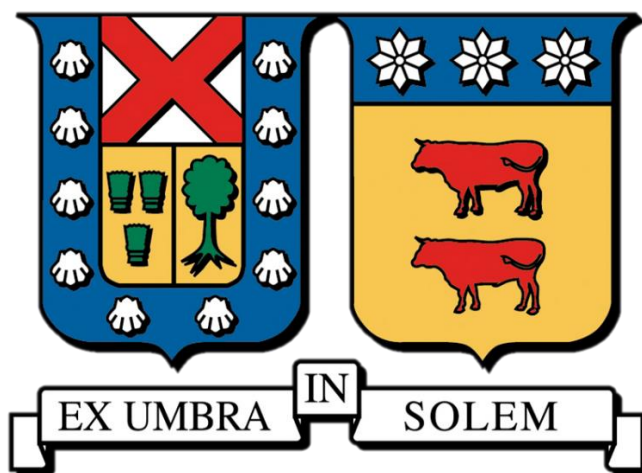


UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA METALÚRGICA Y DE MATERIALES

SANTIAGO – CHILE



**“ANÁLISIS ECONÓMICO DE PEQUEÑA  
MINERÍA DE ORO CON CAMBIO DE  
MÉTODO DE EXTRACCIÓN”**

**PABLO CRISTÓBAL ROBERTO ULLOA NAVARRO**

**MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL DE MINAS**

**Profesora Patrocinante:**

Francisca San Martín

**Santiago, 2026**



## CONSTANCIA DE VALIDACIÓN Y CONFIDENCIALIDAD DE MONOGRAFÍA A REPOSITORIO ACADÉMICO

### 1.- IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO ACADÉMICO

Tipo de monografía (marcar una opción): ☒ Memoria o trabajo de título ☐ Tesis de Postgrado

Título del trabajo: \_\_ Análisis económico de pequeña minería de oro con cambio de método de extracción \_\_

Nombre del candidato(a): \_\_ Pablo Cristobal Roberto Ulloa Navarro \_\_

Carrera / Grado: \_\_ Ingeniería Civil de Minas/Licenciado en Ciencias de la Ingeniería de Minas \_\_

Campus: \_\_ San Joaquín \_\_ Departamento: \_\_ Departamento de Minas, Metalurgia y Minerales \_\_

### 2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, Francisca San Martín Robbiano, en mi calidad de profesor(a) guía/director(a) del trabajo académico mencionado anteriormente **DEJO CONSTANCIA** que:

- He revisado esta versión del documento y corresponde a la versión final aprobada del trabajo.
- El trabajo cumple con los requisitos académicos y de formato establecidos por la institución.

### 3.- EVALUACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD POR PROPIEDAD INDUSTRIAL (marcar una opción)

☒ El trabajo **NO contiene** información que amerite confidencialidad y puede ser publicado de inmediato en repositorio con acceso abierto.

☐ El trabajo **CONTIENE** información con potenciales implicancias de propiedad industrial o intelectual y requiere un periodo de confidencialidad (**embargo**) por (marcar una opción):

☐ 6 meses ☐ 12 meses ☐ 2 años ☐ 3 años ☐ 5 años ☐ 10 años

Fundamentación de la necesidad de confidencialidad (obligatorio si se solicita embargo):

---

---

---

### 4.- FIRMAS

Profesor(a) guía o director(a) de memoria o tesis:

Fecha: \_\_ 02/07/2026 \_\_ Firma: 

Estudiante o Candidato(a):

Fecha: \_\_ 02/07/2026 \_\_ Firma: 

*Este formulario debe ser insertado como página 2 de la memoria o tesis, completado y firmado por estudiante y profesor(a) antes de la entrega en portal PRISMA de Biblioteca USM.*

## RESUMEN

La presente memoria se enmarca bajo el contexto de la pequeña minería y minería artesanal del oro, específicamente en el distrito minero de Chancón, región de O'Higgins, Chile. Con el objetivo de diseñar un nuevo método de explotación y posterior procesamiento de los minerales extraídos con tal de aumentar el valor comercial neto de las minas. Esto se trabajará con el software Vulcan, con tal de determinar las reservas de mineral a extraer y hacer un dibujo del nuevo método a proponer con los datos ya obtenidos de las vetas presentes en las minas del distrito Chancón. Este trabajo surge por las diversas y comunes problemáticas en la explotación de las minas del distrito Chancón, las cuales también vienen a ser un cometido recurrente en la pequeña minería y minería artesanal en el mundo, como puede ser, la nula planificación de un proyecto ingenieril sobre la extracción y posterior proyección de las reservas, con información geológica previamente recopilada y analizada, la poca seguridad e instrumentos con los cuales se trabajan, el poco nivel de trabajo de carácter profesional con el cual se trabaja en las minas, la explotación de las minas como una “apuesta” donde se explota con el “descubrimiento” del mineral y cuando se termina de apreciar mineral, se abandona la operación y finalmente la poca inversión que es realizada en este sector minero debido a la poca certeza de beneficio económico. Los métodos de explotación a comparar fueron el Shrinkage tradicional y el Bench and fill variante AVOCA, con la hipótesis de que este cambio de método permita obtener mejores beneficios económicos además de tener una mayor seguridad operacional para los mineros que trabajan dentro de la mina. Realizando el diseño de los métodos de explotación aplicados a las condiciones del yacimiento que son 1.760 de reservas reconocidas, se consideran estas variables operaciones aplicadas a los costos tanto operacionales como el costo de avance, para determinar los posibles ingresos netos obtenidos por su operación. A través de este análisis se determina que el método de Bench and fill obtiene tanto los mejores resultados en términos económicos como en términos de operación, lo que cumple con la hipótesis inicial de este trabajo.

## **ABSTRACT**

This thesis is framed within the context of small-scale and artisanal gold mining, specifically in the Chancón mining district in the O'Higgins Region of Chile, with the objective of designing a new exploitation and subsequent mineral processing method to increase the net commercial value of the mines. The study utilizes Vulcan software to determine the mineral reserves to be extracted and to design the proposed exploitation method based on geological data previously collected from the veins present in the district. This research addresses the diverse and common problems in the exploitation of the Chancón mines—which are also recurring issues in small-scale and artisanal mining globally—such as the total lack of engineering planning regarding extraction and reserve projection, the deficiency of analyzed geological information, poor safety standards and instrumentation, the low level of professionalization where mining is treated as a "gamble" driven by visual discovery and abandoned once the ore is no longer visible, and the low investment in the sector due to economic uncertainty. The exploitation methods compared were traditional Shrinkage and Bench and Fill (AVOCA variant), under the hypothesis that this change in method would yield better economic benefits while providing greater operational safety for the miners. By designing the exploitation methods for the specific deposit conditions, which consist of 1,760 units of recognized reserves, these operational variables were applied to both operational and development costs to determine the potential net income obtained from the operation. Through this analysis, it is determined that the Bench and Fill method achieves the best results in both economic and operational terms, thereby confirming the initial hypothesis of this work.

# INDICE

|                                                                     |           |
|---------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. INTRODUCCION.....</b>                                         | <b>7</b>  |
| <b>1.1. OBJETIVO GENERAL .....</b>                                  | <b>8</b>  |
| <b>1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....</b>                             | <b>8</b>  |
| <b>1.3. HIPÓTESIS .....</b>                                         | <b>8</b>  |
| <b>2. ANTECEDENTES DEL TEMA .....</b>                               | <b>8</b>  |
| <b>2.1. DESCRIPCIÓN DE MINERÍA ARTESANAL Y PEQUEÑA MINERÍA.....</b> | <b>8</b>  |
| <b>2.2 APOYO DE ENAMI A LA PEQUEÑA MINERÍA Y ARTESANAL.....</b>     | <b>15</b> |
| <b>2.2.1 FOMENTO .....</b>                                          | <b>15</b> |
| <b>2.2.2 PRODUCCION .....</b>                                       | <b>16</b> |
| <b>2.2.3 COMERCIAL .....</b>                                        | <b>18</b> |
| <b>2.3 DESCRIPCIÓN DEL SITIO DE ESTUDIO:.....</b>                   | <b>19</b> |
| <b>2.3.1 VETA LA LEONA .....</b>                                    | <b>22</b> |
| <b>2.3.2 VETA ANITA.....</b>                                        | <b>24</b> |
| <b>2.3.3 CARACTERISTICAS INTRINSECAS DEL DISTRITO CHANCON.....</b>  | <b>26</b> |
| <b>2.3.4 CORRELACION QUIMICA Y ELEMENTOS MAYORES POR MINA .....</b> | <b>29</b> |
| <b>2.4 CARACTERISTICAS GEOLÓGICAS MINA LA PALMERA .....</b>         | <b>30</b> |
| <b>2.4.1 GEOLOGIA.....</b>                                          | <b>33</b> |
| <b>2.4.2 ESTRUCTURAS GEOLÓGICAS.....</b>                            | <b>39</b> |
| <b>2.4.3 TIPOS DE YACIMIENTOS .....</b>                             | <b>41</b> |
| <b>2.4.4 MINERALOGÍA.....</b>                                       | <b>43</b> |
| <b>2.4.5 MINERALIZACION .....</b>                                   | <b>44</b> |
| <b>2.5 ESTABILIDAD GEOMECÁNICA DE LA MINA LA PALMERA .....</b>      | <b>48</b> |
| <b>2.6 RECURSOS Y RESERVAS .....</b>                                | <b>54</b> |
| <b>3. METODOLOGÍA .....</b>                                         | <b>57</b> |
| <b>3.1 METODOS DE EXPLOTACION.....</b>                              | <b>58</b> |
| <b>3.1.1 SHRINKAGE STOPING .....</b>                                | <b>58</b> |
| <b>3.1.2 BENCH AND FILL.....</b>                                    | <b>59</b> |
| <b>4. DISEÑO DE METODOS Y EXPLOTACION.....</b>                      | <b>60</b> |

|       |                                                                                             |     |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.1   | DIMENSIONES CUERPO MINERALIZADO DEL CLAVO 1 Y CONDICIONES GEOTECNICAS Y GEOMECHANICAS ..... | 60  |
| 4.2   | DISEÑO SHRINKAGE STOPING .....                                                              | 64  |
| 4.3   | DISEÑO BENCH AND FILL .....                                                                 | 81  |
| 5.    | ANALISIS ECONOMICO DE LOS METODOS .....                                                     | 86  |
| 5.1   | CALCULO DE INGRESO BRUTO .....                                                              | 87  |
| 5.2   | EQUIPOS Y DOTACION MINA Y CALCULO COSTES DE EXPLOTACION DE LOS METODOS .....                | 89  |
| 5.2.1 | EQUIPOS Y DOTACION MINA .....                                                               | 89  |
| 5.2.2 | CALCULO COSTE DE AVANCE E INVERSION TOTAL.....                                              | 90  |
| 5.2.3 | CALCULO COSTES OPERACIONALES .....                                                          | 93  |
| 5.3   | ANALISIS ECONOMICO SHRINKAGE STOPING.....                                                   | 95  |
| 5.3.1 | ANALISIS DE SENSIBILIDAD DE VARIABLES EN SHRINKAGE STOPING .                                | 96  |
| 5.4   | ANALISIS ECONOMICO BENCH AND FILL .....                                                     | 98  |
| 5.4.1 | ANALISIS DE SENSIBILIDAD DE VARIABLES EN BENCH AND FILL .....                               | 99  |
| 5.5   | ANALISIS DE ESCENARIOS DE VARIABLES PARA RENDIMIENTO DE LOS METODOS .....                   | 100 |
| 5.5.1 | ESCENARIO PESIMISTA .....                                                                   | 100 |
| 5.5.2 | ESCENARIO MEDIO .....                                                                       | 101 |
| 5.5.3 | ESCENARIO OPTIMISTA .....                                                                   | 102 |
| 6.    | CONCLUSION.....                                                                             | 103 |
| 7.    | RECOMENDACIONES .....                                                                       | 106 |
| 8.    | BIBLIOGRAFIA.....                                                                           | 106 |
|       | ANEXO A .....                                                                               | 115 |
|       | ANEXO B.....                                                                                | 135 |
|       | ANEXO C .....                                                                               | 144 |

## 1. INTRODUCCION

A lo largo del mundo, tanto en la pequeña minería como en la artesanal, las problemáticas son comunes, como pueden ser la poca instrumentalización y seguridad del trabajo (Singo, 2022), además de la poca certeza que se posee sobre el beneficio económico que se va a obtener. A pesar de esto, la pequeña minería tiene un porcentaje significativo sobre la cantidad de mineral que se explota, además de la cantidad de trabajadores que participan en este rubro, con un estimado de 16 millones de trabajadores en el mundo que explotan entre 380 t y 450 t de oro por año (Seccatore et al., 2014). Por lo cual una mejora en algún aspecto, como puede ser la planificación precisa sobre la explotación de los recursos, significaría un margen importante de beneficio económico además del beneficio social que podría generar a los trabajadores que por lo general no poseen una educación universitaria o completa, por lo que la pequeña minería y artesanal es un rubro que les otorga un sustento a ellos y sus familias.

En la pequeña minería y minería artesanal no se realiza una proyección de las reservas de mineral, sino que se trabaja en una forma de “apuesta” con relación a solo la esperanza de haber mineral donde se observa físicamente, este posteriormente se explota sin información geológica, lo que impide hacer una proyección, modelación y análisis de los recursos y su posterior explotación planeada. Esto causa que no exista un proyecto ingenieril apropiado, sin ningún tipo de estructura y diseño, que tiene como consecuencia que se utilicen tecnologías inapropiadas y tóxicas como es la amalgamación con mercurio. Esto resulta por la no inversión que se realiza para la fase de exploración, sino que directamente se invierte en la operación, apostando a la presencia de mineral, trabajando instintivamente. Esto tiene un alto índice de incertidumbre, provocando la no certeza de obtener un beneficio económico, lo que genera en una pérdida tanto para el dueño como para el trabajador y un ciclo vicioso con los inversionistas, ya que como no se tiene un panorama con certezas de ganancia, no se tiene un motivo para invertir. Resultados de una investigación indican que la probabilidad de beneficio positivo vs negativo es 17% vs 83% con un orden de magnitud de diferencia de acuerdo con el peor y mejor caso (Espinoza, 2019).

Este trabajo de memoria se enfocará con datos obtenidos de la mina La Palmera localizada en el distrito minero Chancón, ubicado en la región de O'Higgins, cerca de la localidad de Rancagua, con el objetivo de diseñar, según una metodología de explotación minera con un enfocada para la pequeña minería y minería artesanal, para así obtener un mayor beneficio económico y un desarrollo sustentable en comparación a las metodologías históricamente implementadas.

### **1.1. OBJETIVO GENERAL**

- Desarrollar una metodología de planificación minera para pequeña minería según el sitio de estudio en la mina La Palmera.

### **1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar y diseñar modelos de explotación acorde a la explotación del sector del Clavo 1 de la mina La Palmera.
- Estimar costos de avance y operación de los distintos métodos para poder realizar un análisis económico respecto a sus rendimientos.
- Hacer una evaluación económica para los métodos de explotación a partir de los valores de venta de oro en la planta de ENAMI, para cada método con relación a su explotación considerando los costos de avance y operación.

### **1.3. HIPÓTESIS**

A través del análisis económico de los distintos métodos según su rendimiento en los modelos económicos a los que serán evaluados, el método de Bench and fill presentara los mejores resultados en comparación al método históricamente utilizado en la mina. Demostrando su mejor utilidad respecto a la forma del yacimiento presente en el Clavo 1 en el contexto de explotación de pequeña minería.

## **2. ANTECEDENTES DEL TEMA**

### **2.1. DESCRIPCIÓN DE MINERÍA ARTESANAL Y PEQUEÑA MINERÍA**

En Chile no se tiene un término unificado a la definición de la pequeña minería, pero actualmente esta es dividida en dos sectores que son, la pequeña minería y la minería

artesanal, donde la última es la menos profesionalizada y el sector más informal (Cochilco). Actualmente se define la pequeña minería como “aquellas faenas que poseen una dotación inferior a 80 trabajadores y tienen menos de 200.000 horas trabajadas durante un año” (SERNAGEOMIN). El código de minería la define con una cantidad de trabajadores menor a 12. La ley de impuesto a la renta con una dotación menor a 5 trabajadores. Además, por ENAMI, este sector es descrito según las siguientes características:

- Uso intensivo de mano de obra local (1:7) y escaso nivel de mecanización.
- Genera cadenas de producción local y estimula la economía de la zona.
- Dificultad de acceso al crédito y bajo uso de capital.
- Su producción representa el 1% de la producción nacional de Cu.
- El productor en forma individual vende hasta 10.000 toneladas de minerales o su equivalente en productos mineros.
- Tipos de yacimientos:
  - Cordillera de la costa – superficiales (< 100 mt).
  - Localizados en radio de 50-70 km de poderes de compra.
  - Altas leyes (2,5 % Cus – 1,5 %Cu Ins), yacimientos vetiforme de poco desarrollo.
  - Arriendo de propiedades mineras (5% de la venta).
  - Costo Mina 30 -50 US\$/ton + flete

(Carrasco, 2019).

En términos de legalidad y normativa, la pequeña minería y la minería artesanal según los organismos administrativos son descritas como:

| Normativa                                    | Definición                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| SERNAGEOMIN<br>Resolución<br>N° 796 del 2001 | <b>Definición en base a Horas Trabajadas (trabajadores)</b><br>Pequeña Minería: Menos a 200.000 horas/persona en un año (entre 12 y 80 trabajadores aproximadamente).<br>Minería Artesanal: Menos de 27.000 horas/persona en un año (menos de 12 trabajadores aproximadamente)                  |
| CÓDIGO DE MINERÍA<br>Ley 18248               | <b>Definición en base a Trabajadores</b><br>Pequeña minería: personas naturales que exploten una o más pertenencias personalmente con un máximo de 12 dependientes.<br>Minería artesanal: personas naturales que exploten una o más pertenencias personalmente con un máximo de 6 dependientes. |
| ENAMI                                        | <b>Definición en base a Producción</b><br>Pequeña Minería: Productores que en forma individual venden o benefician mensualmente hasta 10.000 toneladas de minerales o su equivalente en productos mineros.                                                                                      |

Tabla 1: Definiciones normativas pequeña minería y artesanal. COCHILCO, (2023)

Por lo que el sector de la pequeña minería se podría resumir como un sector que posee:

- Se tiene poco derecho a la propiedad minera (arriendo de mina a dueños, mineros no poseen derechos de los minerales a los cuales explotan).
- Poco acceso a mecanismos de financiamiento.
- Poco nivel de instrumentación.
- Altos costos de operación.
- Cambio constante de dueños.

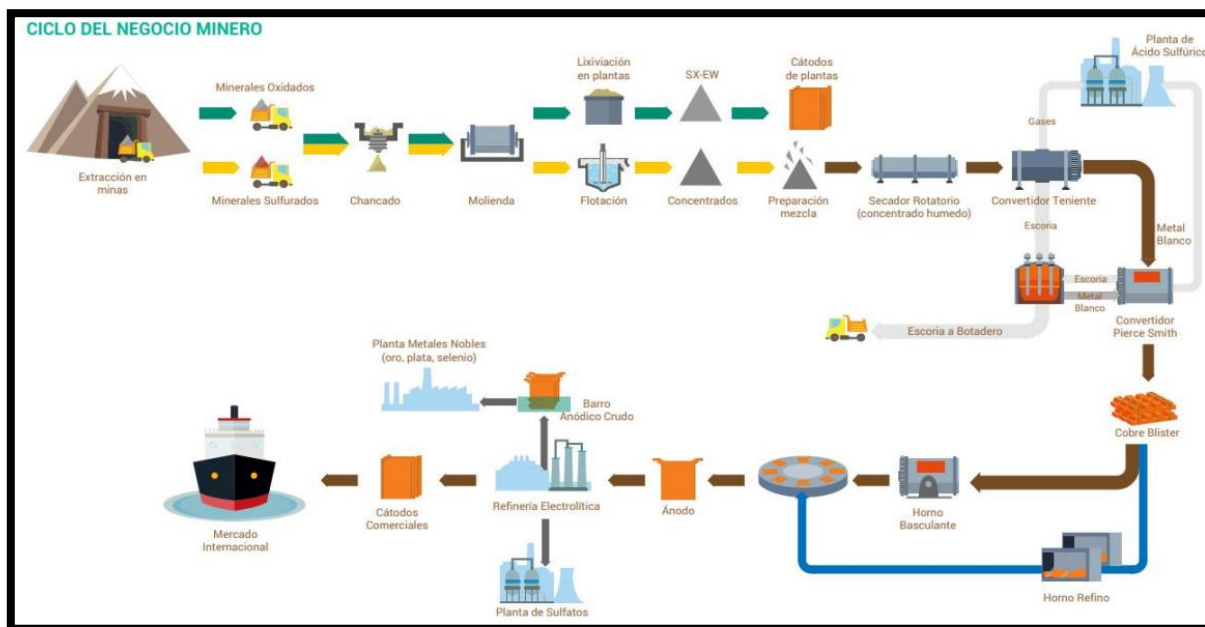


Figura 1: Ciclo negocio minero. ENAMI, (2018)

Como síntesis, la pequeña minería es una actividad minera que produce menos de 100.000 ton/año ROM de beneficio. La minería artesanal corresponde a un derivado de la pequeña minería, que se explica como su operación no sigue los principios ecológicos ni ingenieriles del procedimiento minero, sino que procede de una manera rudimentaria con técnicas básicas para extraer minerales (Seccatore et al, 2014).

|                              | <i>Producción<br/>anual (t/año)</i> | <i>Horas hombre<br/>por año</i> | <i>Tecnología</i>                               | <i>Cantidad de<br/>trabajadores</i> |
|------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------|
| <i>Gran<br/>Minería</i>      | >3.000.000                          | >1.000.000                      | Grandes dimensiones y<br>última tecnología      | Mayor a 400                         |
| <i>Mediana<br/>Minería</i>   | 100.000 –<br>3.000.000              | 200.000 –<br>1.000.000          | Medianas dimensiones y<br>última tecnología     | Menor a 400                         |
| <i>Pequeña<br/>Minería</i>   | <100.000                            | <200.000                        | Pequeñas dimensiones y<br>última tecnología     | Menor a 80                          |
| <i>Minería<br/>Artesanal</i> |                                     | -                               | Pequeñas<br>dimensiones y tecnología<br>antigua | Menor a 12                          |

Figura 2: Clasificación de los tipos de minería. SERNAGEOMIN

La minería de menor escala presenta características distintivas frente a la mediana y gran minería, entre las que destacan el uso limitado de tecnologías avanzadas, la escasa capacidad para expandir operaciones productivas y la alta dependencia del arriendo de pertenencias mineras. Estas condiciones inciden directamente en su baja productividad y reducida competitividad. En este contexto, resulta fundamental implementar políticas de apoyo que promuevan el acceso efectivo a la propiedad minera, con el objetivo de fortalecer la sostenibilidad y el desarrollo estructural del sector.

| Variables                                                     | Pequeña Minería                                             | Mediana Minería                                             | Gran Minería                                                |
|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| Etapas básicas en la Explotación Mina (operaciones unitarias) | Perforación- Tronadura- Carguío minera/estéril y Transporte | Perforación- Tronadura- Carguío minera/estéril y Transporte | Perforación- Tronadura- Carguío minera/estéril y Transporte |
| Precio Cu Referente                                           | Bolsa de Metales de Londres                                 | Bolsa de Metales de Londres                                 | Bolsa de Metales de Londres                                 |
| Reservas conocidas                                            | No                                                          | Si, proyectos evaluados                                     | Si, proyectos evaluados                                     |
| Tecnologías de punta                                          | No                                                          | Si, mejoramiento continuo de procesos                       | Si, mejoramiento continuo de procesos                       |
| Ampliaciones de capacidad                                     | No                                                          | Si, mejoramiento de productividad                           | Si, mejoramiento de productividad                           |
| Gestión Profesionalizada                                      | No                                                          | Si, de primer nivel                                         | Si, de primer nivel                                         |
| Propiedad Minera                                              | 70% arrenda                                                 | Propia                                                      | Propia                                                      |

Figura 3: Diferenciadores entre pequeña, mediana y gran minería. SONAMI

En Chile, la pequeña minería representa una porción limitada de la producción minera nacional. Según datos de la Comisión Chilena del Cobre (COCHILCO), en 2022 la pequeña minería produjo aproximadamente 48.797 toneladas de cobre fino, 1.394 kg de oro y 10.896 kg de plata. Estas cifras corresponden al 0,9% de la producción nacional de cobre, al 0,9% de la producción de plata y al 4,5% de la producción de oro.

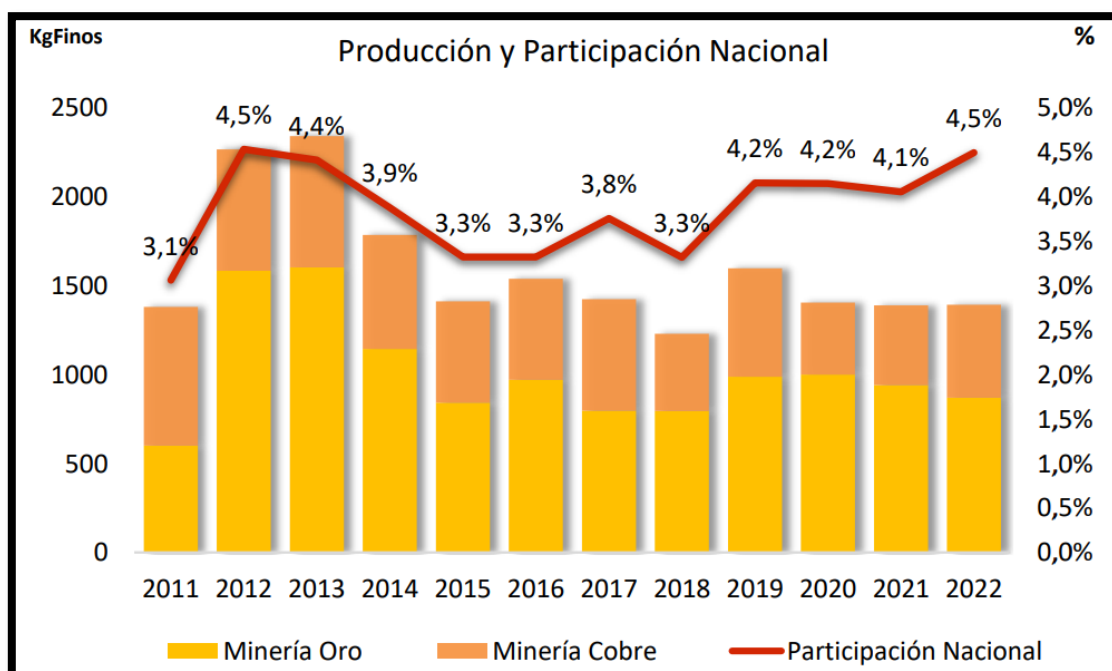


Figura 4: Producción anual en kg de la pequeña minería. Varas. 2023

Independiente del nivel de explotaciones que conviene la pequeña minería y/o minería artesanal, (incidiendo en la producción de cobre del país cerca del 1% de la producción total)

a nivel de trabajo/empleo su importancia es bien notoria considerando que por ejemplo en 2013 existían 8.746 trabajadores para las operaciones de extracción de oro y cobre, lo que refleja una participación del 13,5% del número total del sector. Actualmente para el año 2023, la pequeña minería metálica y no metálica, se mantiene en torno a los 20.000 trabajadores directos y en conjunto con la mediana minería, complementan un papel significativo en la economía chilena, generando cerca de 70 mil empleos directos y 140 mil indirectos. Donde especialmente se conforman estos empleos es en las comunas del norte del país (Figura 5), que conforman el 3% del total de empleos directos y juntando los indirectos, resultan en un 34% (COCHILCO, 2023).



