado	\$ 75,394.48