Figura 5: Mapa operaciones mineras adjudicadas en Chile por SONAMI (2025)

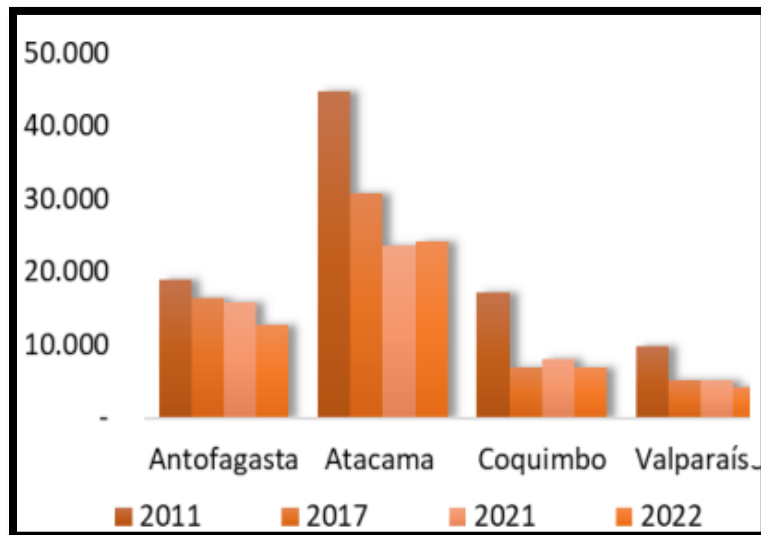


Figura 6: Regiones con mayor producción 2022. Varas. 2023

A nivel socioeconómico no se queda atrás, aunque pueda parecer no produciendo cerca del 1% de la producción nacional, está a la par con otros sectores económicos importantes del país, siendo el año 2022 donde el sector de la pequeña minería obtuvo un ingreso de US\$ 516 millones en exportaciones, lo que es significativo a nivel de comercio exterior.

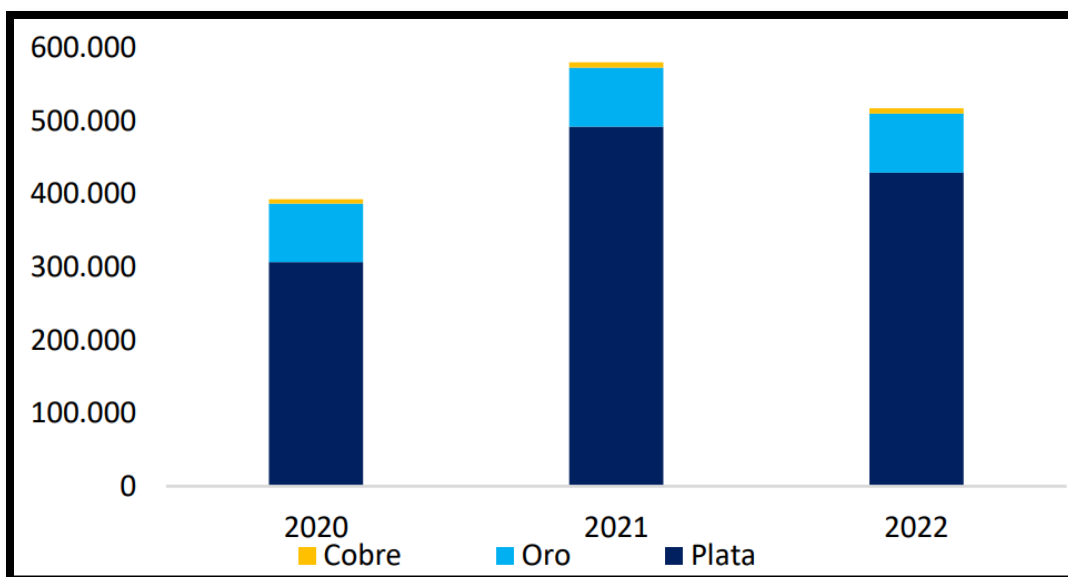


Figura 7: Exportaciones por año de la pequeña minería en miles de US\$. Varas, 2023

## **2.2 APOYO DE ENAMI A LA PEQUEÑA MINERÍA Y ARTESANAL**

Uno de los factores más importantes para la pequeña minería y artesanal es el caso de apoyo de ENAMI para el funcionamiento, promoción y fomento el cual proporciona que es increíblemente importante, siendo la principal razón del funcionamiento de este sector.

Las tres áreas principales a los cuales ENAMI se enfoca son:

1. Fomento
2. Producción
3. Comercial

Con ellas busca enfrentar y reducir las limitaciones que tienen la pequeña y mediana minería.

### **2.2.1 FOMENTO**

En el área de fomento, las tareas que realiza ENAMI para pequeña minería en Chile cuenta con una variedad de instrumentos orientados a mejorar su desempeño técnico, productivo y organizacional. Entre ellos, se encuentra la asistencia técnica, que consiste en brindar asesoría y consultoría especializada para facilitar la correcta ejecución de proyectos mineros. Asimismo, se contempla el reconocimiento de recursos y/o reservas junto con la planificación minera, lo cual implica la entrega de financiamiento para la realización de labores de exploración y sondajes que permitan determinar la viabilidad técnica y económica de futuros proyectos de explotación.

En complemento, el programa de geología distrital tiene por objetivo generar información geológica básica sobre distritos mineros específicos, con el fin de estimar su potencial y orientar futuras acciones de prospección y desarrollo. Por otra parte, el instrumento de desarrollo de capacidades competitivas busca fortalecer las competencias técnicas y de gestión empresarial de los pequeños productores, a través del fomento de la innovación, la transferencia tecnológica y la capacitación.

En el ámbito de la seguridad y sostenibilidad, el mecanismo de apoyo a la producción segura financia proyectos que mejoren las condiciones laborales, la calidad de vida de los trabajadores y el cumplimiento de normativas ambientales y mineras. Complementariamente,

el apoyo a la producción está diseñado para responder de manera oportuna a necesidades operativas urgentes de los productores, tales como el pago de patentes, adquisición de insumos, reparaciones, arriendo de maquinaria o ejecución de obras mineras menores.

Finalmente, el instrumento de reactivación de faenas mineras facilita la habilitación y puesta en marcha de explotaciones que se encontraban inactivas, contribuyendo así a dinamizar la actividad minera en zonas donde representa una fuente clave de empleo y desarrollo económico.

### **2.2.2 PRODUCCION**

ENAMI realiza también la compra de las producciones de pequeños y medianos mineros en las medidas del mercado internacional. Estas compras pueden ser a través de: Tarifas, contratos y una relación contractual con la minería independiente.

A través de tarifas ENAMI adquiere minerales a los pequeños productores donde la empresa recibe los minerales extraídos por los productores, los procesa en sus propias instalaciones (plantas de beneficio), y paga al productor el valor neto del contenido metálico, descontando una tarifa fija por el servicio de procesamiento.

Este proceso se desarrolla en las siguientes etapas:

1. **Recepción del mineral:** El productor entrega el mineral extraído en una planta de ENAMI autorizada. En esta etapa se verifica el peso, la documentación requerida y la procedencia legal del mineral.
2. **Toma de muestras y análisis químico:** Se realiza una toma representativa del mineral entregado, la cual es enviada a laboratorios certificados para determinar el contenido de elementos valiosos (como cobre, oro o plata), penalidades por elementos nocivos y la ley del mineral.
3. **Aplicación de tarifa de compra:** ENAMI cobra al productor una tarifa previamente establecida, que cubre los costos del tratamiento y refinación del mineral. Esta tarifa se encuentra regulada por una tabla oficial publicada periódicamente por ENAMI, la cual varía según la ley del mineral, su tipo y los costos asociados a su procesamiento.

4. **Liquidación y pago:** Con base en el análisis químico y aplicando las tarifas correspondientes, ENAMI calcula el valor comercial del mineral y efectúa el pago al productor, descontando los cargos aplicables. Este pago puede ser anticipado parcial o totalmente en el caso de convenios o según el volumen entregado.
5. **Transparencia y fiscalización:** ENAMI garantiza un proceso transparente, en el que los productores tienen acceso a los resultados de los análisis y pueden solicitar contramuestras si no están conformes con la liquidación. Además, el sistema busca evitar la informalidad y promover la trazabilidad del mineral.

Para el caso de contratos, principalmente la mediana minería opera bajo esta forma que es similar al de tarifas. Los contratos suscritos entre ENAMI y los pequeños productores pueden adoptar distintas modalidades, tales como acuerdos de venta directa o de maquila, y pueden establecerse con vigencia anual, a largo plazo con término definido, o bajo la modalidad evergreen, la cual implica una renovación automática al vencimiento, salvo que alguna de las partes manifieste su intención de terminar el acuerdo. Estos contratos contemplan la negociación de volúmenes de entrega previamente acordados y consideran, además, los cargos asociados al tratamiento, fusión y refinación del mineral entregado. (COCHILCO, 2023)

La relación contractual entre ENAMI y la minería independiente se configura como una modalidad de abastecimiento complementario, en la cual productores que operan con autonomía comercial, es decir, que poseen la capacidad de vender su producción tanto en el mercado nacional como en el internacional, estos forman acuerdos con ENAMI para la venta de minerales. Esta modalidad no obedece a un esquema permanente de fomento como en el caso de la pequeña minería, sino que responde a condiciones coyunturales del mercado internacional y a la necesidad de ENAMI de optimizar la capacidad operativa de su infraestructura, particularmente la Fundición Hernán Videla Lira (Rodríguez, 2014).

Los acuerdos con la minería independiente permiten a ENAMI garantizar un flujo continuo de materia prima para sus procesos de fundición y refinación, en tanto que para los productores independientes constituyen una alternativa comercial viable en escenarios de precios volátiles o limitaciones logísticas para exportar.

### 2.2.3 COMERCIAL

ENAMI con sus poderes de compra asegura que la producción de los pequeños mineros pueda acceder a condiciones comerciales similares a los de la gran minería. Con esto se puede realizar una estabilización de los ingresos y la aseguración de precios futuros convenientes para los productores, reduciendo así el riesgo de la variabilidad de precio en el mercado. Además, ENAMI administra el Fondo de Sustentación del precio del cobre, que opera como crédito sectorial cuando el precio de mercado es menor al establecido por el Ministerio de Hacienda, este fondo se recupera cuando el precio mercado del cobre es mayor al establecido en el sustento.

Mediante este mecanismo las ventas se traducen en los ingresos de los productores, donde por ejemplo en el año 2022 se alcanzó un total de ventas de US\$ 258 millones.

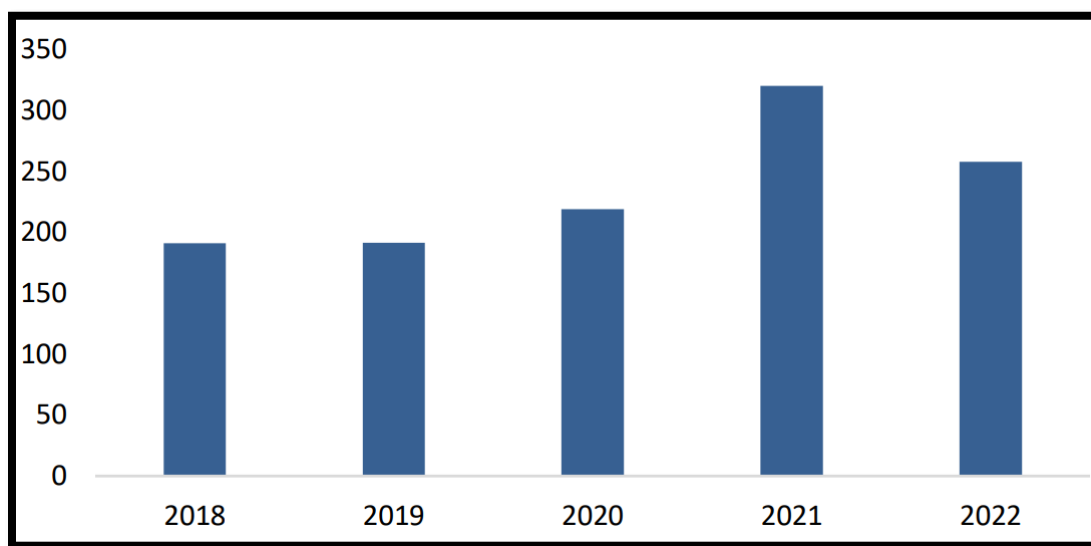


Figura 8: Ventas de ENAMI por año (Millones de US\$). Varas. 2023

Estas ventas son las que corresponden a los ingresos de los mismos productores, debido a la venta de los minerales a ENAMI, a estos ingresos se les debe restar los costos de extracción, el flete de los minerales a la planta donde se realiza el análisis químico y las regalías de la mina. El remanente corresponde al margen utilidad que queda en las localidades.

Un elemento central que demuestra la relevancia de la pequeña minería en el desarrollo territorial es su capacidad para generar encadenamientos productivos dentro de las economías regionales. De acuerdo con el estudio elaborado por ENAMI en el año 2017, titulado Impacto

Actividad Económica ENAMI, la actividad minera de menor escala no solo representa una fuente directa de ingresos para los productores, sino que también activa una cadena de efectos económicos indirectos, que benefician a diversos sectores de la economía local.

El informe señala que, en la Región de Antofagasta, por cada dólar generado por la pequeña minería, se produce un efecto multiplicador de 0,9 dólares adicionales en la economía regional. Este impacto se eleva aún más en la Región de Atacama, donde el encadenamiento alcanza 1,18 dólares adicionales, lo que evidencia una fuerte integración de la pequeña minería con los sectores de servicios, transporte, comercio y provisión de insumos. En la Región de Coquimbo, el efecto es también considerable, con 0,92 dólares generados por cada dólar inicial, mientras que en la Región de Valparaíso se estima en 0,74 dólares adicionales.

Estos indicadores permiten concluir que la pequeña minería posee un potencial multiplicador significativo sobre la economía regional, contribuyendo a la dinamización de actividades complementarias, a la generación de empleo indirecto y al fortalecimiento de redes productivas locales. A diferencia de otras actividades extractivas de mayor escala, cuyos beneficios pueden concentrarse en niveles corporativos o externos a la región, la pequeña minería redistribuye parte sustancial de su valor económico en el territorio donde se inserta, generando un efecto positivo sobre las comunidades y actores económicos circundantes.

En consecuencia, estos encadenamientos productivos constituyen una justificación empírica para el diseño de políticas públicas orientadas al fortalecimiento de la pequeña minería, especialmente aquellas que promuevan su formalización, sostenibilidad y articulación con el tejido empresarial regional. El reconocimiento de este efecto multiplicador refuerza el carácter estratégico de la pequeña minería como una actividad no solo productiva, sino también social y territorialmente integradora.

## **2.3 DESCRIPCIÓN DEL SITIO DE ESTUDIO:**

Este trabajo se va a enfocar en el distrito Chancón, que es un distrito principalmente agrícola y minero, ubicado en el borde oriental de la cordillera de la costa de Chile, en la VI Región, provincia de Cachapoal, a unos 15 km en de la ciudad de Rancagua y 69 km de Santiago. El área de este Distrito Minero se ubica entre las coordenadas Norte: 6.227.000 m- 6.232.000

m y Este: 328.000 m – 334.000 m. La cantidad de faenas mineras presentes en el distrito son aproximadamente de 40 (Marin, 2021).

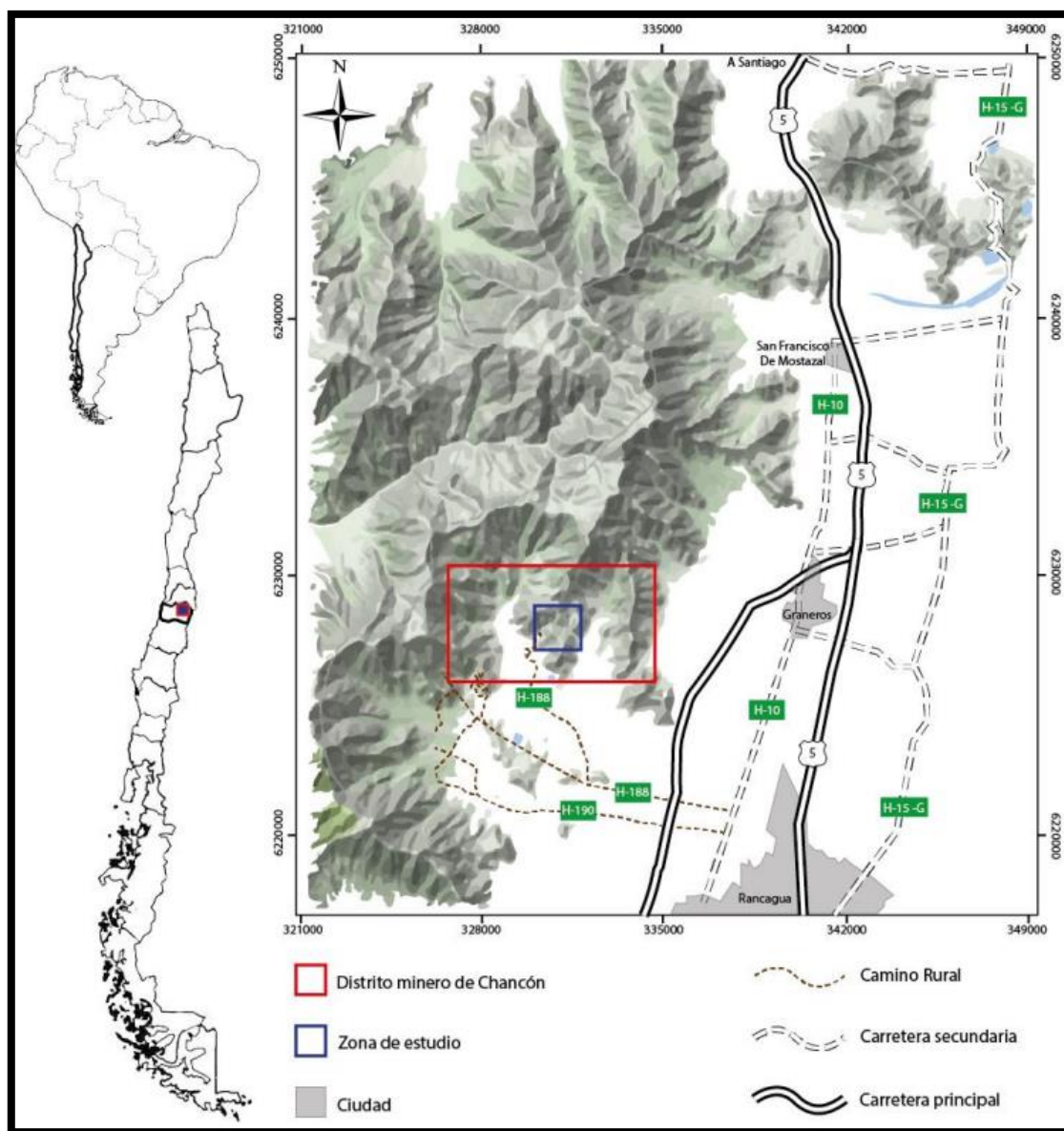


Figura 9: Rutas y acceso a distrito Chancón. Muñoz. (2017)

Los yacimientos que están presentes en el distrito están asociados a la franja metalogénica del Cretácico superior, la cual se encuentra distribuida entre Copiapó y Rancagua. La mineralización ocurre en vetas de cuarzo, como relleno de fallas, las que presentan potencias entre 0,1 - 10 m, con un promedio de ~1,5 m; corridas entre 40 - 550 m, con un promedio de ~275 m (Díaz, 1986).

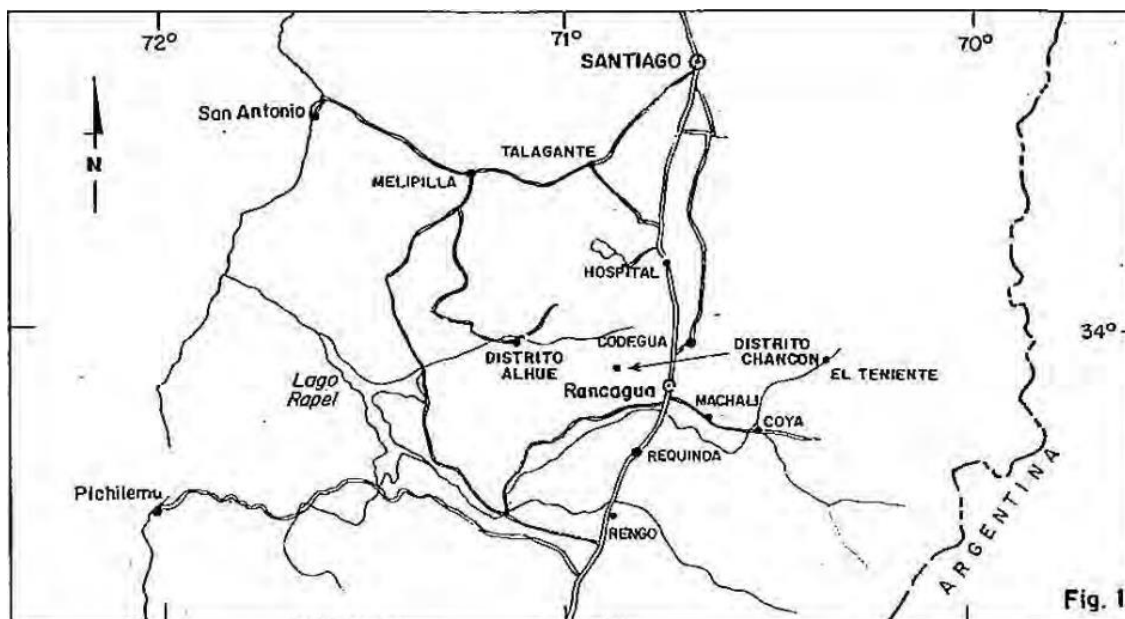


Figura 10: Plano de ubicación de Distrito Chancon, Portigliatti, (2005)

La mineralización del distrito se encuentra hospedada predominantemente en rocas metamórficas del Complejo formación “Las Chilcas” y cuerpos intrusivos de composición tonalítica a granodiorítica asociados al Batolito de la Costa. La mineralización principal del distrito se presenta en forma de vetas epitermales de baja a intermedia sulfuración, dominadas por sistemas estructurales de orientación NNE-SSO y NO-SE, que controlan el emplazamiento de vetas mineralizadas. Estas vetas se desarrollan preferentemente en zonas de cizalla o fracturamiento intenso, actuando como canales para la circulación de fluidos hidrotermales metalíferos.

Desde el punto de vista mineralógico, las vetas están compuestas por una asociación típica de minerales metálicos y no metálicos. Los minerales metálicos dominantes incluyen piritita, calcopiritita, galena y esfalerita, los cuales se encuentran en matriz de cuarzo, acompañados ocasionalmente por bornita, tetraedrita y minerales del grupo del oro y la plata en forma nativa o como telururos. Los minerales gangosos más comunes son cuarzo, calcita, sericita, clorita y, en menor medida, epidota.

En el distrito, son evidentes las condiciones de presencia de mineralización metálica, cuyo emplazamiento estuvo controlado por la existencia de sistemas de fallas tensionales, que sirvieron de control estructural para el emplazamiento de fluidos hidrotermales portadores de mineralización metálica especialmente de oro, cobre, zinc y plomo, constituyendo

“estructuras mineralizadas” del tipo "vetas, Pseudo Brechas Hidrotermales, Brechas Hidrotermales" con mineralización de concentración irregular. (Informe final Chancón, SERNAGEOMIN)

### 2.3.1 VETA LA LEONA

La veta La Leona constituye uno de los cuerpos mineralizados más representativos del Distrito Minero Chancón. Su desarrollo geológico está estrechamente vinculado a procesos hidrotermales asociados a la actividad magmática del Cretácico Superior, en un contexto tectónico de arco magmático continental (Muñoz, 2017).

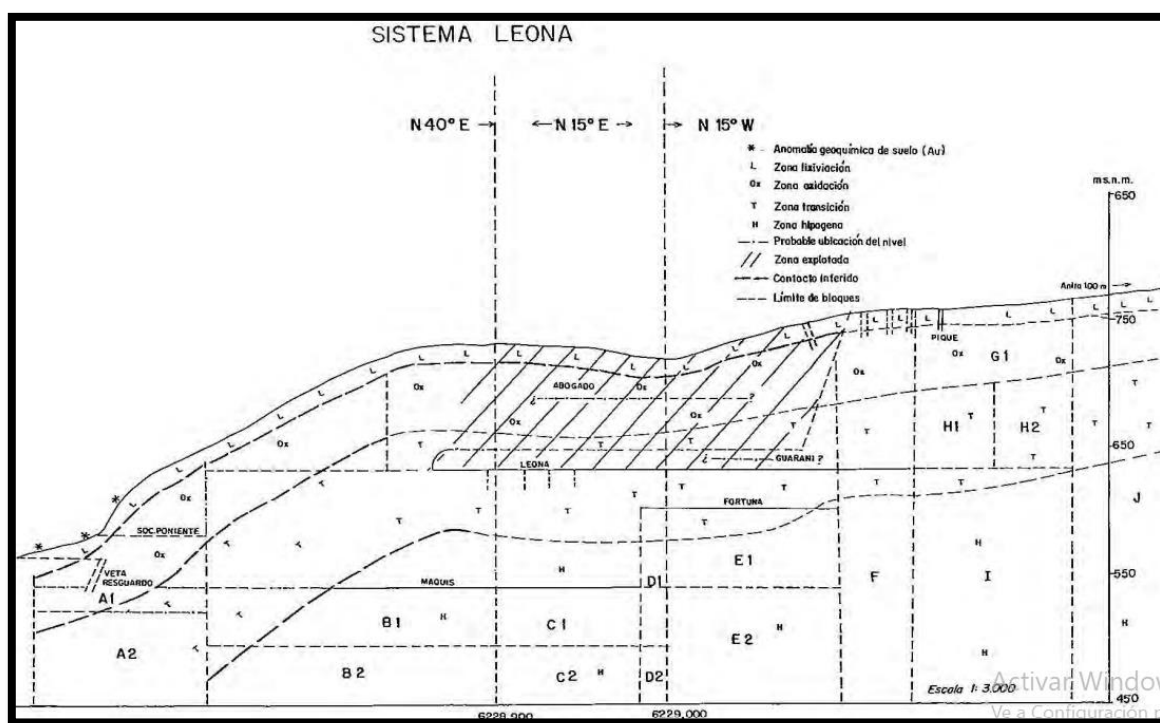


Figura 11: Perfil de alteración y litología de veta Leona, Portigliatti, (2005)

Desde el punto de vista estructural, la veta se emplaza en un sistema de fracturas de orientación NNE-SSO, controlado por esfuerzos compresivos regionales. Estas fracturas sirvieron como conductos para la circulación de fluidos hidrotermales metalíferos, dando lugar a la formación de un sistema epitermal de baja a intermedia sulfuración, con evidencias de interacción entre fluidos de origen magmático y meteórico.

La evolución de la mineralización en la veta La Leona puede dividirse en tres etapas principales:

### **1. Etapa pre-mineral:**

Esta fase temprana se caracteriza por la presencia de cuarzo con pirita diseminada y escasa calcopirita, producto de la circulación de fluidos calientes con salinidades intermedias. Las inclusiones fluidas identificadas en esta etapa presentan temperaturas de homogeneización superiores a 200 °C y salinidades entre 4 y 8 % en peso NaCl eq., lo cual sugiere un sistema incipiente con condiciones fisicoquímicas aún no óptimas para la precipitación masiva de sulfuros metálicos (Muñoz, 2017).

### **2. Etapa principal de mineralización:**

Esta etapa representa el evento más importante desde el punto de vista económico y mineralógico. Se caracteriza por la deposición de una paragénesis compuesta por pirita, calcopirita, esfalerita y galena, acompañada de oro y plata en forma nativa y como telururos. La precipitación de estos minerales fue favorecida por un cambio en las condiciones del sistema, con una disminución progresiva de temperatura (125–250 °C), salinidades variables (0.5–12.6 % NaCl) y una posible mezcla de fluidos magmáticos y meteóricos.

Cabe destacar la presencia de elementos críticos tales como indio (In), telurio (Te) y selenio (Se), los cuales se alojan preferentemente en la esfalerita y galena. Su incorporación sugiere un control geoquímico por parte de complejos sulfurados y clorurados, compatibles con un entorno de oxidación intermedia y alto contenido de azufre reducido (Muñoz, 2017).

### **3. Etapa post-mineral:**

La fase final está dominada por la circulación de fluidos hidrotermales de baja temperatura (<150 °C) y baja salinidad, que dieron lugar a la formación de minerales secundarios como calcita, clorita y epidota. Esta etapa corresponde a una fase tardía de enfriamiento del sistema, en la que cesa la deposición de sulfuros metálicos y se desarrollan alteraciones propilíticas en los halos periféricos de la veta.

La disposición vertical de los minerales en la veta evidencia una zonación desde una paragénesis rica en cuarzo, pirita y oro en las zonas superiores, hacia una asociación con mayor contenido de esfalerita, galena y calcopirita en profundidad. Esta distribución es

coherente con modelos de enfriamiento y evolución vertical de sistemas epitermales (Muñoz, 2017).

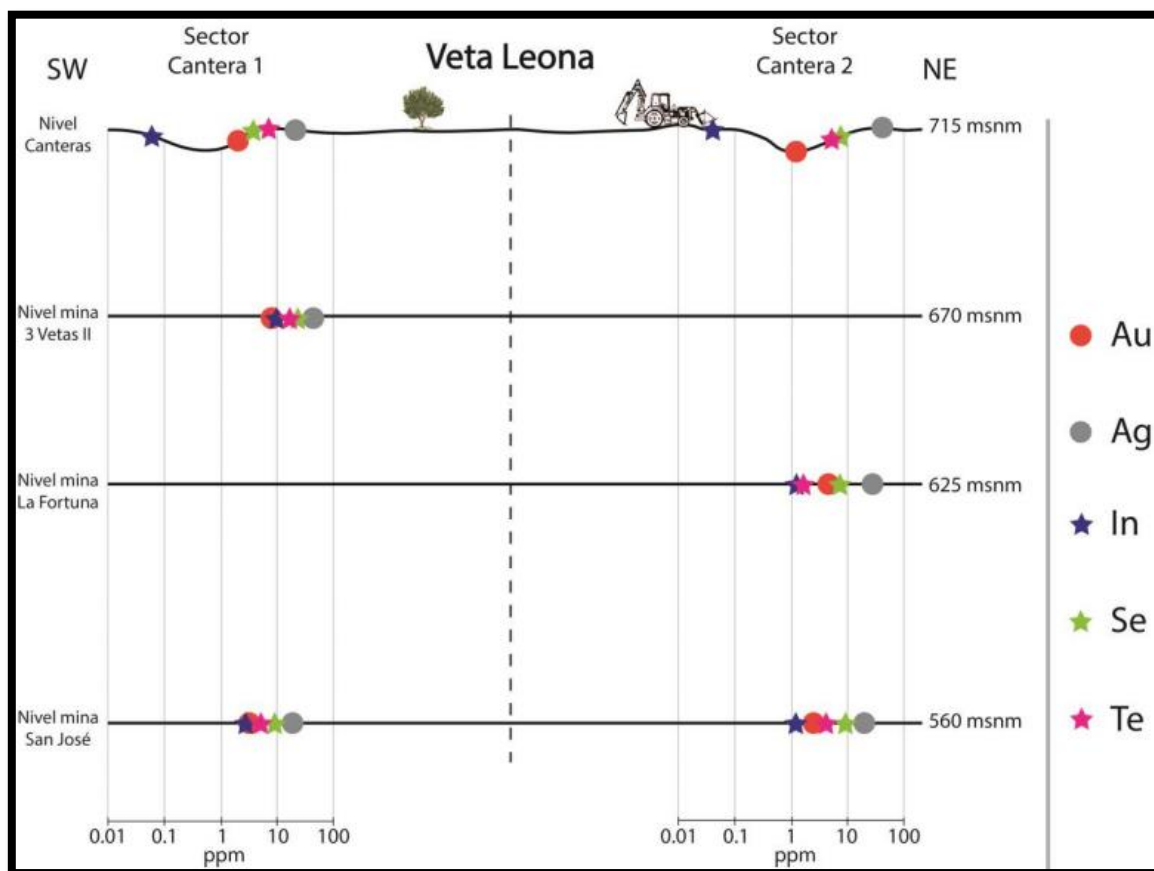


Figura 12: Geoquímica de especímenes realizada en las labores mineras en profundidad, al interior de la veta Leona mostrando valores para Au, Ag, In, Te y Se. Muñoz, (2017)

### 2.3.2 VETA ANITA

La veta Anita, localizada en el sector de la mina La Palmera dentro del Distrito Minero Chancón, corresponde a un cuerpo mineralizado de significativa relevancia económica. Esta estructura presenta una morfología vetiforme clásica y alberga una mineralización polimetálica con contenidos valiosos de cobre, oro y plata, lo que ha motivado su explotación mediante minería subterránea.

Desde el punto de vista geológico, la veta se encuentra alojada en rocas volcánicas y volcanoclásticas de composición andesítica, asignadas a la Formación Lo Ovalle. Estas unidades han sido intruidas por diques de naturaleza diorítica y riolítica, generando un

contexto litológico complejo favorable para la circulación de fluidos mineralizantes. Estas rocas hospedantes han sido afectadas por procesos de alteración hidrotermal, predominantemente de tipo argílico, propilítico, sericítico y silicificación.

Estructuralmente, la veta Anita se orienta en dirección NNO–SSE, con un buzamiento pronunciado hacia el noreste. Su geometría vetiforme presenta potencias que varían entre 0,2 y 1,5 metros, alcanzando una continuidad lateral reconocida de hasta 200 metros en las labores subterráneas actuales. La mineralización está estrechamente controlada por fracturas preexistentes que sirvieron como vías preferenciales para la circulación de fluidos hidrotermales, permitiendo la precipitación de los componentes metálicos.

La distribución de la mineralización ocurre en bandas irregulares dentro de la estructura vetiforme, concentrándose en sectores de mayor dilatación estructural o “clavos” mineralizados. Los principales minerales metálicos identificados son calcopirita, pirita y bornita, acompañados en menor proporción por galena y esfalerita. La ganga está constituida por minerales como cuarzo, calcita, sericita y clorita, los cuales reflejan condiciones de alteración sericítica a propilítica.

La evolución paragénetica sugiere al menos tres pulsos hidrotermales principales. El primero está dominado por la cristalización de cuarzo y pirita en condiciones de alteración temprana; el segundo corresponde a la etapa principal de mineralización, caracterizada por la deposición de sulfuros de cobre y metales preciosos; finalmente, una etapa tardía dio paso a la incorporación de minerales de ganga y alteraciones propilíticas más marcadas. Estos eventos son consistentes con un sistema epitermal de baja a intermedia sulfuración, desarrollado bajo condiciones de temperatura moderada (150–250 °C) y salinidades variables, lo que sugiere una fuente de fluidos de origen magmático-meteórico mixto.

### 2.3.3 CARACTERÍSTICAS INTRINSECAS DEL DISTRITO CHANCON

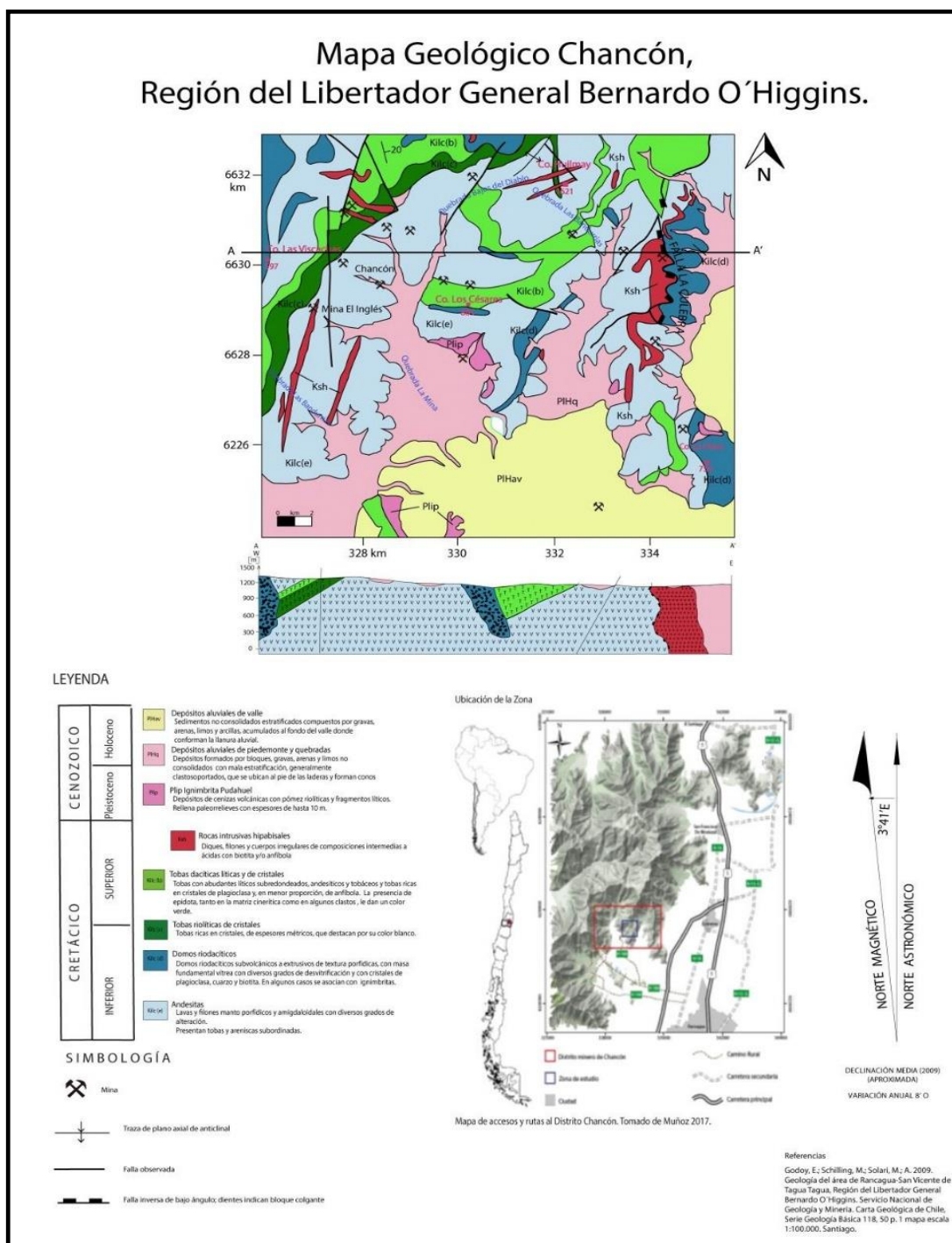


Figura 13: Mapa geológico distrito Chancón. Flores, (2018). Modificado de Godoy et al. (2009)

| Mina              | NORTE      | ESTE       | COTA   |
|-------------------|------------|------------|--------|
| La Perra Niv Sup  | 6228922.25 | 333545.053 | 666.17 |
| Perra Niv Inf     | 6228930.54 | 333455.481 | 629.83 |
| El Sapo           | 6228569.25 | 333253.595 | 564.53 |
| La Rosario        | 6228520.56 | 333205.155 | 550.23 |
| La Viña Niv Inf   | 6230254.15 | 333384.051 | 694.32 |
| La Viña Niv Sup   | 6230456.19 | 333330.674 | 732.8  |
| Víctor Niv Inf    | 6228620.56 | 333322.653 | 596.46 |
| Víctor Niv Sup    | 6228648.42 | 333385.694 | 625.18 |
| Sn Francisco      | 6228502.35 | 331291.985 | 528.31 |
| Dn Sergio II      | 6228677.37 | 331417.97  | 548.84 |
| El Maitén         | 6228754.24 | 331468.433 | 553.53 |
| Isidora           | 6228750.95 | 331329.377 | 585.25 |
| La Monchi Niv Inf | 6228907.83 | 331618.872 | 646.2  |
| La Monchi Niv Sup | 6228893.54 | 331691.859 | 681.84 |
| Calchona          | 6228818.03 | 331821.064 | 640.62 |
| Julia Niv Inf     | 6228545.52 | 332102.432 | 544    |
| Julia Niv Sup     | 6228554.89 | 332090.105 | 555    |
| La Rosa           | 6229117.05 | 331302.839 | 656.34 |
| Entre Minas       | 6228582.64 | 331092.998 | 558.64 |
| Sandra            | 6228837.36 | 330615.079 | 656.05 |
| La Pepa           | 6228917.01 | 330586.774 | 596.86 |
| La Codiciada      | 6228824.52 | 330473.098 | 687.23 |
| Margarita         | 6229014.75 | 330337.832 | 775.98 |
| Dominike III      | 6230823.83 | 329356.417 | 666.48 |
| Tiare             | 6230330.73 | 329244.293 | 613.29 |
| El Álamo          | 6230776.38 | 329079.236 | 728.44 |
| Francisca         | 6230792.97 | 329001.805 | 755.45 |
| Don Héctor Inf    | 6230549.93 | 329073.684 | 703.25 |
| Fortuna           | 6230371.23 | 328853.46  | 620    |
| El Alba Niv Inf   | 6230921.99 | 328701.492 | 729.8  |
| El Alba Niv Sup   | 6230922.77 | 328723.677 | 744.49 |
| Manantial         | 6228985.83 | 330251.519 | 707.65 |
| La Picarona       | 6229404.34 | 330732.042 | 775.38 |
| El Abogado        | 6229045.65 | 330845.699 | 699.2  |
| Guayacán          | 6230046.89 | 330770.861 | 853.32 |
| Cony Cony         | 6229501.81 | 329963.669 | 757.56 |
| Arizona 8         | 6230004.71 | 329515.143 | 586.53 |
| Pimiento          | 6229776.78 | 329422.627 | 553.99 |
| El Acacio         | 6229679.4  | 329698.078 | 679.54 |
| Teresa            | 6229726.29 | 329551.631 | 608.86 |

Tabla 2: Coordenadas minas distrito Chancón, Informe final Chancón (SERNAGEOMIN).

En este distrito las principales minas, son: Encanto 1-4, Sara 2-4, Escondida 1-22, Nueva Fortuna 1-2, Arizona 1-19, Sara 1, Chancón 1-4, Buello Segundo, Anita 1-24, Los Leones 1, Plegaria 1-99, Mina 1-43, Nico Primera 1-100, Nico segunda 1, Anita 1-10, Concoco 1-329, La Leona 1-50, La Aguada 1-4, La Orquídea 1-10, Lo Chancón 1, Nico Tercera 1-100, Tilde 1-126, Chiquis Uno 1-28, Chiquis Dos 1-20, acuario Uno 1-15, Codiciada 1-277, La Culebra 1-20, Koko 1-18, Amapola 1-8, Surcón 22 (1-36) Vincenzo 1 (1a 5). Muchas de estas minas varían su nombre debido a la constante rotación de dueños.

El producto principal de las minas del distrito de Chancón, es el oro y como subproductos están el cobre y la plata. Todas las minas operan vía perforación y tronadura de manera subterránea. El mineral que explotan es enviado a una planta de procesamiento de ENAMI cercana al distrito, (ninguna de las minas procesa su propio mineral), esta planta procesa de forma no toxica, no ocupando sustancias toxicas como el mercurio. La planta al recibir el mineral, este es analizado y se le paga a cada mina de acuerdo a la ley de oro que presenta el mineral. También existe la opción de guardar el mineral en stock esperando que el valor del oro esté en condiciones de vender y si las condiciones no son valorables, está la opción de vender el ROM como material de construcción en caso de que el valor del mineral sea bajo en el momento de venta. Cada mina opera según el mineral es descubierto y terminan de operar cuando el beneficio que se obtiene no es suficiente y es abandonada la mina. No es raro que el nuevo dueño de la mina abandonada encuentre mineral cerca de donde el dueño anterior dejo de operar, esto ocurre debido a la no inversión en exploración geológica.

Las minas a pequeña escala son las más susceptibles a los cambios de los precios de los minerales como el oro, si este presenta una baja importante significa un cese de las operaciones, considerando que como el costo de operación es tan alto para el caso de pequeña minería como artesanal, no tiene sentido operar cuando el valor del beneficio es mínimo, caso contrario es cuando el precio aumenta de forma considerable. Como es un ejemplo en este caso el periodo de aumento en el valor del oro cercano al 400% entre 2002 y 2012, debido a cambios en inversiones en periodo de crisis económica en el mundo (Seccatore et al., 2014).

| SISTEMA              | RESERVAS<br>INFERIDAS<br>(t) | LEYES ESTIMADAS |             |                 | RECURSOS<br>(t) | LEYES ESTIMADAS |             |                 | RESERVAS +<br>RECURSOS (t) |
|----------------------|------------------------------|-----------------|-------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------|-----------------|----------------------------|
|                      |                              | Au<br>(g/t)     | Ag<br>(g/t) | Cu Insol<br>(%) |                 | Au<br>(g/t)     | Ag<br>(g/t) | Cu Insol<br>(%) |                            |
| ANITA                | 343600                       | <10             | <15         | <2              | 2391000         | <8              | <15         | <1,5            | 2734600                    |
| CULEBRA              | 63100                        | <3              | <15         | <2              | 174000          | <5              | <15         | >1              | 237100                     |
| Prospecto<br>Culebra |                              |                 |             |                 | 33000           | 1               | 19          | <1              |                            |
| LEONA                | 103500                       | <8              | <30         | <1,5            | 311300          | <5              | <30         | >1,5            | 414800                     |
| MANANTIAL            | 11300                        | 5               | 16          | 0,25            | 71700           | <8              | <15         | <1              | 83000                      |
| TILDE                | 41800                        | <8              | <20         | <0,5            | 212500          | <8              | <15         | <1              | 254300                     |
| TURCA                | 34000                        | <7              | <25         | <0,7            | 127000          | <6              | <20         | <1,5            | 161000                     |
| ANACONDA             | 110900                       | <6              | <100        | <1,2            | 854900          | <5              | <50         | <1,5            | 965800                     |
| SARA                 | 29500                        | <9              | <5          | <0,8            | 404000          | <9              | <20         | <1,5            | 433500                     |
| RESGUARDO            | 24000                        | <8              | <30         | >1              | 132000          | <8              | <30         | <1,5            | 156000                     |
| CODICIADA            | 22200                        | <10             | <30         |                 | 188500          | <10             | <30         | >1              | 210700                     |
| QUEBRADA             | 29600                        | 5               | 20          | <5              | 135600          |                 |             |                 | 165200                     |
| ESCONDIDA            | 16600                        | 7               |             |                 | 182400          | <6              |             |                 | 199000                     |
| CHILPE               | 320000                       | <10             |             |                 | 86000           |                 |             |                 | 406000                     |
| OTROS                | 147200                       | 1-15            | 50-100      | 1-3             | 808000          | 1-6             |             | <3              | 955200                     |
| TOTAL                | 1297300                      | 1-10            | 10-30       | 0, 1-2          | 6078900         | 1-8             | 10-30       | 1-1,5           | 7376200                    |

Tabla 3: Resumen de reservas y recursos inferidos distrito Chancón, Portigliatti, (2005), SERNAGEOMIN

Las leyes de Au en el distrito varían entre 0,1 - 31 ppm, con un promedio de 2,84 ppm; las de Ag varían entre 0,3 - 83 ppm, con un promedio de 17,23 ppm; las de cobre varían entre 0,004 - 2,05 %, con un promedio de 0,31%; las de plomo varían entre 0,03 - 5,93 %, con un promedio de 0,58%; y las de zinc varían entre 0,004 - 13,2 %, con un promedio de 1,6%.

### 2.3.4 CORRELACION QUIMICA Y ELEMENTOS MAYORES POR MINA

Las correlaciones se dividieron en 2 grupos, según su grado de correlación, importantes y moderados.

| Elemento | Correlación moderada          | Correlación importante |
|----------|-------------------------------|------------------------|
| Au       | Se, Ag                        |                        |
| Ag       | Au, Cu, S, Bi, In, Se         |                        |
| Pb       | Cd, Sb, Zn                    |                        |
| Zn       | S, Pb, Sb, Se                 | Cd, Hg                 |
| Cu       | S, Ag, Bi, Co, Fe, In, Re, Se |                        |
| Cd       | S, Pb, Sb, Se                 | Hg, Zn                 |
| Bi       | S, Se, Ag, Co, Cu, Fe, Ge, In |                        |
| Hg       | In                            | Cd, Zn                 |

|    |                             |    |
|----|-----------------------------|----|
| In | S, Se, Ag, Bi, Co, Cu, Hg   |    |
| Mn | Sc, Al, Ca, REE, Sr,V,Y, Na | Mg |

Tabla 4: Elementos con correlaciones destacadas positivan en distrito Chancón, Vallette, (2017), SERNAGEOMIN.

Como se puede apreciar en la Tabla 3, se comprueba la relación natural entre Au y Ag, además de la presencia de Pb y Zn.

A continuación, se muestra un gráfico con la distribución de los elementos mayores (en %) para cada mina estudiada presente en el distrito Chancón.

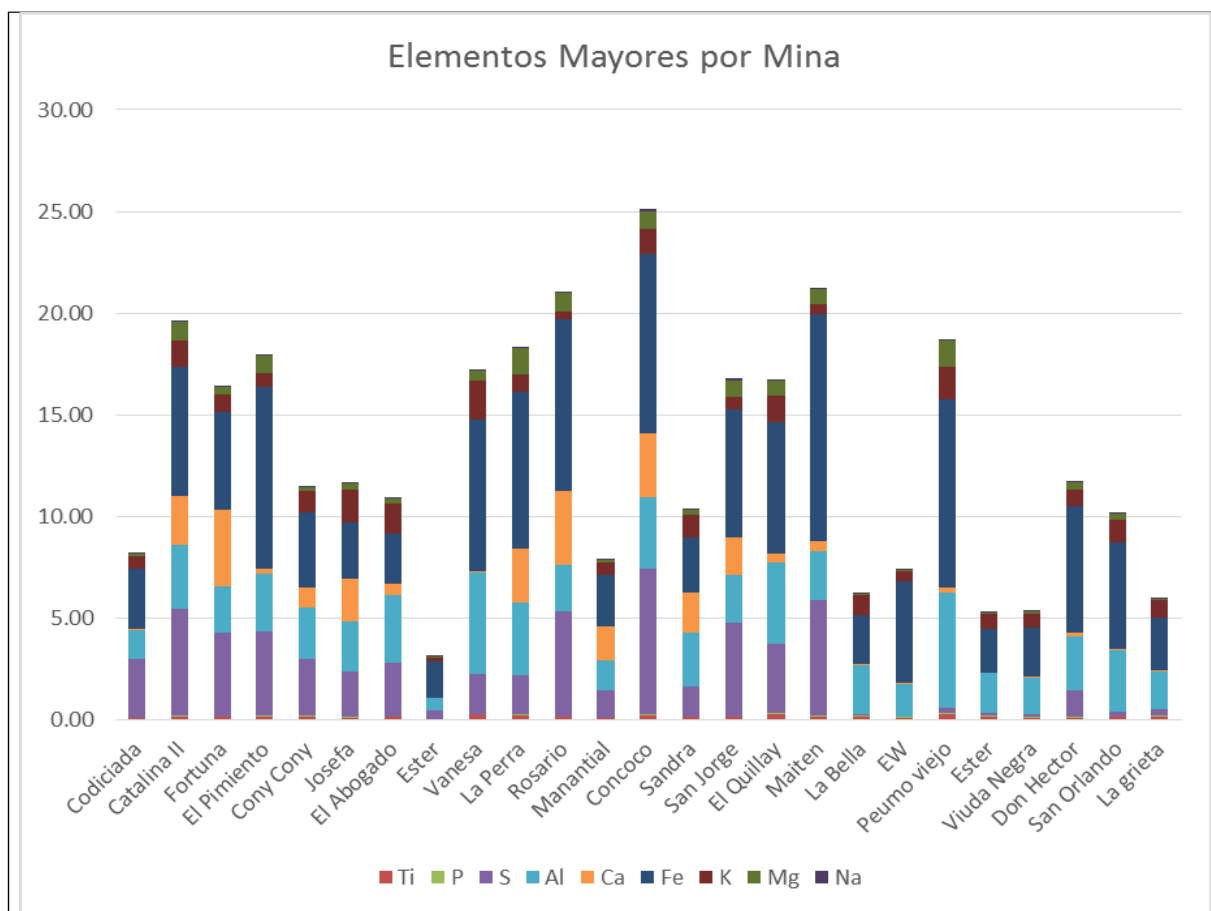


Figura 14: Gráfico de barras con elementos mayores por mina, Vallette, (2017), SERNAGEOMIN.

## 2.4 CARACTERISTICAS GEOLÓGICAS MINA LA PALMERA

A través de un análisis realizado por ENAMI y la UNAB (Flores, 2018) se determinaron las propiedades principales geológicas en la mina La Palmera ubicada en el distrito minero Chancón, la cual será utilizada para realizar el procedimiento del nuevo método de explotación en la pequeña minería del oro.

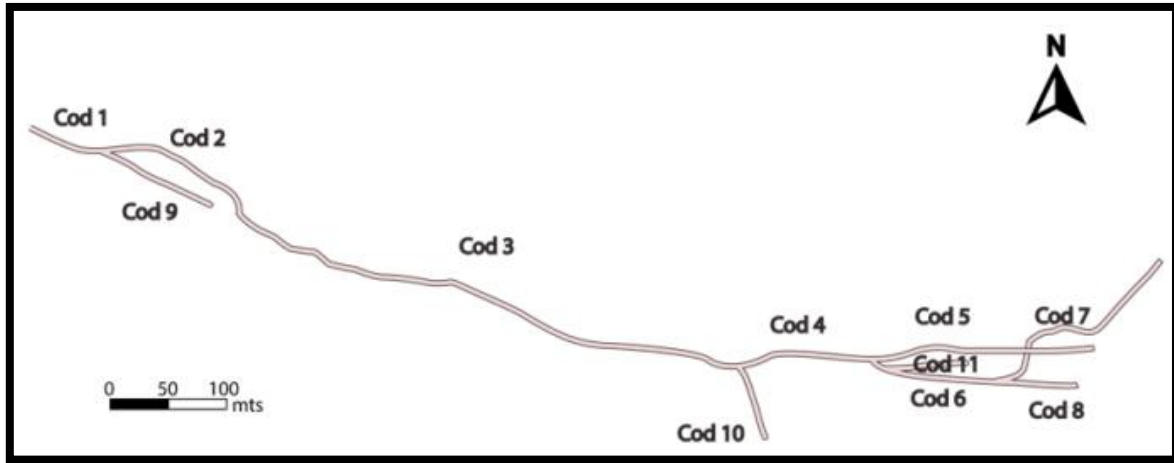


Figura 15: Mapa global mina La Palmera subdividida por códigos (Flores, 2018)

La mina La Palmera constituye una de las faenas subterráneas más representativas y activas del Distrito Chancón. Este distrito posee una extensa tradición minera que se remonta al periodo colonial, cuando los primeros trabajos mineros fueron impulsados por la demanda de metales preciosos, principalmente oro y plata, durante los siglos XVII y XVIII (Sánchez et al., 2010).

El acceso a la mina La Palmera se realiza desde la ciudad de Rancagua, siguiendo una ruta en dirección norte hacia la comuna de Graneros por aproximadamente 3 kilómetros. Desde el sector conocido como Punto Blanco, se toma un desvío hacia el oeste por un camino que conduce directamente al distrito minero de Chancón. Tras recorrer unos 28 kilómetros desde Rancagua, y en una ladera frente a la mina El Inglés, se alcanza finalmente el emplazamiento de la mina La Palmera.



Figura 16: Acceso principal Mina La Palmera

El auge de la minería en Chancón se consolidó a fines del siglo XIX e inicios del XX, gracias a un aumento en la explotación de cuerpos vetiformes ricos en sulfuros metálicos. En este contexto, la mina La Palmera emergió como una faena relevante, centrada en la explotación de la veta Anita, una estructura con mineralización significativa de cobre, oro y plata. Los primeros registros productivos de esta mina se sitúan en las primeras décadas del siglo XX, con labores artesanales que fueron progresivamente reemplazadas por métodos más sistemáticos de minería subterránea (Tobar, 2021).

Durante el siglo XX, la mina experimentó varias etapas de desarrollo discontinuo, con interrupciones debido a fluctuaciones en el precio de los metales, escasez de capital y dificultades técnicas asociadas a la geología estructural del yacimiento. Sin embargo, a partir de la década de 1990, con el repunte de los precios del cobre y el creciente interés por

pequeños y medianos yacimientos polimetálicos, se reactivó la actividad extractiva mediante labores mecanizadas y planificación geotécnica más detallada (Muñoz, 2017).

El mineral extraído en la mina La Palmera es comercializado como material ROM (*Run of Mine*), siendo enviado a distintas plantas de concentración según las leyes de cabeza obtenidas mensualmente. Este modelo de venta limita el control sobre la valorización del mineral, ya que los pagos están condicionados a las recuperaciones obtenidas por terceros. La ausencia de una planta de procesamiento propia restringe la posibilidad de capturar el valor agregado de los metales presentes (principalmente oro, plata, cobre y zinc) lo cual impacta negativamente en la rentabilidad potencial de la faena.

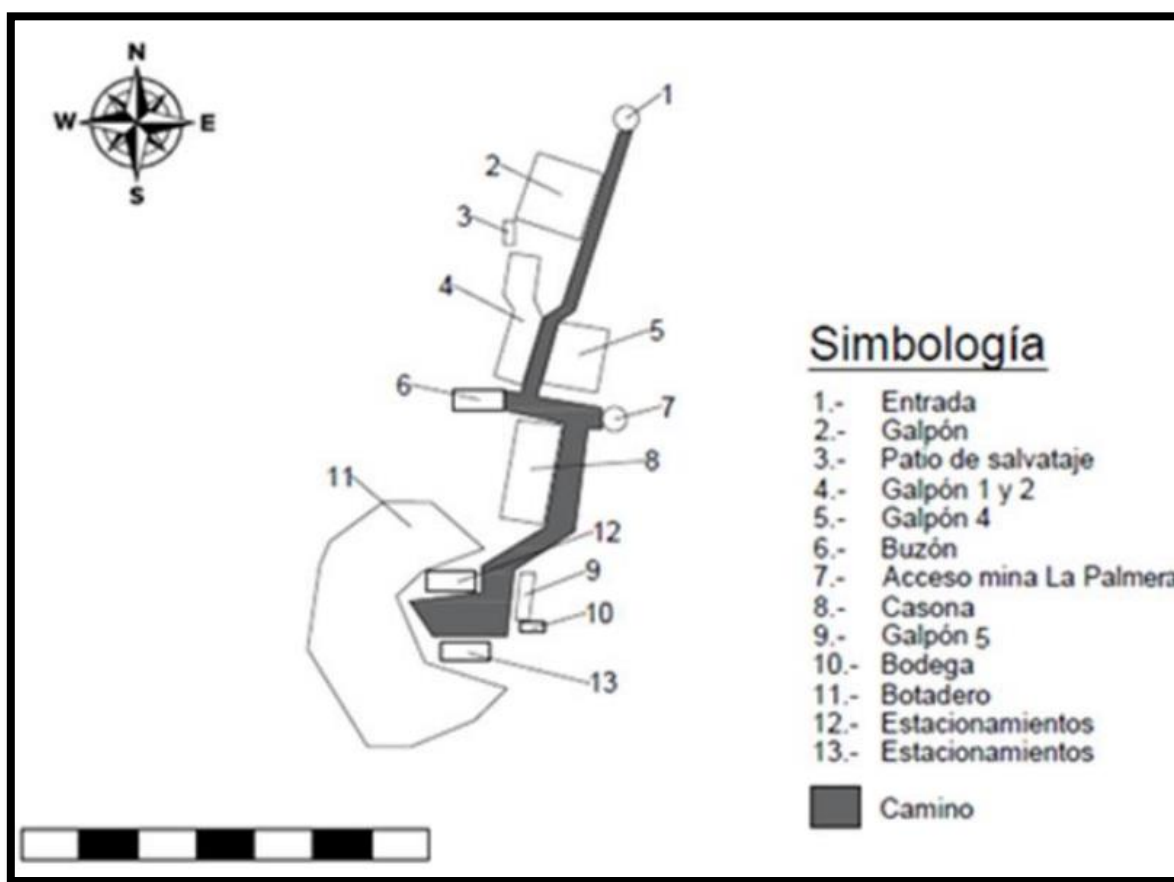


Figura 17: Layout de la mina La Palmera. Flores, (2018)

## 2.4.1 GEOLOGIA

La mina La Palmera, al encontrarse localizada en el distrito de Chancón, se desarrolla sobre una secuencia volcano-sedimentaria intruida por múltiples cuerpos subvolcánicos en forma

de diques de textura afanítica. En el interior del yacimiento se identifican algunos piques y labores subterráneas de menor escala; sin embargo, resalta una galería principal de aproximadamente 1500 metros de longitud, subdividida en varios niveles operativos. Esta estructura presenta múltiples zonas con evidencias de alteración hidrotermal y procesos de mineralización, principalmente en forma diseminada dentro de cuerpos andesíticos y/o concentradas en vetas estructurales.

#### 2.4.1.1 ALTERACION HIDROTHERMAL

La alteración hidrotermal es un proceso geológico asociado al flujo de fluidos calientes ricos en minerales, que modifican la mineralogía y composición química de las rocas anfitrionas. Este fenómeno ocurre típicamente en ambientes volcánicos o subvolcánicos, y está estrechamente relacionado con sistemas magmáticos y con la formación de depósitos minerales.

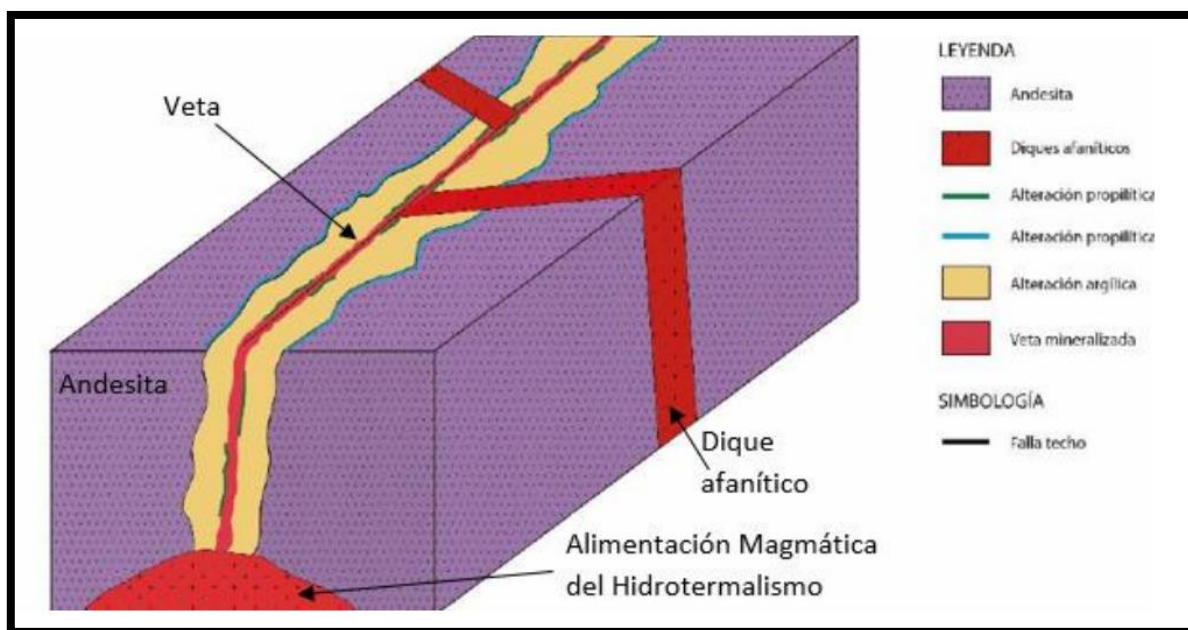


Figura 18: Caracterización esquemática de la morfología del depósito vetiforme de la mina La Palmera, modificado de Flores (2018)

Se determina que las rocas del distrito estuvieron expuestas a un entorno termodinámico caracterizado por valores de pH que varían entre neutro y ligeramente alcalino. Asimismo, las condiciones de presión y temperatura observadas corresponden a aquellos típicos de sistemas hidrotermales de tipo mesotermal y epitermal.

Dentro de la mina La Palmera se identifican 4 tipos de alteraciones hidrotermales:

➤ Alteración algelítica:

La zona de alteración presenta una mineralogía dominada por filosilicatos del grupo de las arcillas, los cuales muestran una gama cromática que incluye tonos blancos, amarillentos y pardos. Estos minerales se encuentran en asociación con zeolitas de hábito acicular, las cuales ocupan poros y fracturas abiertas, actuando como minerales de relleno. Dicha paragénesis mineralógica sugiere la presencia de minerales del tipo esmectita. Además, se ha identificado la presencia accesoria de cuarzo y pirita, lo que contribuye a la comprensión del ambiente geoquímico de formación.

La alteración se manifiesta de manera continua y uniforme a lo largo de toda la galería, afectando tanto la pared colgante como el muro (cajas), con variaciones en la intensidad que oscilan entre moderada y alta. Este patrón de alteración corresponde a un sistema hidrotermal de tipo epitermal, asociado a condiciones de baja temperatura (rango estimado entre 150 °C y 300 °C) y a un régimen de alta sulfurización, lo cual es consistente con ambientes geotérmicos someros o con sistemas minerales epitermales de alta sulfuración.

➤ Alteración sericitica (cuarzo-sericita):

Este tipo de alteración se manifiesta mediante una abundante presencia de sericita de tonalidad blanquecina, acompañada por cuarzo en proporciones significativas. Como minerales subordinados se identifican carbonatos, feldespato potásico y pirita, los cuales complementan la paragénesis principal.

La alteración se presenta con una coloración grisácea, evidenciando un reemplazo selectivo de feldespatos, en particular de plagioclasas. Su distribución espacial se relaciona con zonas de alteración argílica, aunque con una intensidad menor, catalogada como débil.

Este tipo de alteración corresponde a la cristalización de sericita, comúnmente referida como alteración filica. Sin embargo, en este caso específico, se ha preferido el término alteración cuarzo-sericita, debido a la ausencia de otras asociaciones mineralógicas características de la alteración filica clásica. Típicamente, esta alteración se asocia a estructuras tipo vetas o vetillas, lo cual sugiere una estrecha relación con la circulación de fluidos hidrotermales a lo largo de planos de debilidad estructural.

➤ Alteración propilítica:

La alteración propilítica se manifiesta predominantemente en las zonas marginales de las estructuras vetiformes del yacimiento, constituyendo una señal diagnóstica de los halos exteriores del sistema hidrotermal. Mineralógicamente, esta alteración se caracteriza por el desarrollo de asociaciones de clorita, epidota, calcita y ocasionalmente actinolita, generadas a partir de la interacción entre fluidos hidrotermales y las rocas volcánicas andesíticas que componen la litología hospedante de la veta Anita (Flores, 2018; Muñoz, 2017). Este tipo de alteración es coherente con condiciones de temperatura moderada (200–300 °C), pH neutro a ligeramente alcalino, y sistemas hidrotermales de tipo mesothermal.

Desde una perspectiva estructural y operacional, las zonas afectadas por alteración propilítica presentan una reducción en la competencia mecánica relativa a la roca fresca. Esto se traduce en una mayor susceptibilidad a fracturamiento secundario y pérdida de cohesión en los contactos litológicos, lo que impone consideraciones técnicas específicas en el diseño de sostenimientos en labores subterráneas (Tobar, 2021). A su vez, esta alteración actúa como un indicador indirecto de proximidad a zonas de mayor interés económico, facilitando la interpretación de la zonación hidrotermal en el yacimiento.

➤ Silicificación:

La silicificación corresponde a un proceso de alteración intensiva, reconocido en los núcleos estructurales de las vetas mineralizadas. En la mina La Palmera, este proceso se expresa mediante el reemplazo parcial o total de la matriz original por agregados microcristalinos de cuarzo, como resultado de la precipitación de sílice a partir de fluidos hidrotermales silíceos en etapas tardías del sistema (Flores, 2018). Las condiciones de formación asociadas a esta alteración responden a una disminución progresiva de temperatura, incremento en la acidez de los fluidos y un entorno de oxidación intermedia, característico de sistemas epitermales de baja a intermedia sulfuración (Muñoz, 2017; Portigliatti, 2005).

La silicificación posee implicancias tanto geológicas como geotécnicas. Por una parte, se asocia a enriquecimientos significativos en elementos metálicos como oro, plata y cobre, al estar espacialmente vinculada a las zonas de mayor concentración mineral. Por otra parte, modifica las propiedades físico-mecánicas del macizo rocoso, generando unidades de alta

rigidez, pero con comportamiento frágil ante esfuerzos concentrados. Esta heterogeneidad mecánica puede generar zonas críticas de concentración de tensiones, especialmente en contactos con sectores propiéticamente alterados, lo cual demanda una caracterización detallada para la planificación segura de labores (Di Lorenzo, 2018; Tobar, 2021).

#### 2.4.1.2. LITOLOGÍAS

La mina La Palmera se emplaza en un contexto geológico dominado por unidades volcánicas mesozoicas, propias del borde oriental de la Cordillera de la Costa, específicamente dentro del dominio estructural del distrito minero de Chancón. En este entorno, las principales unidades litológicas corresponden a rocas volcánicas de composición andesítica, depósitos volcanoclásticos y cuerpos subvolcánicos de carácter intrusivo. Estas unidades han sido sometidas a procesos hidrotermales que han modificado sustancialmente su mineralogía y textura, favoreciendo la formación de estructuras mineralizadas de tipo vetiforme.

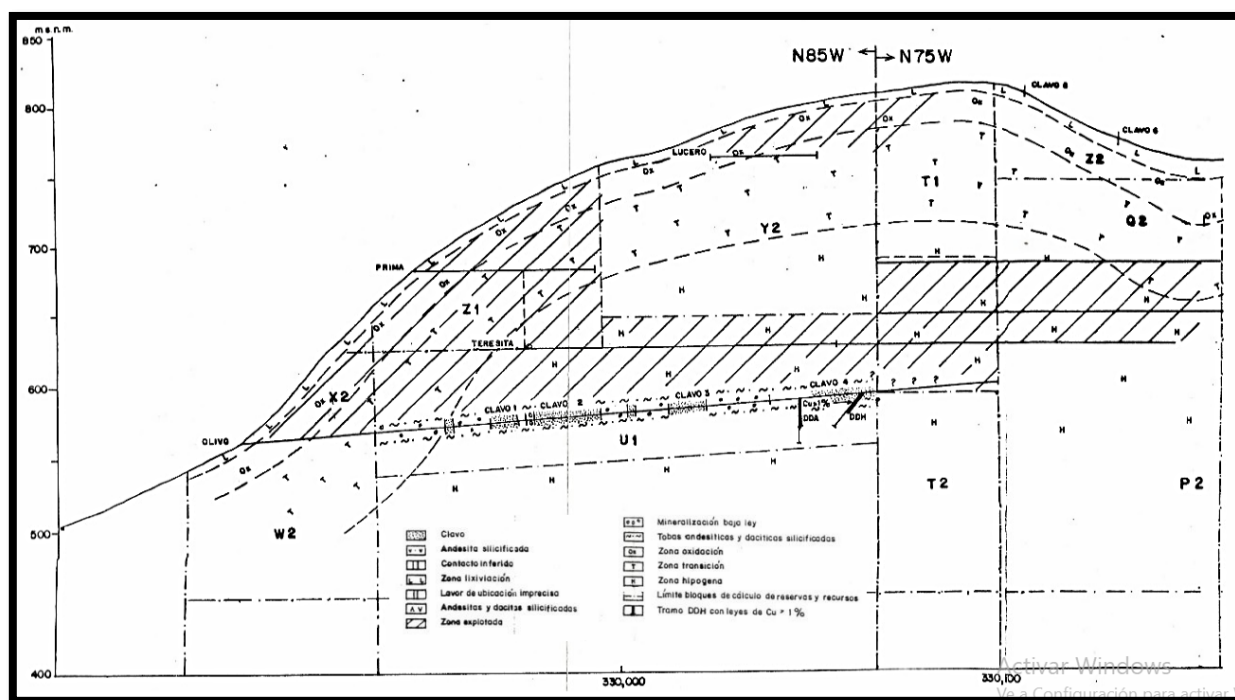


Figura 19: Perfil de litología de alteración mina La Palmera, Portigliatti, (2005)

##### a) Andesitas (Formación Lo Ovalle)

Constituyen la litología hospedante principal de la veta Anita, unidad mineralizada de mayor relevancia económica en la mina. Estas andesitas presentan una textura porfírica a afanítica

y están compuestas principalmente por plagioclasa, piroxeno y minerales opacos. Han sido afectadas por múltiples eventos de alteración hidrotermal, manifestándose en el desarrollo de mineralogía secundaria como sericita, clorita, epidota y carbonatos. Su grado de alteración varía desde facies propilíticas marginales hasta zonas intensamente silicificadas en sectores de mayor concentración mineral (Flores, 2018).

#### **b) Rocas volcanoclásticas**

Representadas por tobas y brechas volcánicas de grano fino a medio, estas unidades aparecen intercaladas con las andesitas y han actuado como medios porosos que facilitaron la circulación de fluidos mineralizantes. Su composición refleja una mezcla de fragmentos líticos volcánicos, matriz vitroclástica y clastos angulosos, con grados de compactación variables. En zonas próximas a las vetas, estas rocas presentan alteración argílica y sericítica moderada.

#### **c) Diques subvolcánicos**

Se reconocen diques de composición diorítica y riolítica, con texturas afaníticas a microgranulares. Estos cuerpos intruyen a las unidades andesíticas y volcanoclásticas, generando zonas de contacto térmico y fracturamiento que actuaron como conductos estructurales para fluidos hidrotermales. La presencia de vetillas de cuarzo-pirita y alteración sericítica intensa en los bordes de estos diques refuerza su rol en el control estructural de la mineralización (Muñoz, 2017; Portigliatti, 2005).

#### **d) Material vetiforme de cuarzo**

Las vetas mineralizadas están compuestas mayoritariamente por cuarzo de hábito masivo o bandeado, acompañado por sulfuros como calcopirita, pirita, galena y bornita, además de minerales de ganga como calcita y sericita. Estas vetas rellenan fracturas de orientación preferente NNO–SSE y presentan espesores variables entre 0,2 y 1,5 metros. La paragénesis mineral sugiere condiciones de formación compatibles con sistemas epitermales de baja a intermedia sulfuración (Flores, 2018; Tobar, 2021).

## **2.4.2 ESTRUCTURAS GEOLÓGICAS**

La mina La Palmera se emplaza en un contexto estructural complejo caracterizado por la presencia de múltiples sistemas de fracturas, fallas y diaclasas, los cuales controlan de manera directa el emplazamiento de las vetas mineralizadas.

### **a) Sistemas de fracturas y control estructural de vetas**

La red estructural dominante se manifiesta mediante sistemas de fracturas con rumbos preferentes N50°E–S50°W y E–W, y buzamientos que varían entre 45° y 80° hacia el norte y noreste. Estas fracturas han actuado como conductos principales para la circulación de soluciones hidrotermales, permitiendo la precipitación de minerales metálicos y de ganga a lo largo de planos de debilidad preexistentes. La disposición de estas estructuras ha determinado la geometría vetiforme del yacimiento, en particular de la veta Anita, cuerpo mineralizado de orientación E–W, en el cual se concentra la mayor parte de la explotación (Flores, 2018).

Sectores donde convergen estructuras principales y secundarias, especialmente en orientaciones cruzadas (e.g., intersecciones entre fracturas NE–SW y E–W), presentan mayor espesor vetiforme y elevadas leyes de mineralización. En estos puntos, denominados clavos estructurales, se han reportado leyes de oro que superan los 10 g/t, acompañadas por enriquecimiento en sulfuros metálicos como pirita, calcopirita, galena y esfalerita (Tobar, 2021).

### **b) Fallas locales y zonas de cizalla**

A lo largo de las labores subterráneas se han identificado fallas de pequeño y mediano desplazamiento, con desarrollo de zonas de cataclasis, brechas tectónicas y salbandas arcillosas. Estas estructuras no solo interrumpen la continuidad de las vetas, sino que también introducen variaciones litológicas y mineralógicas locales, afectando tanto la estabilidad del macizo rocoso como la interpretación geológica de los sectores mineralizados (Muñoz, 2017). Algunas fallas presentan evidencias de reactivación post-mineral, con desplazamientos de pocos centímetros a metros, dificultando la proyección continua de vetas entre niveles de explotación.

En zonas de falla se observa la sustitución parcial del cuarzo vetiforme por materiales arcillosos y carbonáticos, así como el desarrollo de zonas intensamente alteradas con pérdida de cohesión mecánica, lo cual ha requerido el uso de sistemas de fortificación adicionales en sectores inestables (Tobar, 2021).

#### **c) Diaclasamiento y permeabilidad secundaria**

El macizo rocoso en el que se emplaza el yacimiento presenta un elevado grado de diaclasamiento, con predominancia de familias de diaclasas de orientación subvertical, organizadas en direcciones NE–SW y NW–SE. Estas estructuras secundarias actúan como planos de debilidad que, aunque no siempre mineralizados, favorecen la permeabilidad del sistema y la difusión lateral de alteraciones hidrotermales marginales, especialmente aquellas de tipo propilítico y sericítico (Flores, 2018).

Desde una perspectiva geomecánica, el sistema de diaclasas define bloques prismáticos y angulosos que tienden a desestabilizarse en sectores sin sostenimiento, generando problemas operativos en labores horizontales y verticales. Este comportamiento es especialmente marcado en zonas de contacto entre unidades litológicas de distinta competencia o en áreas con presencia de arcillas expansivas producto de la alteración hidrotermal (Muñoz, 2017).

#### **d) Estructuras asociadas a clavos mineralizados**

Los clavos estructurales constituyen zonas de concentración mineral originadas en intersecciones de estructuras mayores, donde se generan condiciones favorables para la sobresaturación de soluciones y posterior precipitación de minerales. En la mina La Palmera, la geometría irregular y ramificada de algunos clavos, con configuraciones en “Y” o en “abanico”, ha sido interpretada como evidencia de una evolución multiepisódica del sistema hidrotermal.

Estos sectores concentran las mejores leyes de mineral y han sido priorizados para el desarrollo de nuevas labores de exploración y explotación. Además, en estos puntos se ha documentado una mayor complejidad textural, con presencia de cuarzo bandeado, vetillas subordinadas, brechas hidrotermales y reemplazos pseudomórficos de minerales metálicos por sulfuros secundarios y óxidos.

|                                          |                                |                                           | Alteración supérgena |             |                |              |
|------------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------|----------------------|-------------|----------------|--------------|
|                                          |                                |                                           | Lixiviado (L)        | Oxidado (O) | Transición (T) | Hipógeno (H) |
| Alteración hidrotermal y procesos ígneos | Andesita/Tobas andesíticas (A) | Silicificada (A1)                         | A1-L                 | A1-O        | A1-T           | A1-H         |
|                                          |                                | Argilica/Sericítica Y Silicificación (A2) | A2-L                 | A2-O        | A2-T           | A2-H         |
|                                          |                                | Propilitica Silicificación (A3)           | A3-L                 | A3-O        | A3-T           | A3-H         |
|                                          | Veta (B)                       | Argilica/sericítica y Silicificación      | B-L                  | B-O         | B-T            | B-H          |
|                                          | Brecha hidrotermal (C)         | Argilica/propilitica/sericítica           | C-L                  | C-O         | C-T            | C-H          |

Figura 20: Resumen de unidades geológicas propuestas en el área de estudio de la mina La Palmera, Molina, (2020)

### 2.4.3 TIPOS DE YACIMIENTOS

El modelo metalogenético de la mina La Palmera corresponde a un sistema hidrotermal de tipo vetiforme, emplazado en un entorno volcánico-subvolcánico jurásico del borde oriental de la Cordillera de la Costa. La caracterización de los cuerpos mineralizados, en cuanto a su morfología, paragénesis mineral y asociación estructural, permite clasificar al yacimiento dentro de los sistemas epitermales de baja a intermedia sulfuración, con desarrollo de mineralización multimetálica (Cu-Pb-Zn-Ag-Au) y predominancia de relleno de vetas en zonas de fracturamiento tectónico intenso.

#### a) Yacimiento vetiforme de tipo epitermal

La mineralización de La Palmera se presenta principalmente en forma de vetas de cuarzo, con espesores que varían entre 0,3 m y 1,5 m, desarrolladas a lo largo de planos de fractura orientados en sentido E–W y N50°E, con buzamientos hacia el norte y noreste. Estas vetas están asociadas a fases de relleno hidrotermal en condiciones de baja temperatura (150–250 °C), características de los sistemas epitermales, y se componen de cuarzo, pirita, calcopirita, galena, esfalerita y carbonatos (Flores, 2018; Muñoz, 2017).

El estilo vetiforme indica una fuerte influencia estructural en el emplazamiento del mineral, donde los fluidos ascendieron a través de fracturas abiertas o reactivadas, precipitando los

minerales conforme cambiaban las condiciones físico-químicas del sistema (pH, temperatura, presión). Esta génesis se ve reforzada por la presencia de estructuras tipo clavo y la coexistencia de fases de brechamiento hidrotermal con zonación metalogénica interna.

### b) Mineralización secundaria de tipo supergénico

Además de la mineralización primaria en vetas, se han reconocido procesos de enriquecimiento supergénico en niveles cercanos a la superficie, donde los sulfuros metálicos han sido parcial o totalmente reemplazados por minerales oxidados como malaquita, crisocola, hematita, limonita y atacamita. Este fenómeno ocurre principalmente en sectores con mayor exposición a procesos meteóricos, controlados por la morfología topográfica del sector y por la porosidad secundaria del macizo rocoso (Portigliatti, 2005;).

Este tipo de mineralización secundaria, si bien es discontinua y de menor espesor que los cuerpos vetiformes principales, ha sido históricamente explotada mediante faenas artesanales de pequeña escala, debido a su facilidad de extracción y enriquecimiento superficial en cobre y oro.

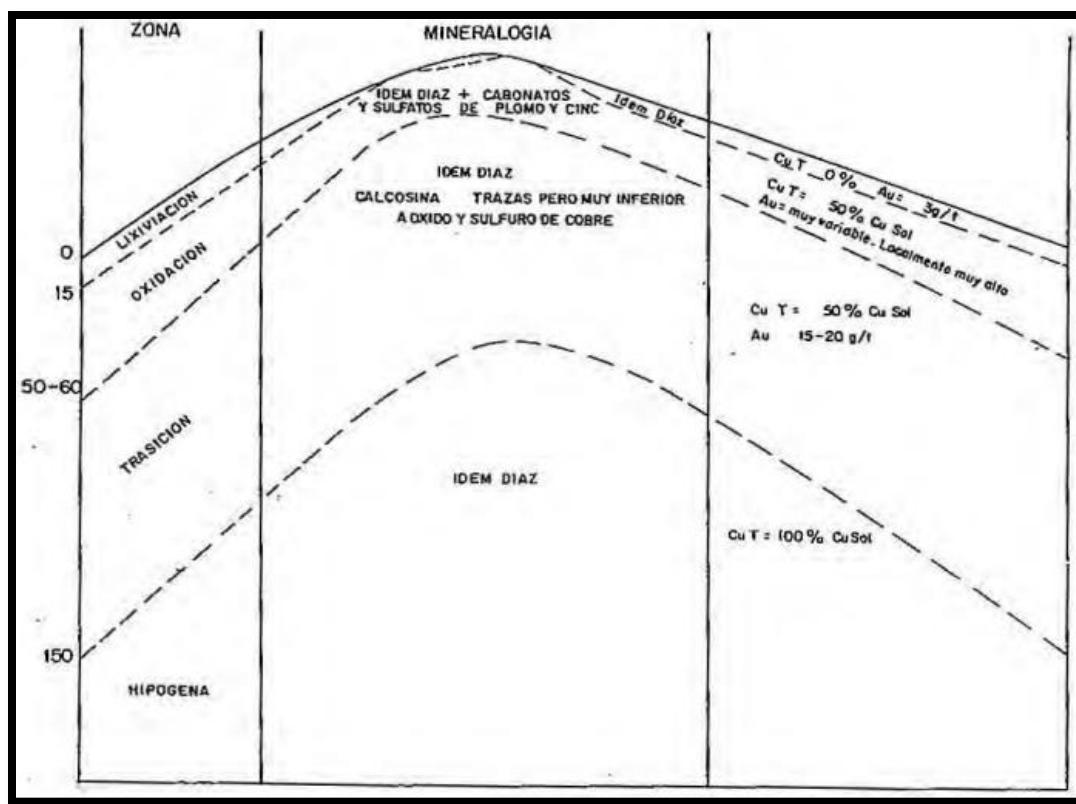


Figura 21: Esquema zonación supergénica de las vetas en distrito Chancón, Portigliatti, (2005)

### **c) Potencial asociado a vetillas y brechas hidrotermales**

En sectores periféricos al sistema principal, se ha reportado la existencia de zonas de vetilleo denso con relleno de cuarzo y carbonatos, muchas veces sin mineralización económica significativa, pero indicativas de paleoflujo hidrotermal y posibles halos de alteración externa. Asimismo, se han descrito cuerpos de brechas hidrotermales con matriz silícea y fragmentos angulosos de andesita y diorita, en algunos casos con contenido diseminado de sulfuros (Tobar, 2021).

## **2.4.4 MINERALOGÍA**

Este yacimiento se inscribe dentro de los depósitos epitermales de baja a intermedia sulfuración, alojado principalmente en andesitas del Jurásico. La comprensión de la mineralogía permite inferir las condiciones fisicoquímicas de formación, los eventos de alteración hidrotermal y los procesos de superposición mineral que configuran actualmente el cuerpo mineralizado.

### **a) Minerales metálicos**

La mineralización primaria está dominada por sulfuros metálicos, entre los que destacan la pirita ( $\text{FeS}_2$ ), calcopirita ( $\text{CuFeS}_2$ ), esfalerita ( $\text{ZnS}$ ), galena ( $\text{PbS}$ ) y, en menor proporción, bornita ( $\text{Cu}_5\text{FeS}_4$ ). El oro se presenta en forma nativa, principalmente en inclusiones microscópicas dentro de cuarzo o asociado a sulfuros subordinados. Estos minerales se disponen en estructuras vetiformes con geometría controlada por fracturamiento tectónico y reactivación de estructuras preexistentes, presentando texturas bandeadas, masivas, coloidales y de relleno abierto (Flores, 2018).

### **b) Minerales secundarios y productos de oxidación**

En las zonas superiores del yacimiento se observa una clara zonación supergénica, evidenciada por el desarrollo de minerales de oxidación derivados de la alteración de sulfuros primarios. Entre los minerales secundarios identificados se encuentran la malaquita, crisocola, limonita, goethita y hematita, producto de la acción de soluciones meteóricas ácidas. Estos minerales se distribuyen en la zona de enriquecimiento residual, donde los

procesos de lixiviación y reprecipitación han modificado la composición original de las vetas (Portigliatti, 2005; Tobar, 2021).

### **c) Minerales de ganga**

La ganga está conformada predominantemente por cuarzo, el cual se presenta en múltiples generaciones, evidenciado por la presencia de texturas sacaroidales, bandeadas y masivas. Este mineral constituye el principal agente de relleno de las vetas. Junto al cuarzo, se han identificado fases de alteración tales como calcita, clorita, caolinita e illita, todas ellas relacionadas con eventos hidrotermales asociados a zonas de alteración propilítica y argílica (White & Hedenquist, 1995; Corbett & Leach, 1998).

### **d) Paragénesis y evolución hidrotermal**

La paragénesis observada permite distinguir al menos tres etapas principales de evolución mineral:

- **Etapla temprana:** caracterizada por la precipitación de cuarzo masivo y piritita diseminada, en condiciones de alta temperatura y baja sulfuración.
- **Etapla intermedia:** se registra la cristalización de sulfuros metálicos económicamente relevantes (calcopiritita, esfalerita, galena), con coexistencia de cuarzo recristalizado y eventos subordinados de mineralización aurífera.
- **Etapla tardía:** dominada por procesos de oxidación supergénica, con formación de carbonatos secundarios, óxidos de hierro y silicificación tardía en zonas marginales (Muñoz, 2017; Sillitoe, 1993).

Esta secuencia es consistente con modelos clásicos de depósitos epitermales emplazados a profundidades someras (<1.5 km), bajo condiciones de temperatura intermedia (<300 °C), y con marcado control estructural sobre la circulación de fluidos (White & Hedenquist, 1995).

## **2.4.5 MINERALIZACION**

La caracterización geológica de la mina La Palmera permite interpretar su sistema mineralizante como un depósito epitermal vetiforme emplazado en un entorno volcánico-subvolcánico jurásico. Este sistema muestra evidencias de múltiples eventos hidrotermales

bajo un control estructural significativo, que han generado distintos estilos de mineralización, los cuales se agrupan en tres modelos principales: epitermal de baja sulfuración, epitermal de intermedia sulfuración, y mineralización supergénica secundaria.

#### a) Modelo Epitermal de Baja Sulfuración (LS)

Este modelo es característico de sistemas formados a temperaturas entre 150 °C y 250 °C, a baja presión y asociados a fluidos hidrotermales con predominancia de agua meteórica y pH neutro a alcalino. En la mina La Palmera, la mineralización se manifiesta en vetas de cuarzo que rellenan estructuras orientadas E–W y N50°E, con buzamientos hacia el norte y noreste, y espesores que oscilan entre 0,3 m y 1,5 m (Flores, 2018; Muñoz, 2017). Los minerales principales son cuarzo, adularia, pirita, galena, esfalerita, calcopirita y carbonatos.

Las vetas presentan texturas bandeadas, crustiformes y localmente brechadas, asociadas a eventos de reactivación tectónica y circulación prolongada de fluidos. Estas características son concordantes con lo descrito por White y Hedenquist (1995) y Corbett y Leach (1998) para depósitos epitermales de baja sulfuración.

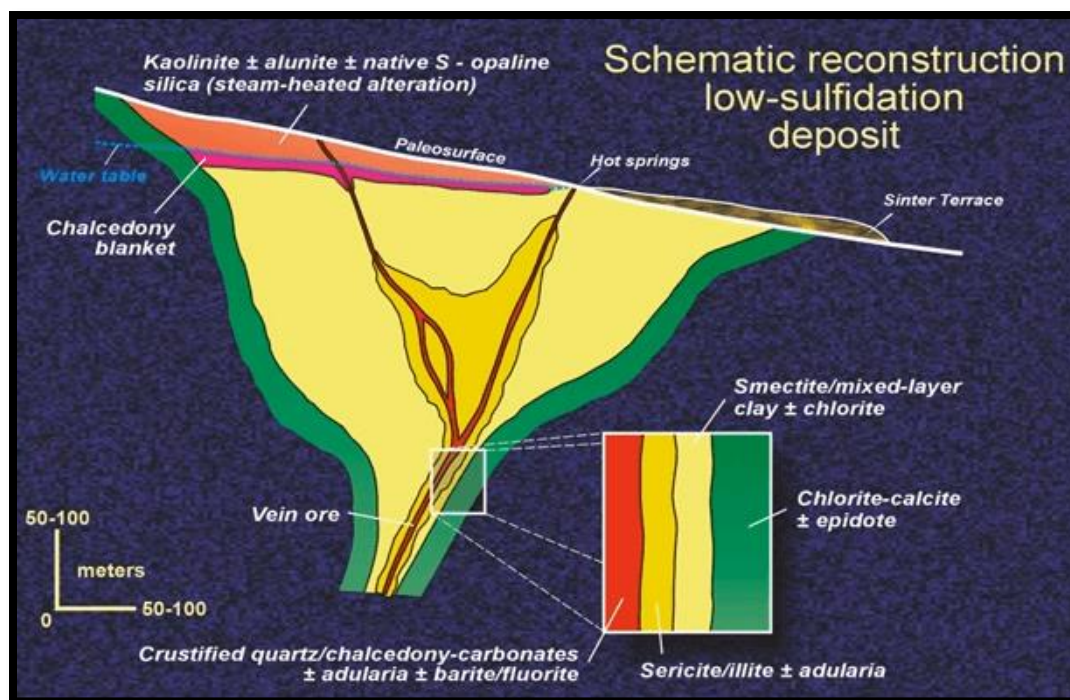


Figura 22: Modelo Epitermal LS-S (zonación), (Hedenquist et al., 2000)

#### b) Modelo Epitermal de Intermedia Sulfuración (IS)

En sectores con mayor contenido de sulfuros metálicos complejos, como galena, esfalerita y tetraedrita-tennantita, la paragénesis sugiere una transición hacia un régimen de intermedia sulfuración. Este modelo es típicamente asociado a fluidos de mayor influencia magmática y condiciones de pH ligeramente ácido (Sillitoe, 1993).

La mina presenta cuerpos de brechas hidrotermales con matriz silícea y fragmentos angulosos de rocas volcánicas, que contienen mineralización diseminada de sulfuros. Estos cuerpos, junto a zonas de vetilleo denso, representan paleoconductos hidrotermales desarrollados en torno al sistema principal (Tobar, 2021). Este estilo de mineralización indica una evolución geotérmica compleja y un sistema polifásico, de acuerdo con lo señalado por Simmons et al. (2005).

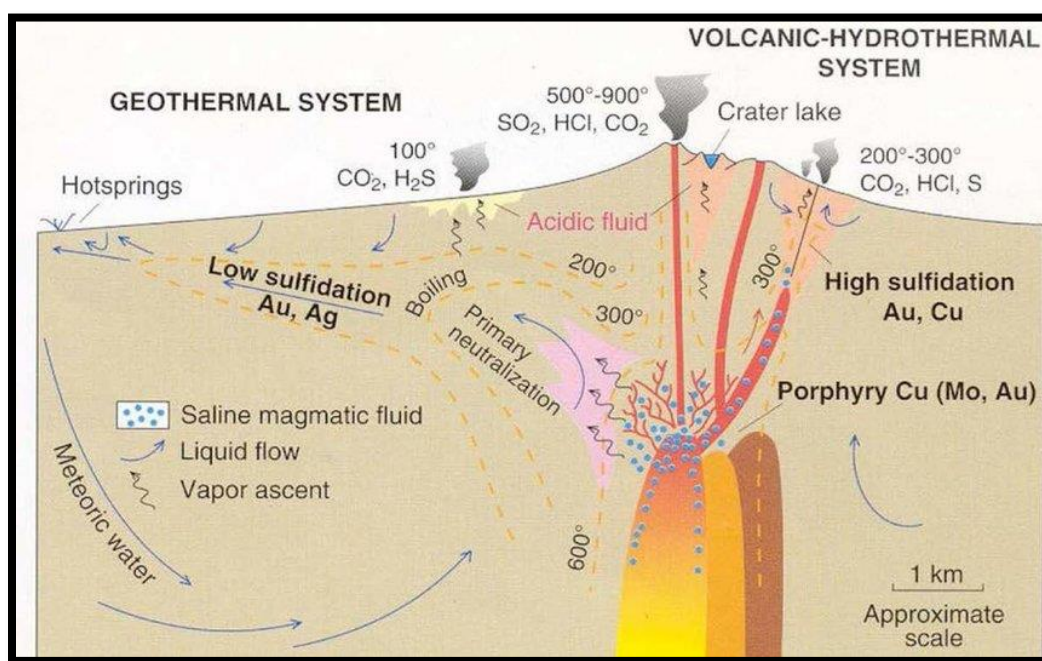


Figura 23: Modelo esquemático de depósitos epitermales de intermedia sulfuración en contexto volcánico-hidrotermal (adaptado de Hedenquist & Lowenstern, 1994)

### c) Modelo Supergénico de Enriquecimiento Secundario

En niveles cercanos a la superficie, se han reconocido procesos de oxidación y enriquecimiento supergénico, que afectan las zonas superiores de las vetas primarias. Estos procesos han generado la formación de minerales oxidados como malaquita, crisocola, hematita, limonita y atacamita, derivados de la alteración de sulfuros en ambientes meteóricos (Portigliatti, 2005)

Este tipo de mineralización, si bien es de menor volumen y continuidad, ha sido objeto de explotación artesanal debido a su enriquecimiento superficial en cobre y oro, y su fácil acceso. El control litológico y topográfico ha influido significativamente en la distribución de estas zonas oxidadas, coherente con los modelos propuestos por Guilbert y Park (2007) para ambientes supergénicos.

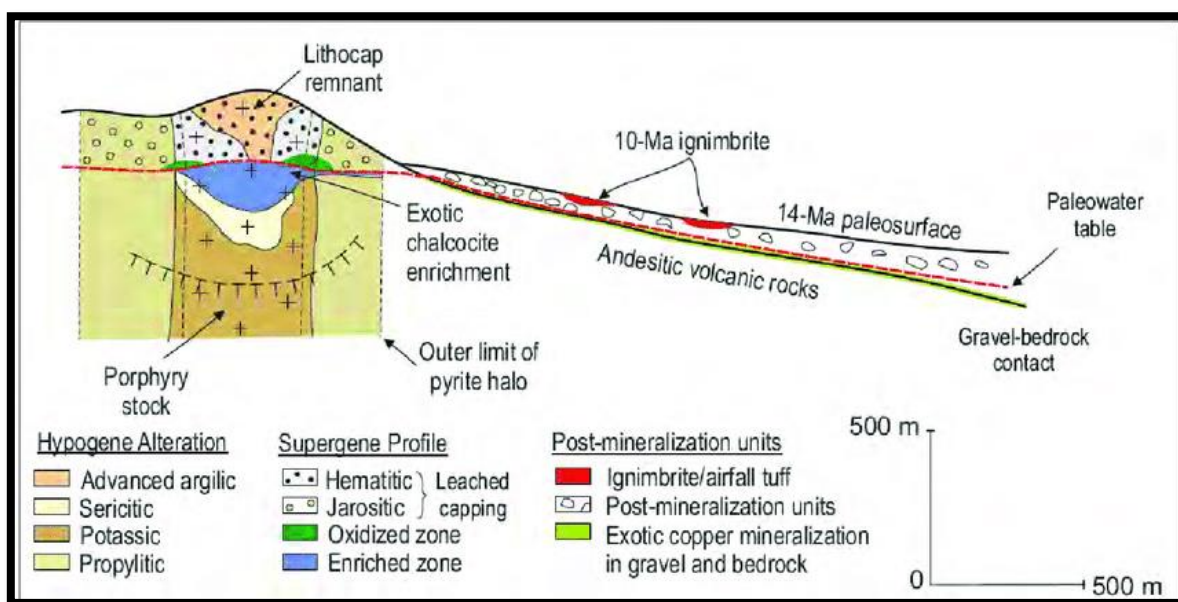


Figura 24: Perfil supergénico mostrando precipitación de cobre secundario (covellita, calcocita) bajo la tabla freática. Adaptado de Sillitoe (2005)

#### d) Modelo según zonas y su mineralogía

Según los modelamientos explicados en Portigliatti, (2005), la mineralogía en el distrito, en especial donde se ubica la mina La Palmera, la mineralogía se representa mediante la Fig 25, donde se reconocen tres ambientes principales: una zona oxidada cercana a superficie (0–50 m) caracterizada por cuarzo oqueroso, hematita, limonita, carbonatos y sulfatos de cobre con oro nativo relativamente libre (7–14 g/t Au, 0,7 % Cu), seguida por una zona de transición (50–150 m) donde se observa cuarzo abundante, hematitas, óxidos de cobre, sulfuros primarios parcialmente enriquecidos en calcosina y covelina con oro nativo asociado a plata, y finalmente una zona primaria (>150 m) dominada por cuarzo con aumento de calcita, sulfuros masivos (pirita, galena, esfalerita, calcopirita), trazas de molibdenita, magnetita y yeso, con leyes de ~1 % Cu y 4 g/t Au.

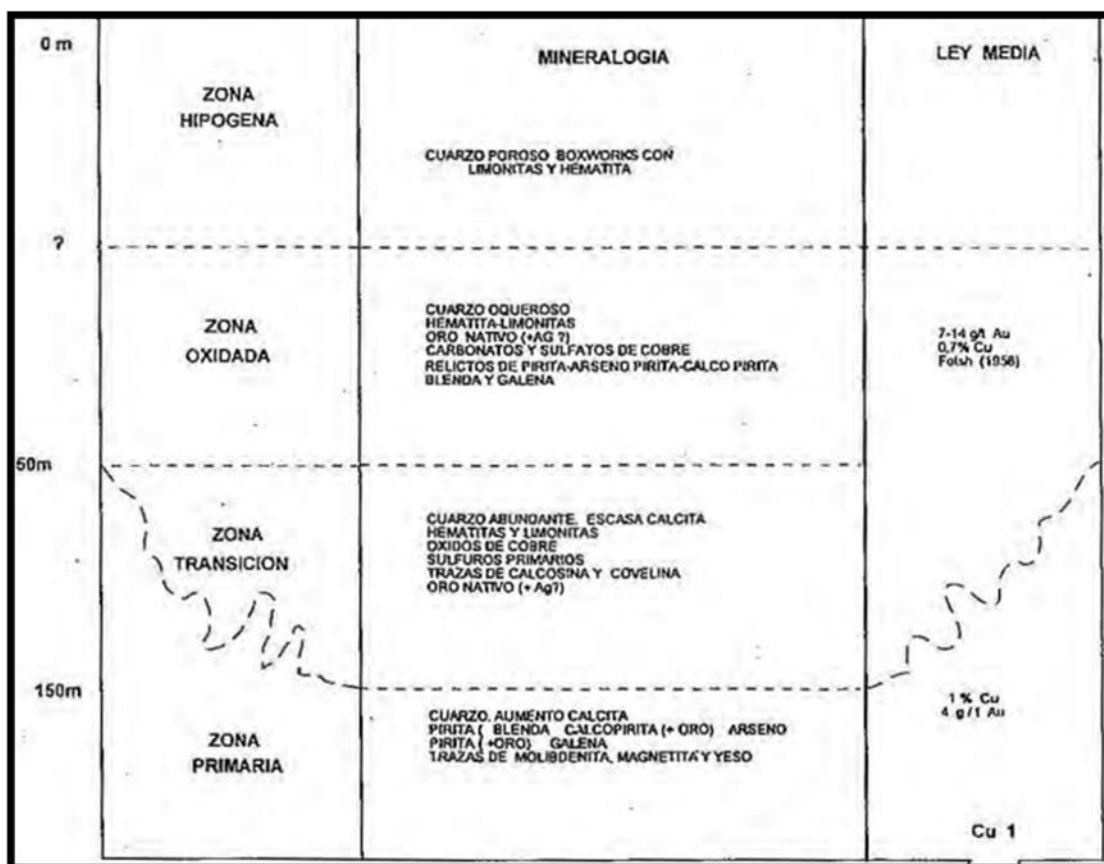


Figura 25: Zonación mineralógica vertical típico de depósitos vetiformes epitermales polimetálicos, Portigliatti, (2005)

## 2.5 ESTABILIDAD GEOMECÁNICA DE LA MINA LA PALMERA

La evaluación de la estabilidad geomecánica de la mina La Palmera resulta esencial para garantizar la seguridad operativa en labores subterráneas. Esta evaluación considera diversos factores mecánicos y estructurales que caracterizan al macizo rocoso, entre ellos la resistencia a la compresión simple (UCS), la geometría de los pilares (ancho y altura), el radio hidráulico, el factor de seguridad, y los índices empíricos RQD, RMR, Q de Barton y N de Matthews.

### 1) Resistencia a la Compresión Simple (UCS)

La resistencia a la compresión simple (UCS) representa la máxima tensión axial que una muestra de roca puede soportar bajo carga uniaxial antes de fracturarse. Es uno de los principales indicadores de la competencia del macizo rocoso, expresado en megapascuales (MPa). Los valores para la mina La Palmera, obtenidos de ensayos sobre núcleos de sondaje,

se encuentran en el rango de 60 a 75 MPa, lo que indica una roca de resistencia moderada a alta (Flores, 2018; Tobar, 2021).

## **2) Geometría y Radio Hidráulico de los Pilares**

Los pilares son estructuras remanentes de roca que soportan el techo en excavaciones subterráneas. Su estabilidad depende de la proporción entre su ancho (w) y su altura (h), lo que se resume en el radio hidráulico (HR), el cual se calcula como:

$$HR = \frac{A}{P} = \frac{(w * h)}{2(w + h)}$$

donde:

- A: área transversal del pilar,
- P: perímetro expuesto al vacío,
- w y h: ancho y altura del pilar, respectivamente.

## **3) Factor de Seguridad (FS)**

El factor de seguridad (FS) se define como la relación entre la resistencia del pilar y la tensión aplicada. Se expresa como:

$$FS = \frac{\sigma_u}{\sigma_a}$$

donde:

- $\sigma_u$ : resistencia del material (UCS),
- $\sigma_a$ : esfuerzo inducido por la carga de techo.

En condiciones de roca competente, se recomienda que  $FS \geq 1.3$  para mantener condiciones seguras (Brady & Brown, 2007). En la mina La Palmera, valores estimados de FS entre 1.4 y 2.0 sugieren condiciones estructuralmente aceptables.

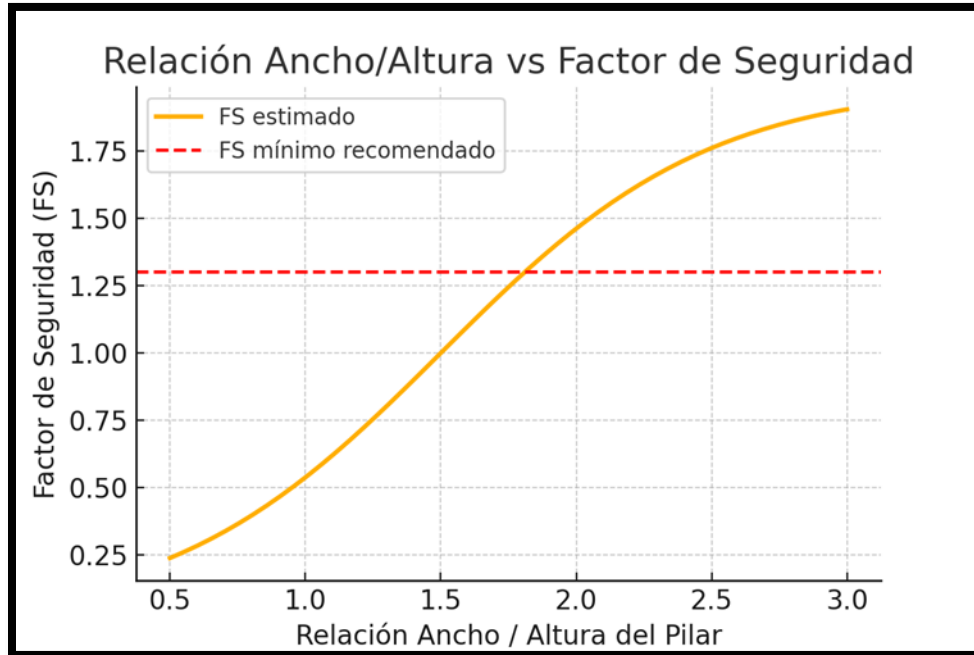


Figura 26: Gráfico de relación Ancho/Altura vs. Factor de Seguridad.

#### 4) RQD (Rock Quality Designation)

El RQD es un parámetro empírico que evalúa la calidad de la roca a partir de testigos de sondaje. Se calcula como:

$$RQD = \left( \frac{\sum \text{longitud de fragmentos} > 10 \text{ cm}}{\text{longitud total recuperada}} \right) * 100$$

Un RQD mayor a 75 % representa una roca de buena calidad, mientras que valores por debajo de 50 % indican fracturamiento significativo. En La Palmera se han registrado valores entre 55 y 80 %, denotando heterogeneidad estructural en el macizo (NGI, 2015).

#### 5) RMR (Rock Mass Rating)

El RMR es un sistema de clasificación del macizo rocoso el cual se desarrolló en el año 1973 por Z.T. Bieniawski, donde se usaron los datos experimentales en base a más de 300 casos reales de túneles, cavernas, taludes y cimentaciones para poder determinar este sistema el cual se ha ido actualizando mediante el tiempo. Este sistema ocupa la puntuación entre 6 parámetros donde su suma total oscila entre 0 a 100, 0 siendo el valor de menor calidad de

roca y 100 el mayor, esta suma total corresponde al valor del RMR y se distinguen 5 clases de acuerdo con este valor.

Los parámetros para determinar el RMR son:

1. La resistencia a compresión simple del material
2. El RQD (Rock Quality Designation)
3. El espaciamiento de las discontinuidades
4. El estado de las discontinuidades
5. La presencia de agua
6. La orientación de las discontinuidades

Y las clases según el valor de la suma de los valores dando el RMR:

- CLASE I:  $RMR > 80$ , Roca muy buena
- CLASE II:  $80 > RMR > 60$ , Roca buena
- CLASE III:  $60 > RMR > 40$ , Roca media
- CLASE IV:  $40 > RMR > 20$ , Roca mala
- CLASE V:  $RMR < 20$ , Roca muy mala

En la mina según los resultados experimentales realizados en Flores, (2018), la roca en un 73% está entre *buena a muy buena* y el 26% restante corresponde a un valor de *regular*.

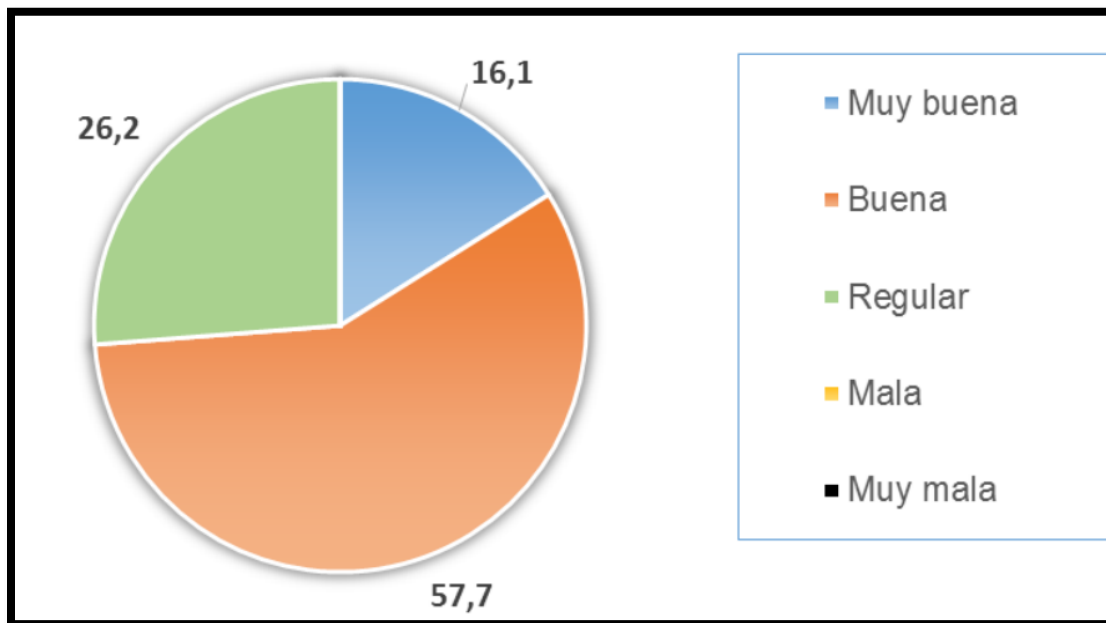


Figura 27: Gráfico con la cantidad de tramos en porcentajes según la categorización obtenida para el RMR global de la mina. Flores, (2018)

## 6) Q de Barton

El índice Q desarrollado por Barton et al. (1974) permite caracterizar túneles y galerías considerando parámetros estructurales y mecánicos. Su fórmula es:

$$Q = \left( \frac{RQD}{J_n} \right) * \left( \frac{J_r}{J_a} \right) * \left( \frac{J_w}{SRF} \right)$$

donde:

- $J_n$  : número de familias de discontinuidades,
- $J_r$ : rugosidad de las juntas,
- $J_a$ : alteración de las juntas,
- $J_w$ : influencia del agua,
- SRF: factor de tensión o condición de carga.

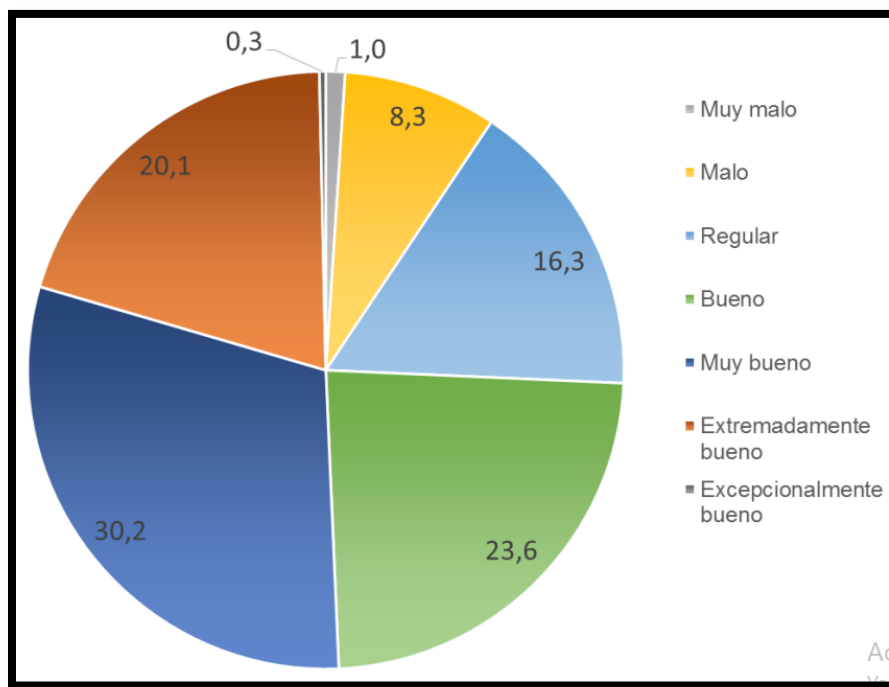


Figura 28: Gráfico con la cantidad de tramos en porcentajes según la categorización obtenida para el Q de Barton global de la mina, Flores (2018)

Como se aprecia en el en la Fig 28, aproximadamente el 74% de la roca de la mina tiene un resultado de *bueno* a *excepcionalmente bueno*, mientras que el 26% restante varía entre *regular* a *muy malo*.

## 7) Índice N de Mathews

El índice N es utilizado en el método empírico de estabilidad de cámaras abiertas, y se calcula como:

$$N = Q' * A * B * C$$

donde:

- $Q'$ : índice Q modificado,
- $A$ : factor de ajuste que considera orientación de las juntas y dimensiones de la excavación.
- $B$ : factor de orientación de discontinuidades
- $C$ : factor de ajuste por gravedad

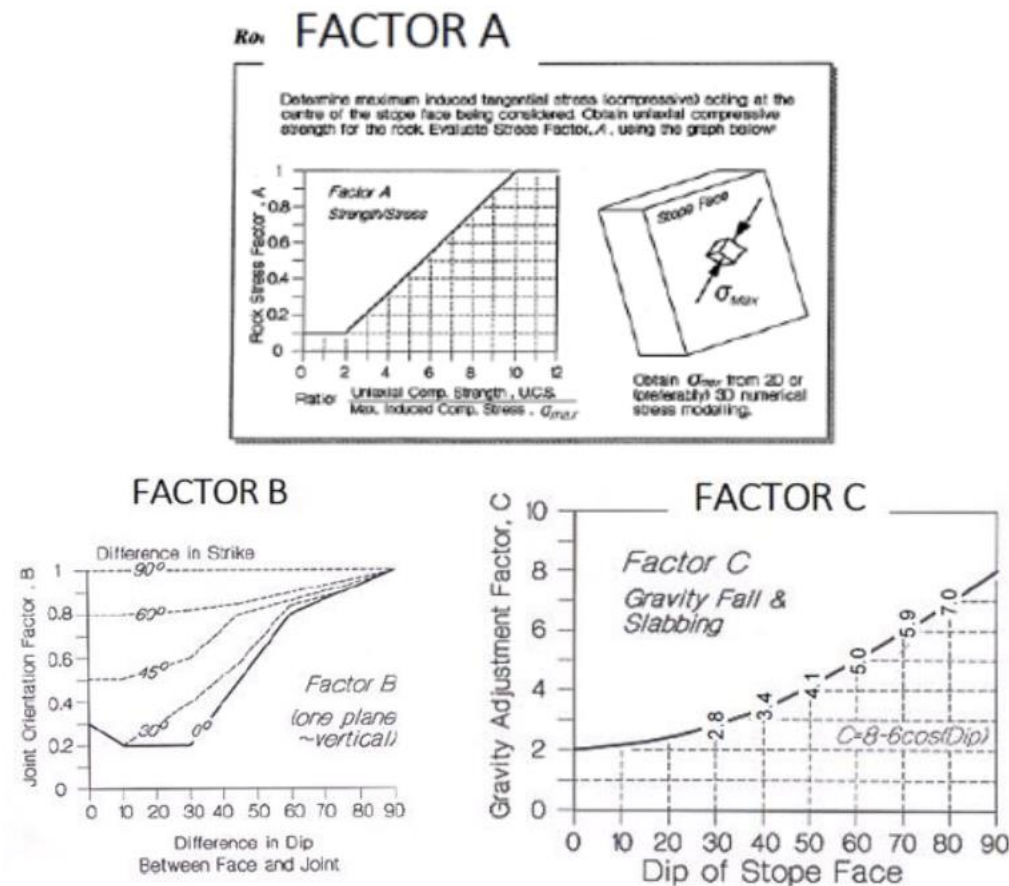


Figura 29: Cálculo de valores para los factores A, B, C, para N

El Q de Barton modificado ( $Q'$ ) no considera el valor del factor de reducción de esfuerzos (SRF) así como el factor de reducción de agua en las discontinuidades ( $J_w$ ).

Este índice permite clasificar la estabilidad de cámaras según su categoría de riesgo. Para valores de  $N > 20$ , la excavación se considera estable. En La Palmera, las labores principales muestran  $N > 15$ , pero algunas cámaras secundarias requieren fortificación adicional.

## 2.6 RECURSOS Y RESERVAS

Los recursos minerales han sido estimados en función de campañas de muestreo canalizado y modelamiento geológico local. Si bien no existen aún estimaciones certificadas bajo códigos internacionales como JORC o NI 43-101, la información recopilada a partir de trabajos técnicos previos permite establecer una base razonable para estimaciones preliminares, útiles para proyectos de pequeña y mediana minería.

En base a los parámetros geológicos y mineralógicos disponibles, se identifican tres categorías de recursos: medidos, indicados e inferidos. La clasificación se basa en la continuidad estructural de las vetas, las características de paragénesis mineral y la densidad de muestreo en las distintas labores subterráneas. En términos generales, los recursos medidos corresponden a zonas con exposición directa en labores de avance; los indicados se relacionan con proyecciones laterales o en profundidad de dichas vetas; mientras que los recursos inferidos incluyen cuerpos extrapolados a partir de estructuras visibles y anomalías geoquímicas (Tobar, 2021)

La siguiente tabla resume los recursos minerales estimados para el yacimiento, considerando las leyes promedio de los principales elementos metálicos de interés:

| Categoría | Toneladas (t) | Ley Au (g/t) | Ley Cu (%) | Ley Ag (g/t) | Ley Zn (%) |
|-----------|---------------|--------------|------------|--------------|------------|
| Medidos   | 120,000       | 2.5          | 1.2        | 35           | 1.0        |
| Indicados | 180,000       | 2.1          | 0.9        | 28           | 0.8        |
| Inferidos | 250,000       | 1.8          | 0.7        | 22           | 0.6        |

Tabla 5: Estimación recursos minerales mina La Palmera

Estas cifras reflejan un sistema mineralizado de interés económico, con leyes compatibles con operaciones subterráneas de escala media. Cabe destacar que la ley promedio de oro supera los 2 g/t en las zonas medidas, mientras que los valores de cobre y plata refuerzan el carácter polimetálico del yacimiento. Asimismo, la presencia de zinc, aunque subordinada, aporta valor adicional a la explotación del sistema.

En trabajos previos se ha documentado que este tipo de depósitos vetiformes, especialmente en el distrito de Chancón, pueden mantener continuidad estructural significativa, lo que incrementa el potencial de crecimiento de recursos con nuevas campañas de exploración (Portigliatti, 2005; Corbett & Leach, 1998). Por otro lado, la presencia de mineralización secundaria en zonas oxidadas indica oportunidades de aprovechamiento superficial a menor costo, especialmente en etapas iniciales de explotación (Sillitoe, 1993; Hedenquist et al., 2000).

Actualmente, específicamente con la veta Anita que es la veta principal de la mina La Palmera, se explota considerando los siguientes valores:

| Mina               | Tonelaje (t) | Au (g/t) | Ag (g/t) | Cu insoluble (%) | Zn (%) |
|--------------------|--------------|----------|----------|------------------|--------|
| Anita (La Palmera) | 16.305       | 7,00     | 3,6      | 0,81             | 1,36   |

Tabla 6: Leyes de la veta Anita, Portigliatti, (2005)

Valores que provienen de la estimación realizada según los datos en Portigliatti, (2005), que venían a ser una consideración de los valores del distrito Chancón a una aplicación específica a la veta Anita, en relación de la modelación de la mineralización por zonas y el nivel, además de las leyes de cada recurso de interés con el tonelaje estimado en cada zona en Fig 25, la cual se representa en la tabla siguiente:

| Zona                    | Nivel            | Au (g/t) | Cu Ins (%) | Tonelaje (t) |
|-------------------------|------------------|----------|------------|--------------|
| Oxidación y Lixiviación | Río Blanco       | 3,8      | —          | 6.884        |
| Transición              | Santa Aline      | 15,0     | 1,26       | 3.333        |
| Primaria                | Guaraní          | 5,5      | 0,43       | 9.881        |
| Primaria                | Fortuna – Cocina | 6,3      | 1,31       | 2.998        |

Tabla 7: Estimación de leyes y tonelaje dividido en zonas, Portigliatti, (2005)

Al analizar la distribución de leyes según las distintas zonas del yacimiento, se observa que en la zona de transición (nivel Santa Aline) se alcanza el mayor contenido de oro, con 15,0 g/t Au y 1,26 % Cu, lo que contrasta con las leyes menores registradas tanto en la zona oxidada (Río Blanco), con 3,8 g/t Au, como en los niveles primarios (Guaraní y Fortuna – Cocina), donde el oro varía entre 5,5 y 6,3 g/t. Esto indica que el oro experimenta una disminución cercana al 100 % respecto a su ley máxima, al pasar desde la zona de transición hacia la zona primaria. Por su parte, el cobre muestra un comportamiento distinto: la razón de enriquecimiento entre las zonas más ricas (transición y Fortuna – Cocina) respecto a la primaria (Guaraní) sugiere un aumento inferior a 2 veces, evidenciando un enriquecimiento supergénico moderado en cobre, probablemente asociado a procesos de lixiviación y

remobilización secundaria que concentraron parcialmente este metal en el nivel de transición, mientras el oro presenta una fuerte dispersión descendente hacia los niveles más profundos.

### **3. METODOLOGÍA**

Para poder posteriormente realizar el análisis económico de los métodos de explotación a postular sobre la explotación de mina La Palmera, se realizará el desarrollo conceptual de estos, considerando la morfología y la estabilidad geomecánica de la mina, además de realizar la explicación teórica con su aplicación posterior en el software Vulcan.

Por lo cual se establece como guía previa los siguientes pasos generales:

**1. Importación de datos de las minas del distrito de Chancón al software Vulcan:**

Se importarán los datos de los sondeos ya realizados en el clavo 1 de la mina.

**2. Dibujar los nuevos métodos de explotación:**

Con el software Vulcan, se dibujarán los métodos de extracción a proponer según su ubicación en el Clavo 1 de la mina La Palmera.

**3. Determinación de ingresos por venta de tonelada de mineral:**

A través de los valores de venta de la planta de ENAMI para los minerales de interés, se calcularán los ingresos de acuerdo con la venta de estos minerales dependiendo del método utilizado, esto relacionado con la dilución respectiva del método.

**4. Determinación de los costos operacionales y de avance e inversión:**

Se calculará el costo de operacionales de cada método, diferenciándose en los insumos y equipos que utilizan además del costo total de avance e inversión para la implementación de estos.

**5. Evaluación económica:**

Se hará una evaluación económica, determinando si el método propuesto entrega beneficios económicos y por consiguiente son viables en su explotación. También se

comparará con el otro método para evaluar el rendimiento económico entre ellos y cuál es el que consigue mayores beneficios.

### 3.1 METODOS DE EXPLOTACION

#### 3.1.1 SHRINKAGE STOPING

El método shrinkage stopeing es una técnica de explotación empleada tradicionalmente en vetas angostas o moderadamente potentes, con rumbo y buzamiento relativamente constantes y altos (normalmente  $>50^\circ$ ). Este método consiste en excavar el mineral por tramos horizontales, dejando la mena fragmentada dentro del caserón (stope) para que actúe como plataforma de trabajo, permitiendo alcanzar niveles superiores de la veta a medida que progresa el avance hacia arriba. Posteriormente, una vez finalizada la explotación de la zona superior, el material acumulado es retirado progresivamente desde la base para su procesamiento.

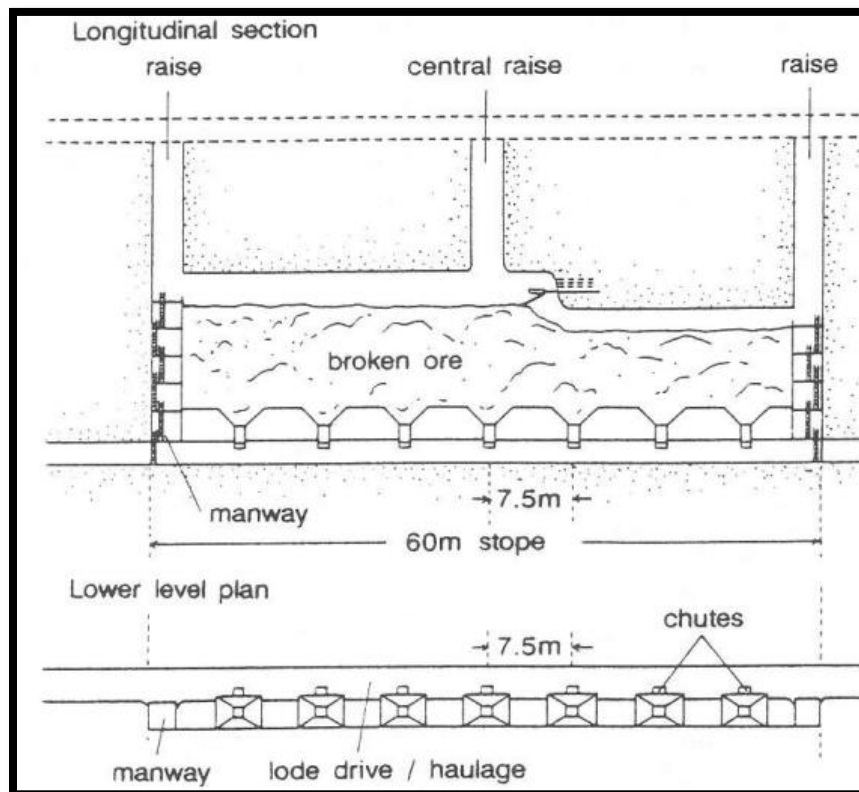


Figura 30: Sección longitudinal de Shrinkage tradicional, Dominy, (1998)

Este sistema ha sido ampliamente utilizado en pequeña minería subterránea debido a su simplicidad operacional, la reducida necesidad de infraestructura costosa y su alta selectividad, lo que resulta especialmente atractivo para vetas polimetálicas de alta ley.

Según Dominy y Rammlmair (2015), el shrinkage stoping se desarrolla en las siguientes etapas:

1. **Preparación inferior:** se excavan galerías o subniveles de producción a lo largo del rumbo de la veta, habilitando buzones de extracción y puntos de acceso al caserón.
2. **Desarrollo ascendente:** el avance del caserón se realiza por bancos sucesivos, dejando el mineral roto in situ. Este mineral fragmentado sirve como plataforma para la perforación y tronadura del siguiente banco superior.
3. **Aguante parcial:** durante este proceso, aproximadamente el 30-40% del material puede extraerse anticipadamente para mantener espacio libre y facilitar la ventilación.
4. **Vaciamiento final:** una vez completado el caserón hasta el techo planeado, se procede al retiro total del material acumulado desde los buzones inferiores.

En el Shrinkage, se puede utilizar chimeneas y piques de acceso y de traspaso, simplificando las tareas, aunque de igual manera depende de la forma de la veta para ajustar la metodología de explotación. Este método tiene altos costos operacionales, pero bajo costo de capital ya que usa el macizo rocoso de forma práctica para realizar sus labores.

### **3.1.2 BENCH AND FILL**

El método de Bench and Fill (bancos y relleno) aplicado a vetas angostas es una técnica de minería subterránea diseñada para estructuras delgadas (menores a 3 metros). Combina la alta productividad del minado por subniveles con la selectividad del corte y relleno. Su ejecución consiste en perforar y volar bloques verticales de mineral ("bancos") desde un subnivel superior hacia uno inferior, para inmediatamente rellenar el vacío generado con material estéril o cementado, el cual sirve de soporte estructural y plataforma para el siguiente ciclo.

En el contexto de vetas estrechas, el método exige un estricto control de la dilución operativa y la estabilidad de las paredes (cajas techo y piso). Debido al espacio reducido, se requiere de perforación de alta precisión y del uso de maquinaria micro-mecanizada o de bajo perfil (*low-profile*). Aunque ofrece una excelente recuperación del mineral y condiciones de trabajo seguras al operar desde subniveles fortificados, conlleva costos operativos elevados y una dependencia directa de los tiempos de fraguado y colocación del relleno

#### 4. DISEÑO DE METODOS Y EXPLOTACION

Para el diseño de los métodos de explotación en la mina La Palmera, se realizaron en el Clavo 1 de la mina, el que se ubica a una distancia de 196,3 metros aproximadamente de la entrada de la mina. En el Clavo 1 se presenta una intersección entre los datos de sondajes realizados previamente lo que permite generar un aproximado de cuerpo mineralizado, el cual es que se busca explotar y analizar según los métodos de explotación a aplicar.

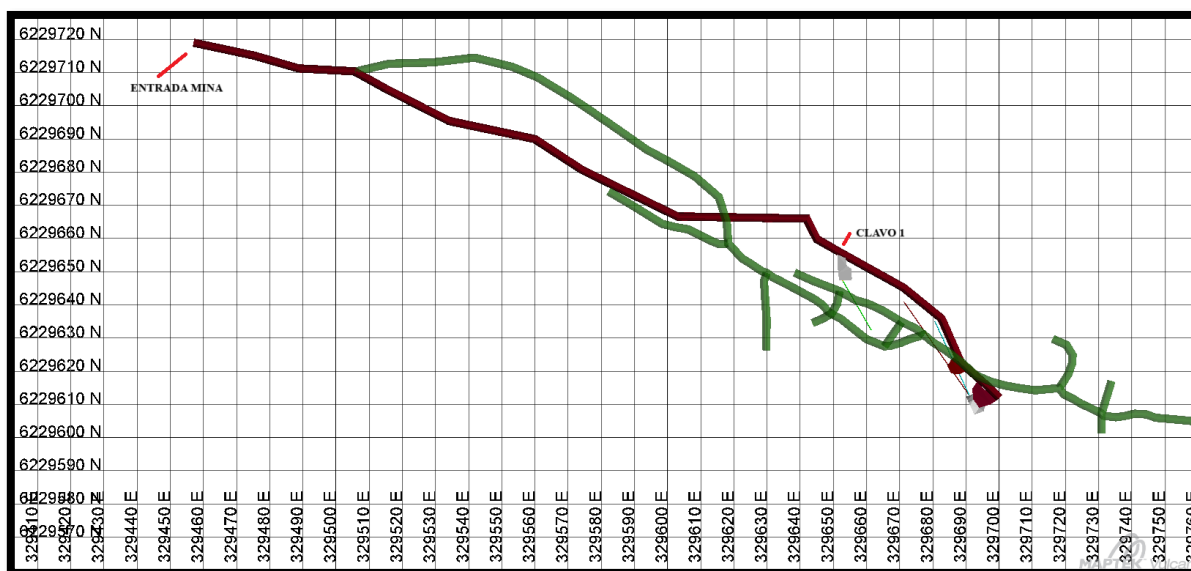


Figura 31: Vista superior entrada mina y Clavo 1 en Vulcan con coordenadas.

#### 4.1 DIMENSIONES CUERPO MINERALIZADO DEL CLAVO 1 Y CONDICIONES GEOTECNICAS Y GEOMECHANICAS

A través de una campaña de sondajes realizados en la mina La Palmera, cuyo objetivo era determinar y comprobar la localización y la mineralización de los Clavo 1 Norte y Clavo 1 Sur con un principal interés sobre la intersección entre ambos Clavos dada la posibilidad de

una presencia de ley enriquecida de oro. Se realizaron 4 sondeos en el lugar, donde a pesar de que la profundidad de estos no fue suficiente, fue capaz de determinar un cuerpo mineralizado aproximado en el Clavo 1 Norte con las siguientes características:

- Continuidad horizontal: 15 m
- Continuidad vertical: 11-13 m
- Espesor: 4-5 m
- Ley: 3.25 g/t
- Profundidad en relación con túnel inferior: 6-7 m

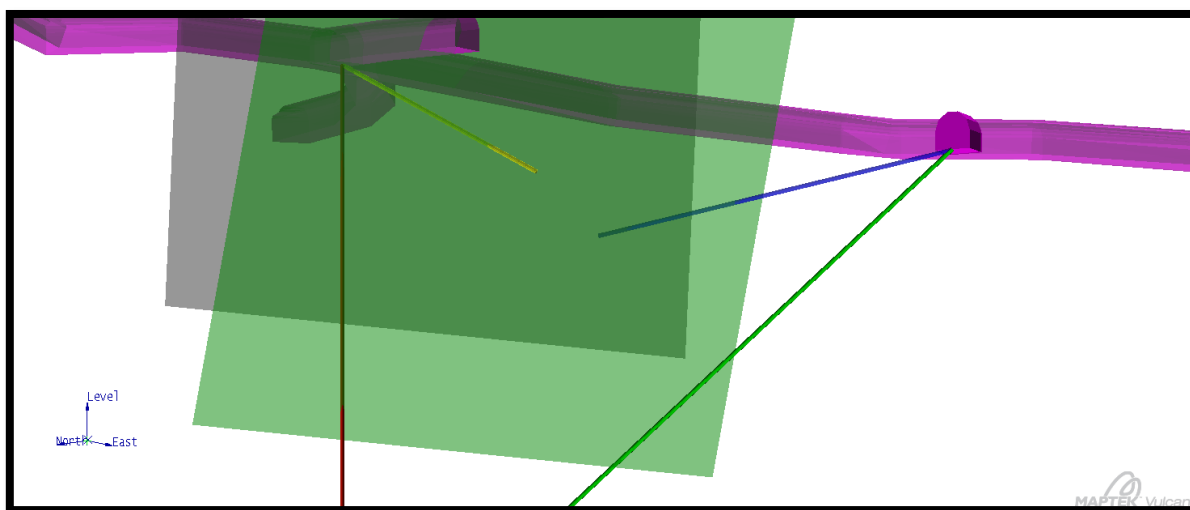


Figura 32: Sondajes Clavo 1 mina La Palmera vista isométrica

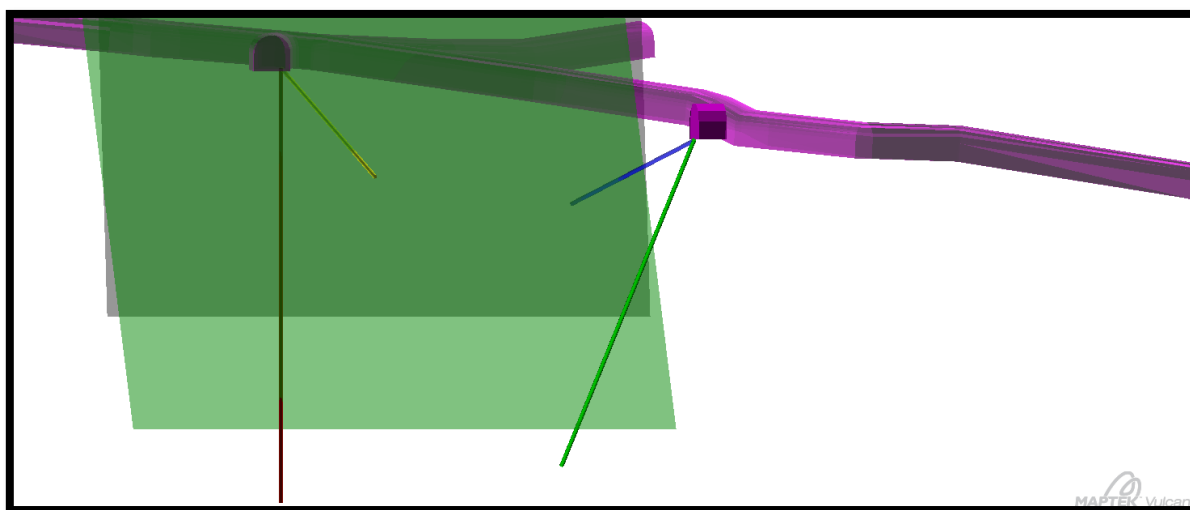


Figura 33: Sondajes Clavo 1 mina La Palmera vista XY

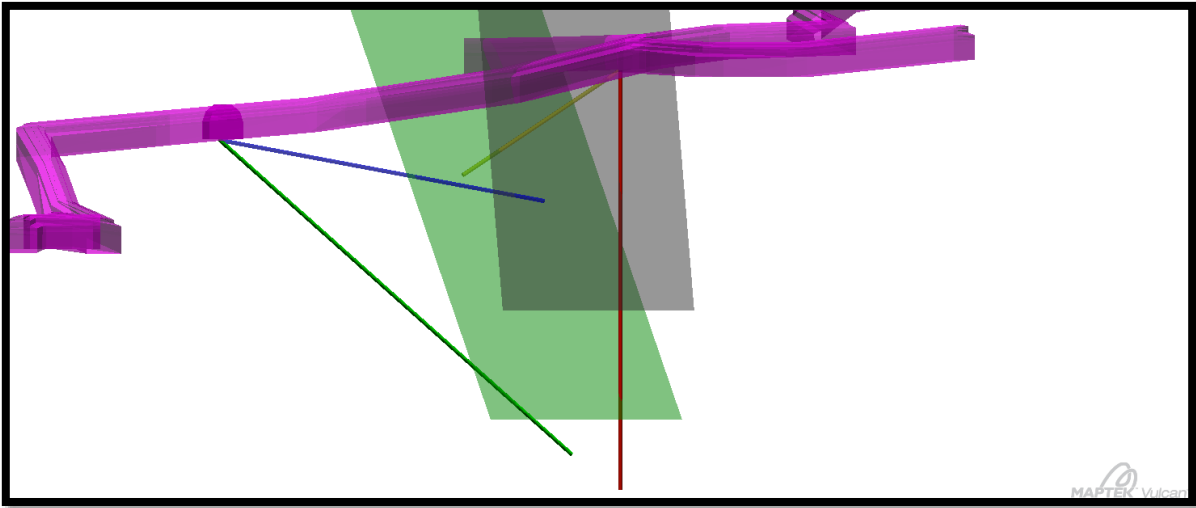


Figura 34: Sondajes Clavo 1 mina La Palmera vista XZ

Arrojando un tonelaje de 1.760 toneladas aproximadas del Clavo 1 Norte.

Las condiciones geotécnicas y geomecánicas del sector del Clavo 1, vienen dadas mediante el análisis realizado y mencionado anteriormente por Flores, (2018), donde su sector de análisis de “Código 9” corresponde al sitio del Clavo 1 y sus condiciones tienen las siguientes características según su análisis:

- Q de Barton:  
Continuado a partir del análisis realizado en por Flores, (2018), haciendo un cálculo según los datos de los segmentos del código 9, se pudo determinar el promedio del sector de 96,09 para el Q de Barton y de 103,19 para el Q' modificado, ubicándose en la escala NGI, entre valores de roca *muy buena* y *extremadamente buena* respectivamente.
- Resistencia a la compresión simple:  
En Flores, (2018) se usaron 2 métodos de análisis respecto a la resistencia a la compresión simple que vienen a ser; ensayo uniaxial y martillo de Schmidt cuyos resultados son:

| UCS (MPa) | Litologia | Descripcion |
|-----------|-----------|-------------|
| 70,7      | Andesita  | Dura        |

Tabla 8: Resultados ensayo uniaxial Clavo 1, Flores, (2018)

| Codigo de la mina La Palmera | UCS (MPa) |
|------------------------------|-----------|
| 9                            | 54        |

Tabla 9: Resultados ensayo martillo de Schmidt Clavo 1, Flores, (2018)

- RMR de Bieniawski:

A partir de los resultados expuestos en la Figura 27 de manera general en la mina, se presentan los relacionados en específico al sector del Clavo 1.

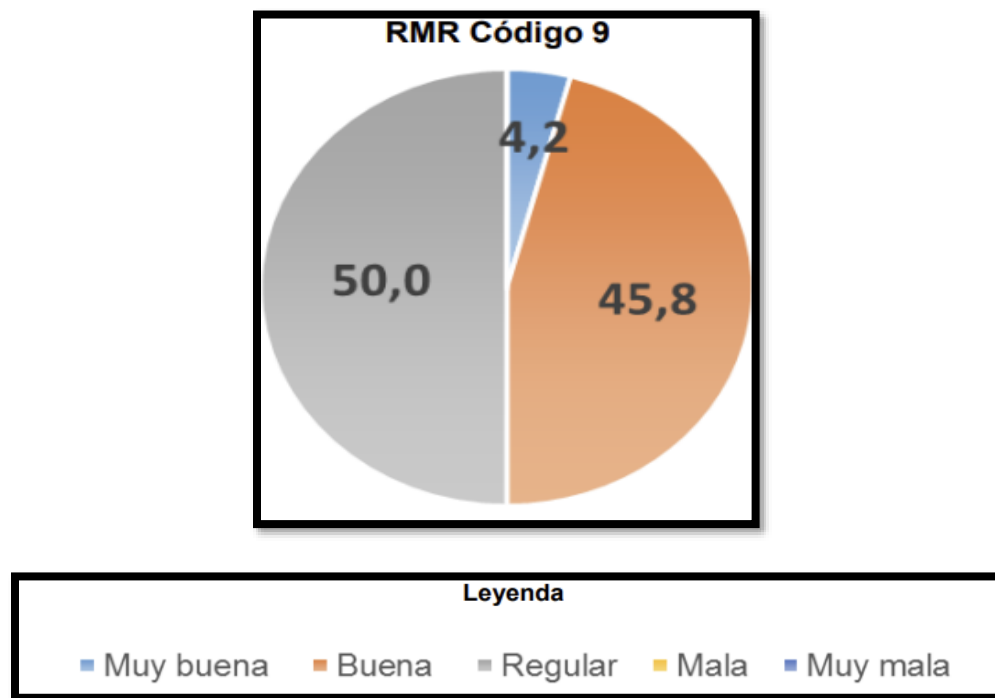


Figura 35: Resultados RMR Clavo 1, Flores, (2018)

- Orientación de las discontinuidades:

Según el análisis hecho en Flores, (2018), los resultados arrojados mediante el software DIPS, indicaron que el sector del Clavo 1 no presenta discontinuidades fuertemente castigadoras, teniendo una calificación cualitativa como moderada.

- Determinación N° de Mathews:

Para calcular el N de Mathews se usa la formula mencionada anteriormente en conjunto con los valores de Q' calculados previamente. Los valores de A, B y C, al no tener los valores de los esfuerzos presentes en el lugar del Clavo 1, se hace una estimación de los valores con apoyo del análisis realizado en Escala, (2019), pero adaptado a las condiciones del caso de estudio.

El valor de A se estima como 1, esto dado el valor de Q' calculado tan alto lo que indica que la razón de los esfuerzos en el lugar será superior a 10. El valor de B, al no tener las direcciones de las discontinuidades se hace una estimación considerando el análisis de las discontinuidades en Flores, (2018), en ese análisis se encontraron problemas con ciertas discontinuidades por lo que se estima un valor para B de 0,6.

Para el valor de C, como el Clavo 1 Norte tiene una inclinación de 85° respecto a la normal, se puede estimar un valor de 7 para C, considerando que los posibles caserones además de los niveles estarán puestos según esa normal, siendo guiados por la inclinación del Clavo 1 Norte.

Considerando las estimaciones anteriores, se puede calcular N como:

$$N = Q' * A * B * C = 103,19 * 1 * 0,6 * 7 = 433,4$$

## 4.2 DISEÑO SHRINKAGE STOPING

Para el diseño de la explotación mediante este método, se optó por realizar una propuesta de continuamiento del nuevo nivel (código 9 en Figura 15, Flores (2018)), donde se realiza una rampa de forma cilíndrica y con una inclinación de 10°, que permita el paso de los equipos de retiro de material, con este descenso se generan 2 niveles que interceptan con la medición del cuerpo mineralizado. Estos dos niveles de 50 m de longitud y están separados por una altura de 33 m aproximadamente, entre ellos se realizará la operación del Shrinkage con una chimenea de acceso por un lado y un pique de traspaso por el otro con dimensiones de 2 m de diámetro, siendo el nivel inferior el de producción. Las dimensiones del caserón son de:

| Dimensiones Caseron Shrinkage |          |         |             |
|-------------------------------|----------|---------|-------------|
| Altura                        | Potencia | Corrida | Inclinacion |
| 33 m                          | 5 m      | 37 m    | 85°         |

Tabla 10: Dimensiones caserón Shrinkage

Se debe determinar si el caserón con sus dimensiones es estable geotécnicamente, esto se puede determinar con el grafico de Mathews en conjunto con los valores de N y el radio hidráulico del caserón. Para determinar el radio hidráulico del caserón se usa la fórmula de radio hidráulico descrita anteriormente.

$$HR = \frac{A}{P}$$

| Cara del Caserón   | Radio Hidráulico (RH) |
|--------------------|-----------------------|
| Hanging Wall/ Foot | 8,72 m                |
| Back/Crown         | 2,20 m                |
| Rib                | 2,17 m                |

Tabla 11: Radio hidráulico caserón Shrinkage

Con el radio hidráulico calculado, se usa el grafico de estabilidad de Mathews para verificar si se encuentra en la zona estable.

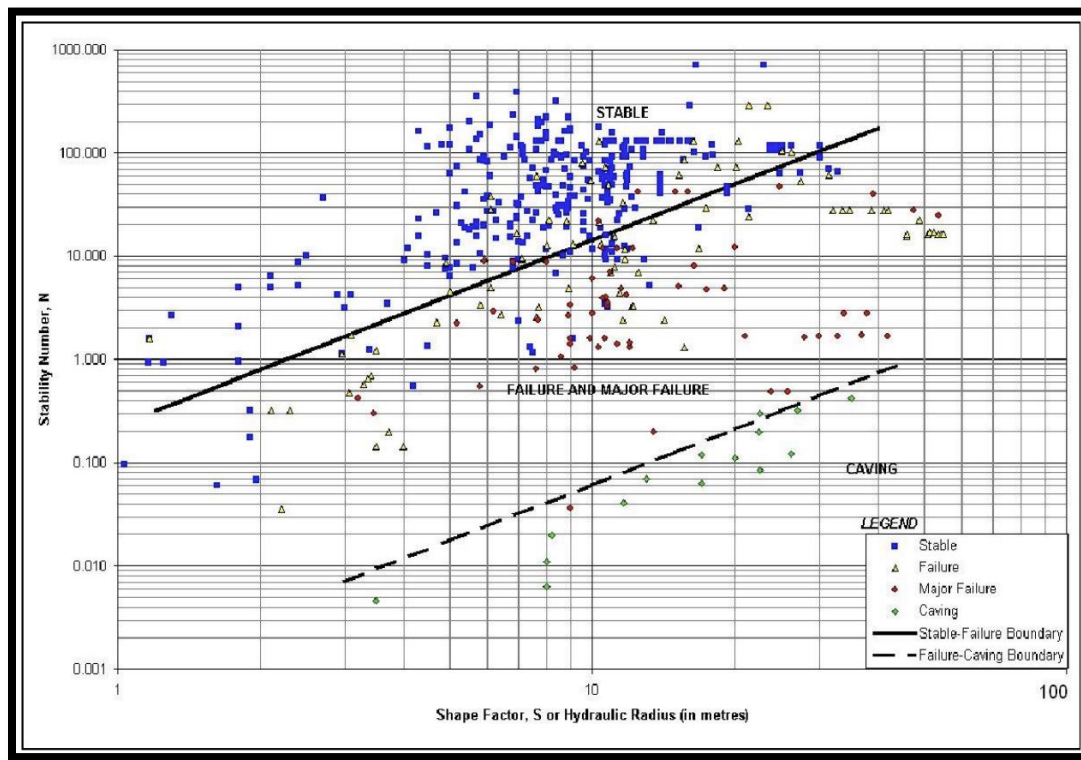


Figura 36: Limites de las zonas Estable, Falla Mayor y Caving (Mawdesley, 2002)

Al interceptar el valor radio hidráulico con el valor de N, nos da que ambas caras del caserón se encuentran en la zona estable.

Estos parámetros siguen con las recomendaciones hechas en Gamio, (2017), que permiten la explotación dentro de la mina usando este método y el continuamiento en su uso de este método en el Clavo 1.

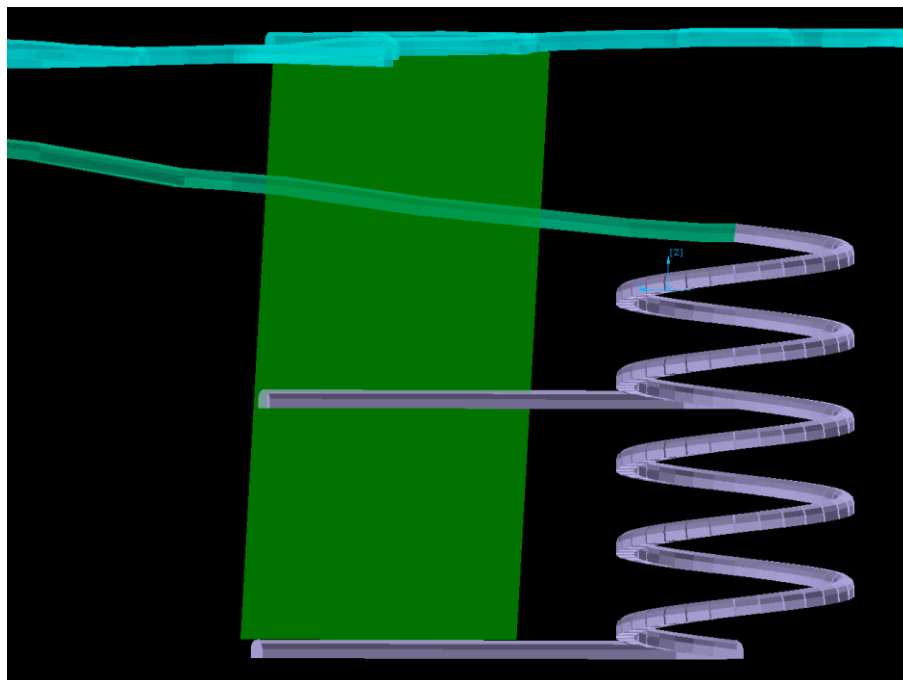


Figura 37: Vista isométrica rampa y niveles en Vulcan.

El método de Shrinkage stoping convencional actualmente es el utilizado en la mina La Palmera. A través de este caso la metodología de la explotación del Clavo 1 se desarrolla a partir del avance de una rampa con 2 niveles, superior e inferior donde se realiza el desarrollo del Shrinkage. Este desarrollo se subdivide en primero la preparación de la etapa 1 del Shrinkage que empieza por realización de la chimenea de ventilación y el pique, ambos con dimensiones de 2x2 m, después de realizada la labor de chimenea y pique, se desarrolla una galería inferior a la galería base que será usada como producción de la etapa 2 del método cuando el caserón este lleno, ambas galerías estarán conectadas por 6 chimeneas de 2x2 m y 10 m de longitud con una inclinación de  $60^\circ$  que funcionaran como drawpoints para el escurrimiento del mineral caído desde la galería base y de la galería de ventilación. Terminadas las preparaciones, la etapa 1 parte por un desquinche desde la galería inferior o base hasta llegar a los 5 metros de ancho de la veta y a lo largo de la corrida del caserón, dejando la marina y extrayendo únicamente el esponjamiento. Posteriormente realizado el desquinche se prosigue con la producción del realce, el realce se subdivide en 2 avances de 3 m de alto llegando a los 6 m de altura en total. Finalizando el realce se prepara una galería de las mismas dimensiones que la del nivel inferior y superior (2,5 x 2,5 m) y se repite el proceso hasta llegar a la altura total del caserón (33 m) conectando con la galería superior. Este proceso constituye la etapa 1 de preparación del caserón donde solo se extrae el

esponjamiento. La etapa 2 corresponde al vaciado del caserón que son el 70% restante de las toneladas de mineral, esta extracción será mediante los drawpoints de la galería debajo de la galería inferior inicial, donde mediante un buzón de 12" permita el paso del mineral al Dumper que estará esperando hasta llenarse y posterior depositar el mineral al acopio para su próximo traslado a la planta de ENAMI.

El diseño de los túneles correspondientes a las galerías tendrá la misma forma y dimensiones que los del nuevo nivel, que son de 2,5 m y su curvatura superior empieza desde los 1,8 m, esto para seguir con los parámetros de factor de seguridad de las galerías que son estables, y ser consecuentes con el estudio de estabilidad realizado en Escala, (2019) sobre el nuevo nivel de la mina aplicando el diseño de las galerías más estables dadas las condiciones geotécnicas en el lugar.

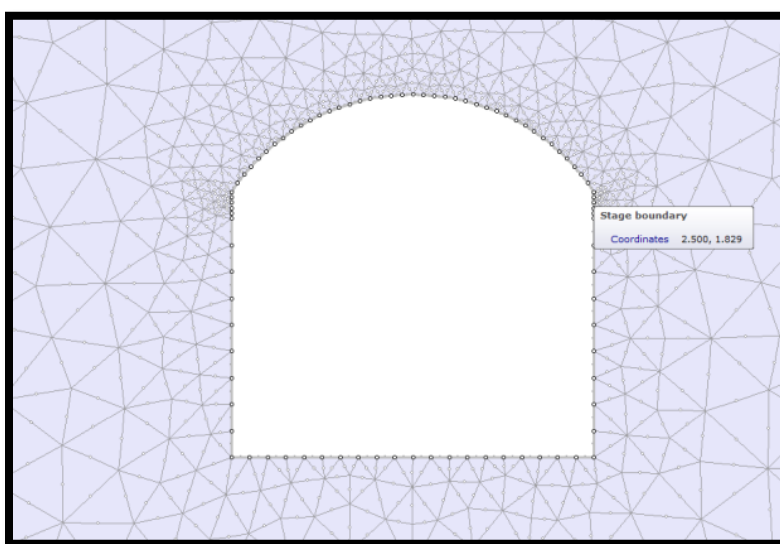


Figura 38: Diseño para galerías (Escala, 2019)

Para el proceso de perforación durante este método, será mediante las perforadoras neumáticas YT27 de aire comprimido. Antes de la producción se hace el desarrollo de la chimenea y el pique, estos tendrán dimensiones de 2 x 2 m, para el paso de mineral y acceso como para la ventilación en el caso de la chimenea. Su método de desarrollo será mediante el método convencional con variante de uso de plataformas con escaleras metálicas o Raise PM, a pesar de grado de riesgo de seguridad del uso del método convencional, este método históricamente se ha usado para el desarrollo de chimeneas en el contexto de pequeña minería y se ha ido perfeccionando a medida del paso del tiempo debido a la necesidad y el alcance

que tienen los pequeños mineros principalmente por la poca inversión posible. Independiente de estas dificultades, el método convencional para este contexto de chimeneas de menor longitud tiene buenos resultados operacionales y de costo versus otros métodos, como son Raise borer y Jaula jora, debido a lo ya mencionado anteriormente como es la inversión y la longitud de la chimenea, siendo que estos métodos para contexto de mediana y gran minería tienen muy buenos resultados (B. Trujillo, 2018). La construcción de la chimenea se hace mediante plataformas ancladas a un sistema de anclajes para el apoyo del personal durante la perforación, estos anclajes serán puestos cada 1,5 m según el avance de la perforación y tronadura con una inclinación de  $75^\circ$  para el apoyo de las plataformas.

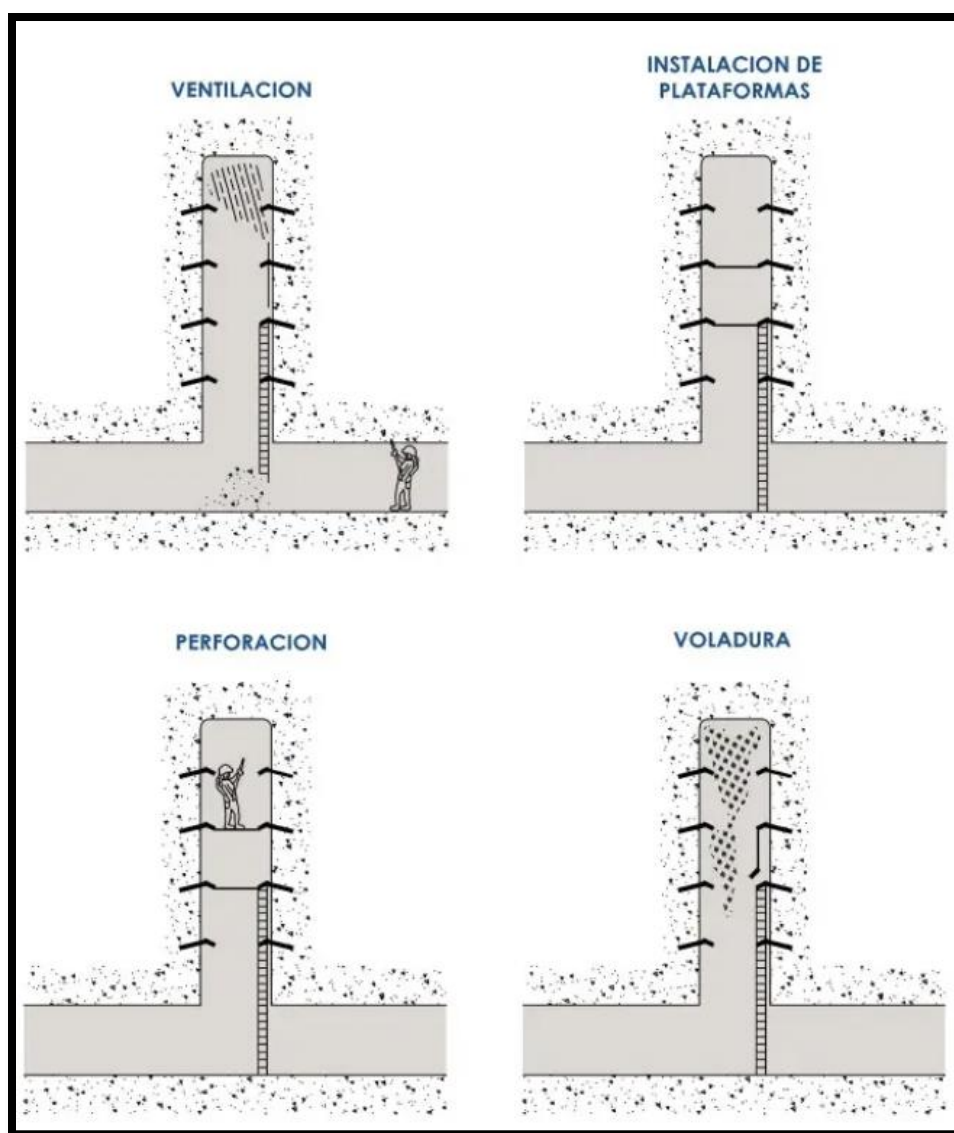


Figura 39: Representación ciclo de construcción de chimeneas Raise PM, B.Trujillo, (2018)

El diseño de la perforación se hace mediante las fórmulas estipuladas en López Jimeno, C, (2003), lo cual resulta en:

| Perforacion y tronadura Chimenea |       |                   |
|----------------------------------|-------|-------------------|
| Item                             | Valor | Unidad            |
| Diametro chimenea                | 2     | m                 |
| Radio                            | 1     | m                 |
| Densidad explosivo               | 0,78  | g/cm <sup>3</sup> |
| Densidad roca                    | 2,75  | g/cm <sup>3</sup> |
| Diametro explosivo               | 36    | mm                |
| Burden                           | 1     | m                 |
| N anillos                        | 2     | anillos           |
| Burden real                      | 1     | m                 |
| Espaciamiento anillo 1           | 1     | m                 |
| Espaciamiento anillo 2           | 1     | m                 |
| N tiros por anillo 1             | 7     | tiros             |
| N tiros por anillo 2             | 1     | tiros             |
| Profundidad de avance            | 1,8   | m                 |
| Taco                             | 0,4   | m                 |
| Subdrilling                      | 0,3   | m                 |
| Espaciamiento real anillo 1      | 1     | m                 |
| Espaciamiento real anillo 2      | 1     | m                 |
| Explosivo total                  | 10,21 | kg/disp           |
| Volumen total                    | 5,61  | m <sup>3</sup>    |
| Factor de carga                  | 1,82  | kg/m <sup>3</sup> |
| Produccion por disparo           | 15,4  | ton               |

Tabla 12: Calculo perforación y tronadura Chimenea 2x2 m

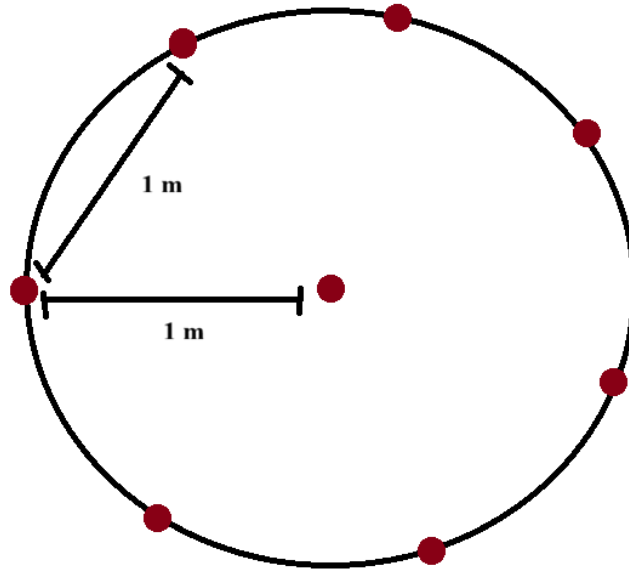


Figura 40: Diagrama de perforación chimenea 2x2 m

Para el ciclo de construcción de las chimeneas, se estipula la realización de 1 disparo por día, siendo que como se puede apreciar en Anexo A, los tiempos de ciclo permiten 2 disparos por día, estos debido a la consideración del tiempo de preparación, subida y el ámbito de seguridad mediante el desarrollo de la chimenea, ya que, a medida de mayor longitud, mayor será el tiempo en el cual se debe realizar la preparación y subida.

Como ya mencionado anteriormente, en conjunto con las chimeneas se construye una galería inferior a la galería base, la cual será utilizada para la producción de la etapa 2, las galerías tendrán las mismas medidas que las anteriores de 2,5 x 2,5 m con una longitud de 50 m cada una. El diagrama de perforación y tronadura de las galerías es el siguiente:

| Perforacion y tronadura Galeria |       |                    |  |
|---------------------------------|-------|--------------------|--|
| Items                           | Valor | Unidad             |  |
| Alto galeria                    | 2,5   | m                  |  |
| Ancho galeria                   | 2,5   | m                  |  |
| Diametro perforacion            | 0,036 | m                  |  |
| Diametro perforacion            | 1,4   | pulgadas           |  |
| Densidad de la roca             | 2,75  | ton/m <sup>3</sup> |  |
| Densidad ANFO                   | 0,78  | g/cm <sup>3</sup>  |  |
| Burden                          | 0,5   | m                  |  |
| Espaciamiento                   | 0,5   | m                  |  |

|                         |                        |
|-------------------------|------------------------|
| Longitud de perforacion | 1,8 m                  |
| Taco                    | 0,6 m                  |
| Avance real             | 1,71 m                 |
| Produccion por fila     | 29,4 ton/fila          |
| Disparos por dia        | 1 disp/dia             |
| Disparos por mes        | 20 disp/mes            |
| Produccion              | 588 ton/mes            |
| Columna explosiva       | 1,2 m                  |
| Columna emulsion        | 0,2 m                  |
| Columna ANFO            | 1,0 m                  |
| Diametro EMULTEX        | 0,025 m                |
| Densidad emulsion       | 1150 kg/m <sup>3</sup> |
| Densidad ANFO           | 780 kg/m <sup>3</sup>  |
| Peso carga emulsion     | 0,1 kg                 |
| Peso carga ANFO         | 0,8 kg                 |
| Carga explosiva         | 0,9 kg/perforacion     |
| Total de explosivo      | 31,8 kg                |
| Volumen a remover       | 10,7 m <sup>3</sup>    |
| Factor de carga         | 1,6 kg/m <sup>3</sup>  |

Tabla 13: Calculo perforación y tronadura galerías 2,5 x 2,5 m

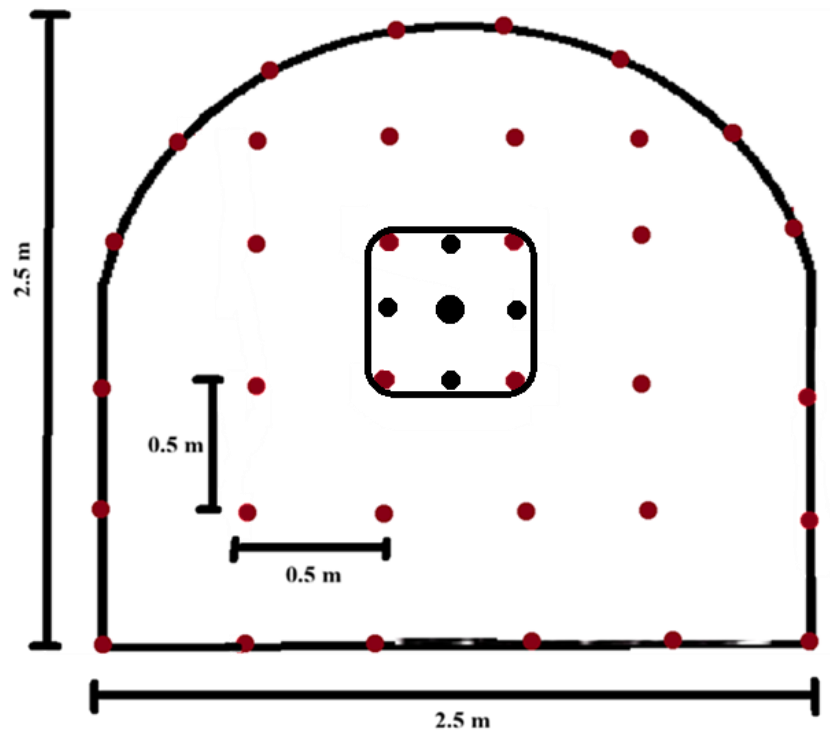


Figura 41: Malla de perforación cuña quemada galería

El arranque de la galería es via “Cuña quemada”, metodología común y exclusivamente usada para el avance de galerías con diámetros de perforación pequeños debido al avance efectivo obtenido. La cuña puede estar ubicada en cualquier parte del frente, pero lo ideal es que este en una parte central del avance para mayor efectividad de consumo de explosivo y mayor avance (Hustrulid, 1982).

En el proceso del inicio del Shrinkage en la etapa 1, se hace una preparación de la base en la galería de producción realizando un desquinche para poder explotar los 5 m de veta. Este ensanchamiento tendrá un incremento de 0,1 m a cada lado, resultando en un ancho total de 5.2 m, esto para tener una dilución planificada de 0,2 m respecto a la potencia de la veta. Esta dilución viene a cumplir con la aseguración de la explotación completa de la veta, ya que, al ser un N tan grande, se asume la no fortificación de estos espacios, lo que al momento de realizar las tronaduras se provoquen accidentes, especialmente peligrosos en el caso del Shrinkage tradicional donde los trabajadores se encuentran dentro del caserón explotado.

El cálculo de dilución viene según la fórmula de ELOS según Clark & Pakalnis, (1997), la cual su resultado es:

$$Dilucion = \frac{ELOS}{Ancho\ veta} = \frac{0,2\ m}{5\ m} = 4\%$$

Esta será la dilución planeada a lo largo de la explotación de la veta.

El cálculo de perforación del desquinche es el siguiente:

| Perforacion desquinche Shrinkage |       |          |
|----------------------------------|-------|----------|
| <b>Diámetro</b>                  | 36    | mm       |
| <b>Burden (B)</b>                | 0,5   | m        |
| <b>Espaciamento (E)</b>          | 0,5   | m        |
| <b>Longitud de perforacion</b>   | 1,8   | m        |
| <b>Taco</b>                      | 0,6   | m        |
| <b>Avance efectivo</b>           | 1,71  | m        |
| <b>Densidad de la roca</b>       | 2,75  | ton/m3   |
| <b>Produccion por fila</b>       | 29,4  | ton/fila |
| <b>Disparos por dia</b>          | 1     | disp/dia |
| <b>Disparos por mes</b>          | 20    | disp/mes |
| <b>Produccion</b>                | 587,8 | ton/mes  |

Tabla 14: Calculo perforación desquinche

| Calculo explosivos Desquinche |       |                |
|-------------------------------|-------|----------------|
| Columna explosiva             | 1,2   | m              |
| Columna emulsion              | 0,2   | m              |
| Columna ANFO                  | 1     | m              |
| Diametro EMULTEX              | 25    | mm             |
| Densidad emulsion             | 1150  | kg/m3          |
| Densidad ANFO                 | 780   | kg/m3          |
| Peso carga emulsion           | 0,11  | kg             |
| Peso carga ANFO               | 0,79  | kg             |
| Carga explosiva               | 0,94  | kg/perforacion |
| Total de explosivo            | 33,67 | kg             |
| Volumen a remover             | 10,69 | m3             |
| Factor de carga               | 3,15  | kg/m3          |

Tabla 15: Calculo explosivos desquinche

La secuencia del desarrollo del desquinche es la siguiente:

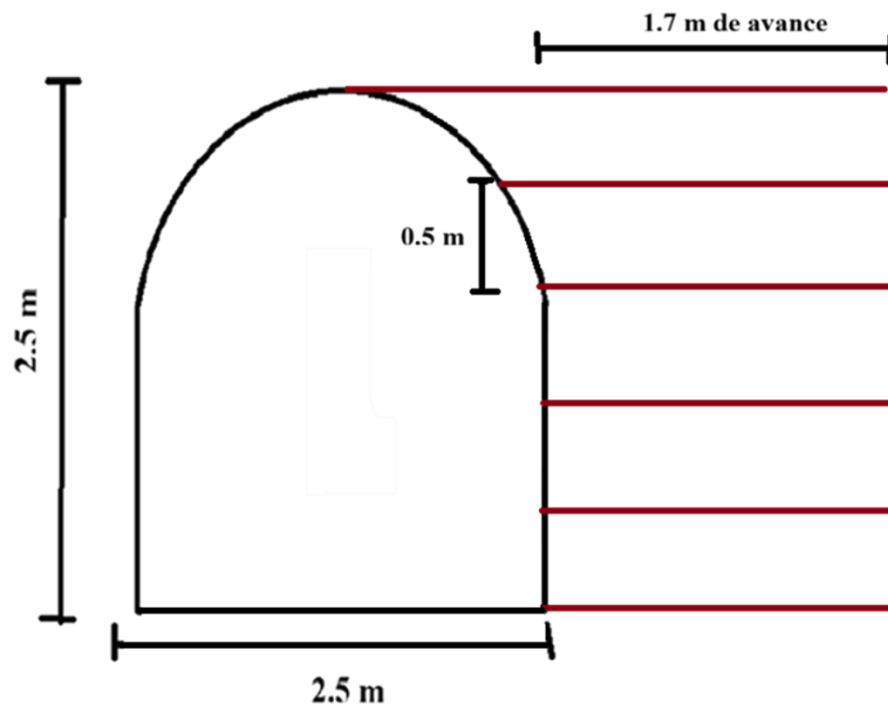


Figura 42: 1ra perforación desquinche Shrinkage

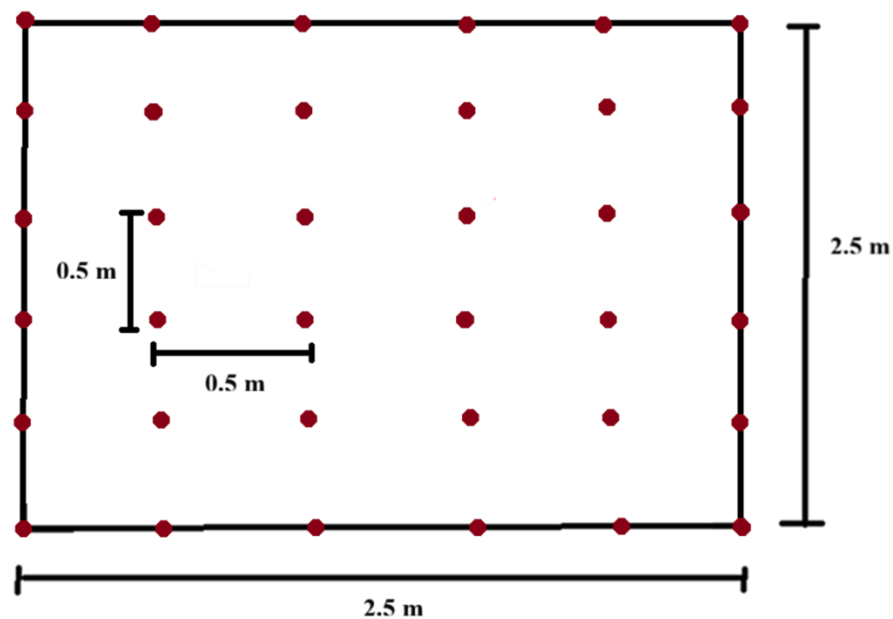


Figura 43: Malla perforación desquinche

A partir de la primera perforación y tronadura del desquinche se obtiene un primer avance de 1,7 aproximados, pero lo que se debe hacer una segunda perforación de 1 m para obtener los 0,8 m restantes. Para el tiro mas alto, debido a la curvatura de la galería, la segunda perforación tiene que ser de 1,2 m para así llegar al ancho buscado.

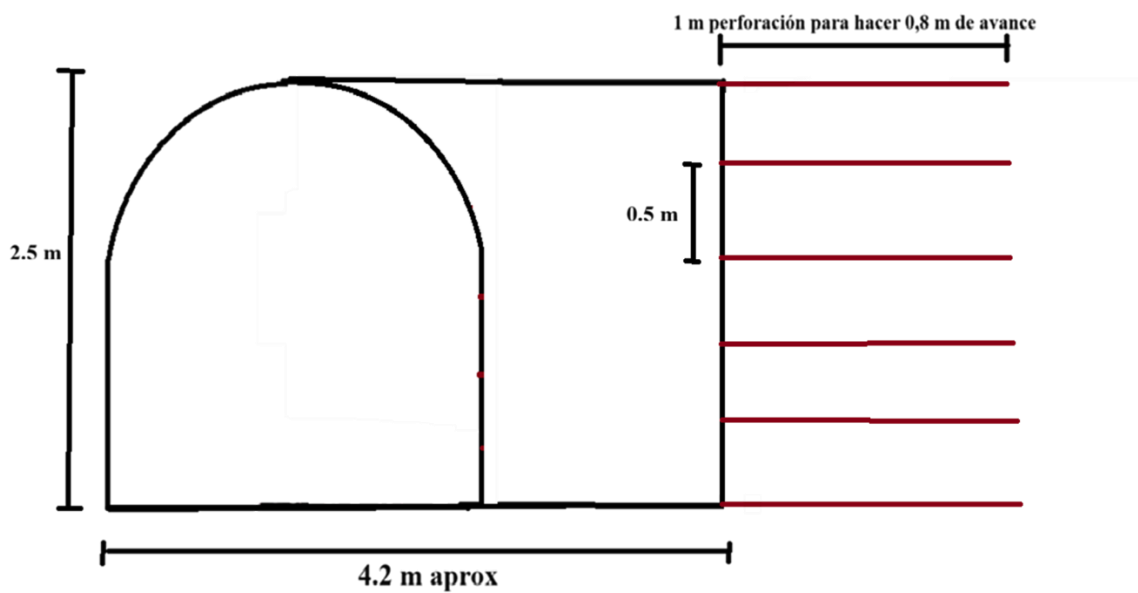


Figura 44: 2da perforación desquinche Shrinkage

Ya con realizado el primer desquinche de 5 m, se hace la expansión a lo largo de la corrida del caserón (37 m) para después empezar con la producción del realce.

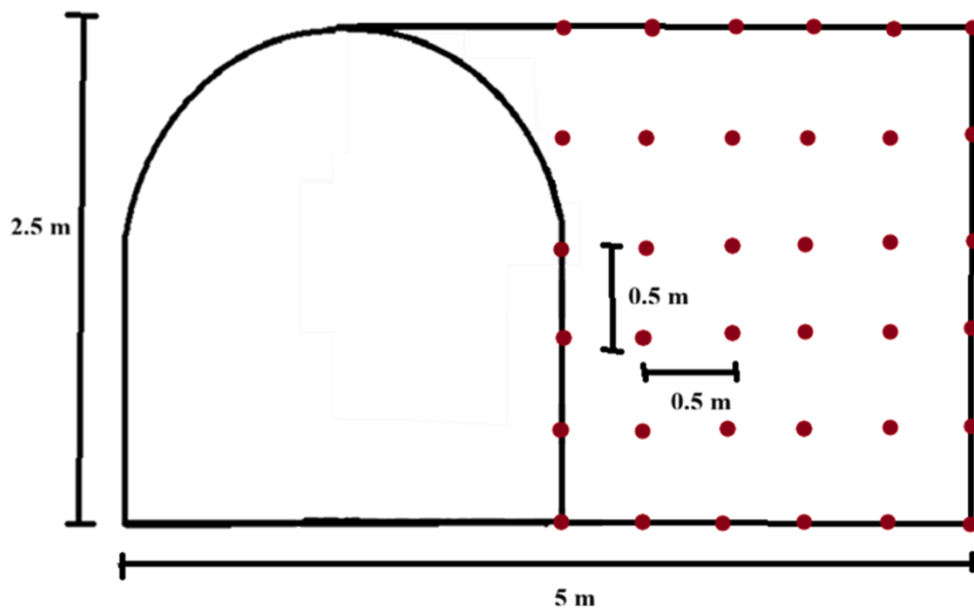


Figura 45: Perforación corrida desquinche

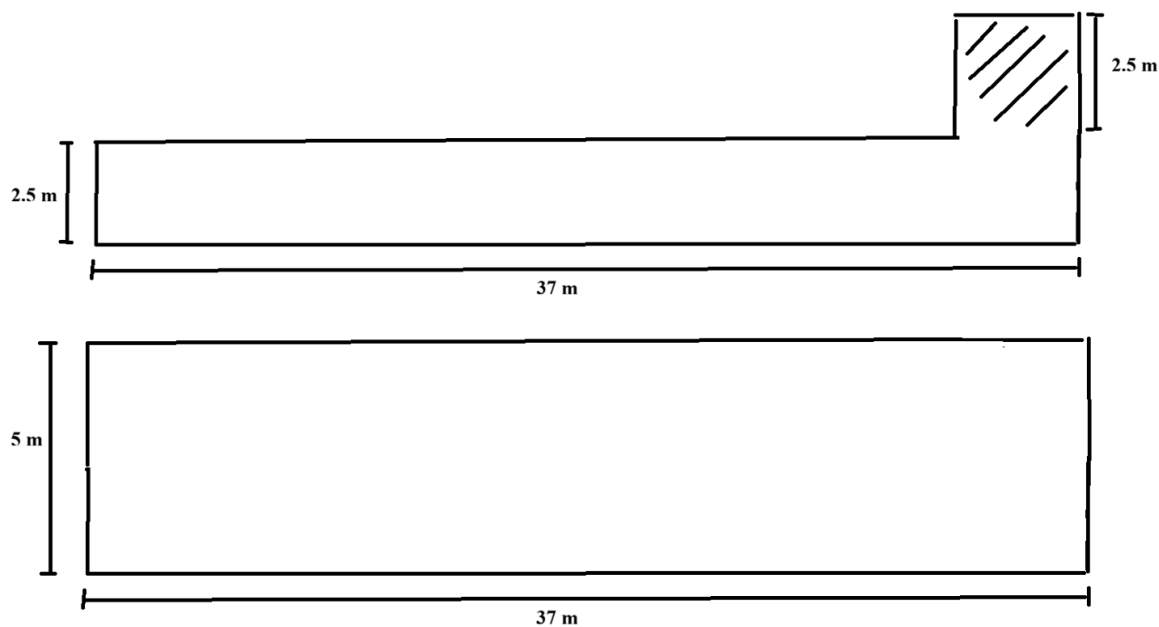


Figura 46: Vista planta construcción desquinche

Considerado ya la secuencia a partir del desquinche, se hace la producción de forma ascendente por rebanadas horizontales con el desarrollo del realce.

Apoyado en López Jimeno, C, (2003), se hace el diseño de la malla de perforación para la producción del Shrinkage:

| <b>Perforacion produccion Shrinkage</b> |              |                    |
|-----------------------------------------|--------------|--------------------|
| <b>Parámetro</b>                        | <b>Valor</b> | <b>Unidad</b>      |
| <b>Diámetro</b>                         | 36           | mm                 |
| <b>Burden (B)</b>                       | 0,6          | m                  |
| <b>Espaciamiento (E)</b>                | 0,7          | m                  |
| <b>Longitud de perforacion</b>          | 1,8          | m                  |
| <b>Taco</b>                             | 0,6          | m                  |
| <b>N perforaciones por fila</b>         | 8            | un                 |
| <b>Factor de carga</b>                  | 1,40         | kg/m <sup>3</sup>  |
| <b>Avance efectivo</b>                  | 1,53         | m                  |
| <b>Densidad de la roca</b>              | 2,75         | ton/m <sup>3</sup> |
| <b>Produccion por fila</b>              | 12,9         | ton/fila           |
| <b>Disparos por dia</b>                 | 2            | disp/dia           |
| <b>Disparos por mes</b>                 | 40           | disp/mes           |
| <b>Produccion</b>                       | 515,0        | ton/mes            |

Tabla 16: Parámetros Perforación producción Shrinkage

| <b>Calculo explosivos produccion Shrinkage</b> |      |                   |
|------------------------------------------------|------|-------------------|
| <b>Columna explosiva</b>                       | 1,2  | m                 |
| <b>Columna emulsion</b>                        | 0,2  | m                 |
| <b>Columna ANFO</b>                            | 1    | m                 |
| <b>Densidad emulsion</b>                       | 1150 | kg/m <sup>3</sup> |
| <b>Densidad ANFO</b>                           | 780  | kg/m <sup>3</sup> |
| <b>Peso carga emulsion</b>                     | 0,11 | kg                |
| <b>Peso carga ANFO</b>                         | 0,79 | kg                |
| <b>Carga explosiva</b>                         | 0,94 | kg/perforacion    |
| <b>Total de explosivo</b>                      | 6,55 | kg                |
| <b>Volumen a remover</b>                       | 4,68 | m <sup>3</sup>    |
| <b>Factor de carga</b>                         | 1,40 | kg/m <sup>3</sup> |

Tabla 17: Calculo explosivos producción Shrinkage

La secuencia del realce se compone de 2 avances verticales de 3 m que están divididos a la vez en 2 avances verticales de 1,5 m, sumando en total un realce de 6 m de altura a lo largo de los 37 m de corrida.

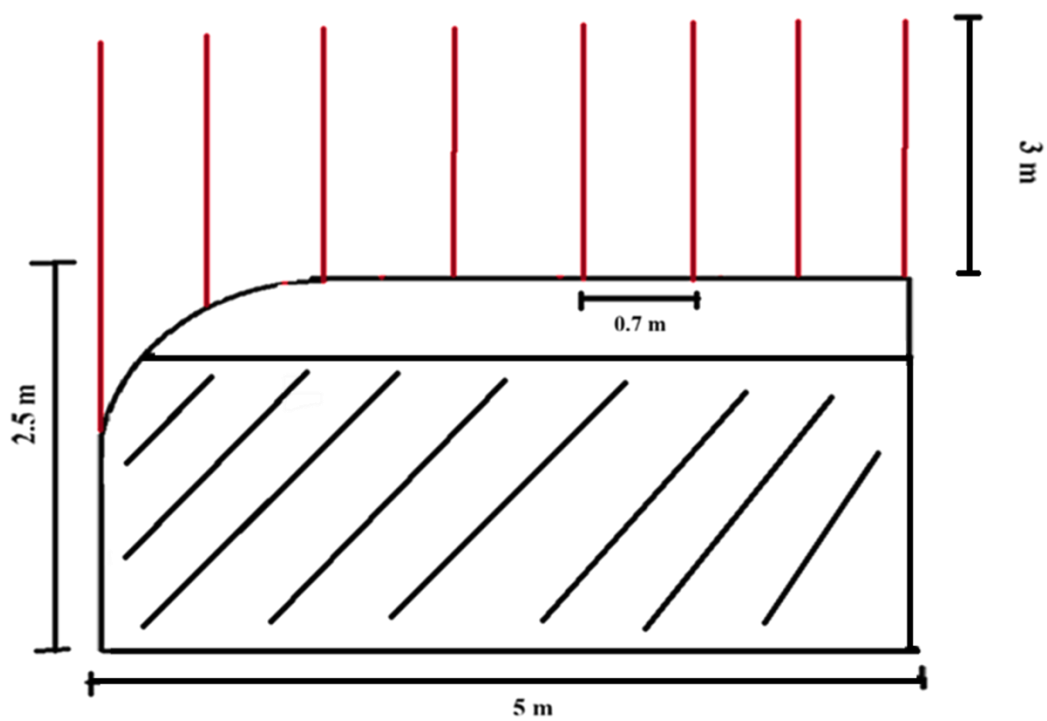


Figura 47: Primer perforación realce

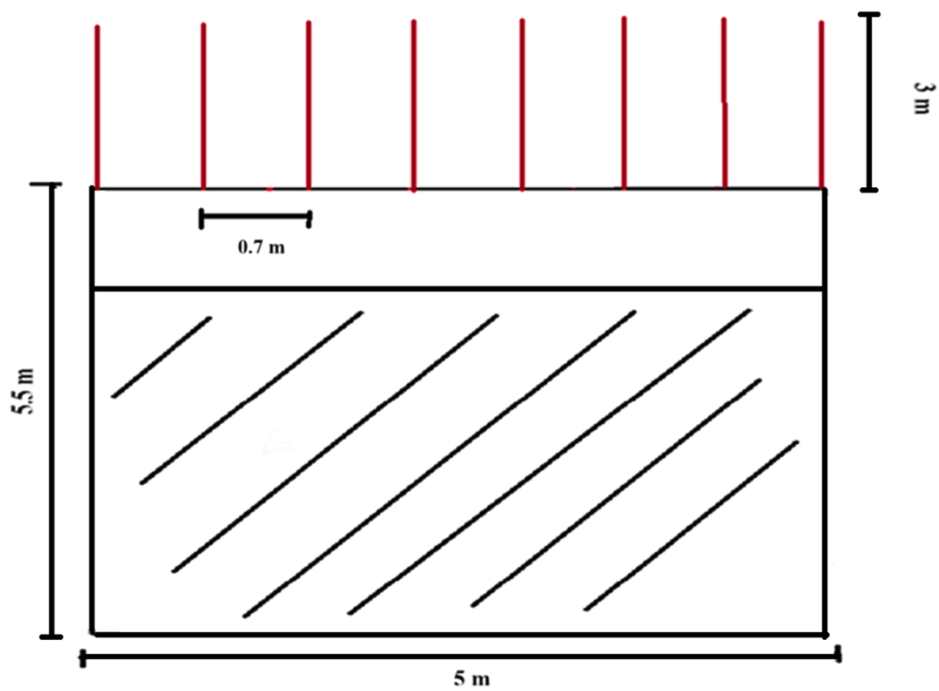


Figura 48: Segunda perforación realce

Terminado el realce de 6 m, se construye una galería de 2,5 x 2,5 m conectada a través de la rampa para ser usada como base para el segundo realce.

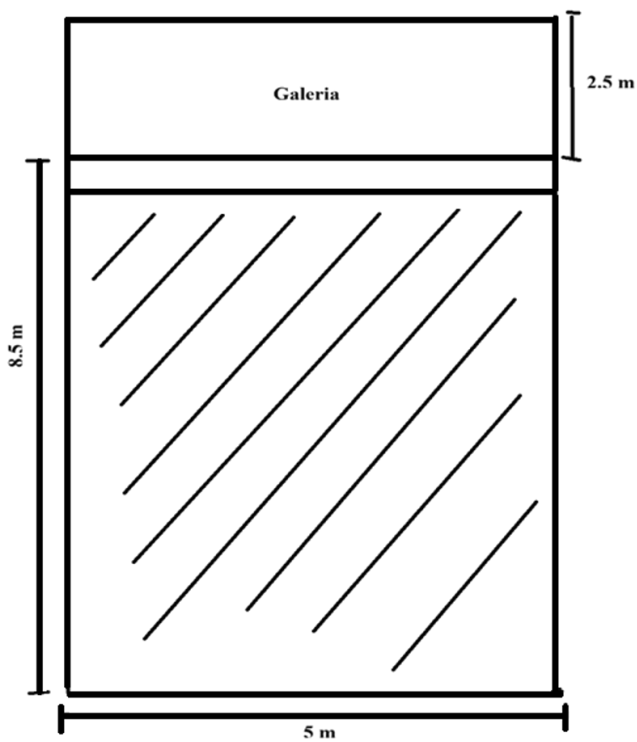


Figura 49: Representación galería sobre realce

Esta secuencia de desarrollo se repite 3 veces hasta llegar a la altura del caserón de 33 m.

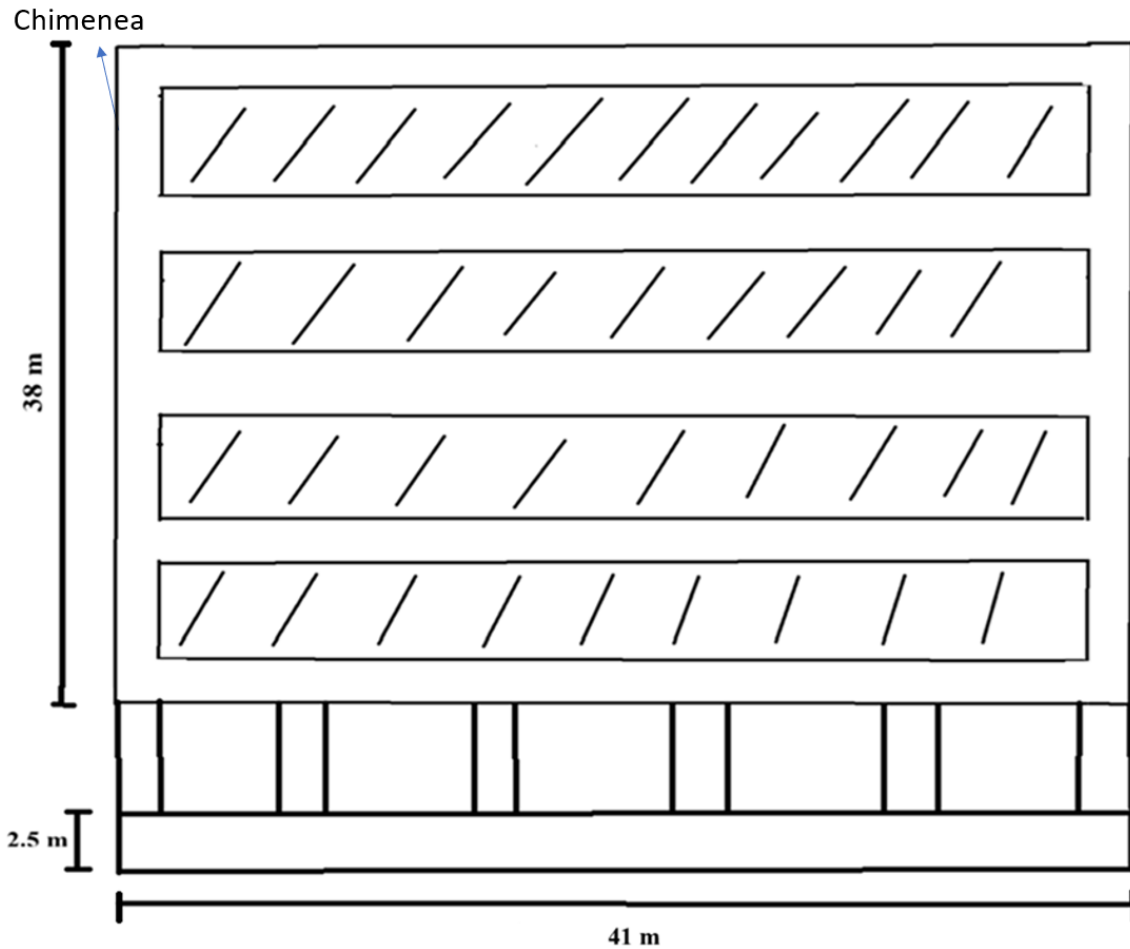


Figura 50: Representación desarrollo Shrinkage con etapa 1 y etapa 2

La producción de la etapa 2 como ya mencionado, se realiza mediante el vaciado del caserón por los 6 drawpoints conectados mediante chimeneas de 10 m de longitud con una inclinación de  $60^\circ$  para el paso del mineral ubicadas entre la galería base con una galería inferior. En la galería inferior se ubican los buzones de 12" donde el operador del Dumper abre el buzón para el paso del mineral esperando hasta el llenado del Dumper para después llevar el mineral al acopio y repetir el ciclo con el próximo buzón.

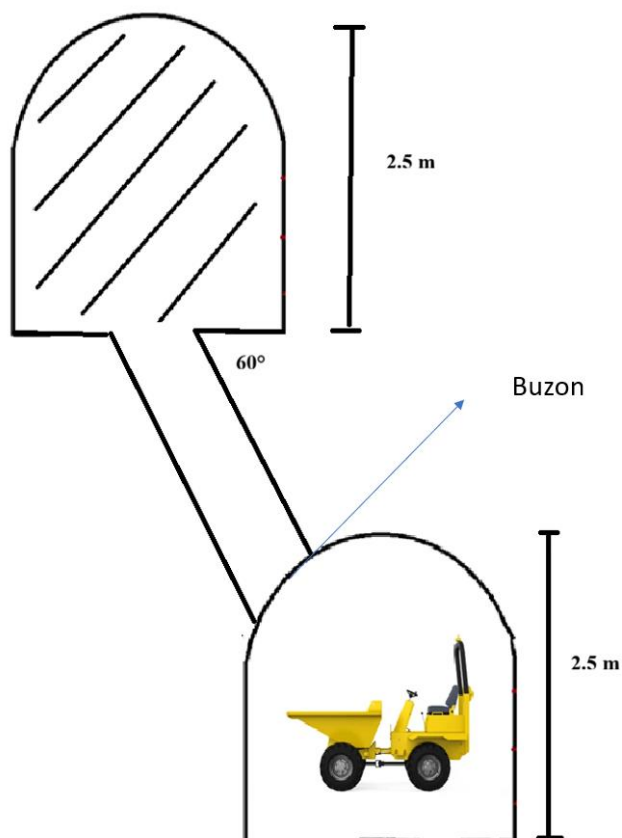


Figura 51: Representación producción etapa 2 Shrinkage

El ritmo de producción de la etapa esta condicionada a la disponibilidad y capacidad del Dumper, la cual en total es 3913 ton/

mes (Anexo A).

Considerando todos los tiempos de desarrollo de las distintas estructuras para la explotación mediante el Shrinkage stoping convencional, el tiempo total del desarrollo del método es:

| Tiempo Shrinkage stoping |          |
|--------------------------|----------|
| Tiempo rampa + 2 niveles | 263 días |
| Tiempo etapa 1           | 727 días |
|                          | 3,0 año  |
| Tiempo etapa 2           | 3 mes    |
|                          | 0,3 año  |
| Tiempo total             | 4,4 año  |

Tabla 18: Tiempo de desarrollo Shrinkage stoping

Por lo cual dado los resultados de la tabla 18, el tiempo total del desarrollo del Shrinkage es de 4,4 años de explotación.

### 4.3 DISEÑO BENCH AND FILL

La metodología del método de Bench and fill variante AVOCA, es una variante del banqueo por subniveles que utiliza un avance longitudinal con relleno seco (waste rock) simultáneo. En este sistema, se perfora y chorrea una sección del caserón; una vez extraído el mineral, se introduce material de relleno desde el extremo opuesto o desde un nivel superior para estabilizar las cajas y servir de plataforma para el siguiente ciclo.

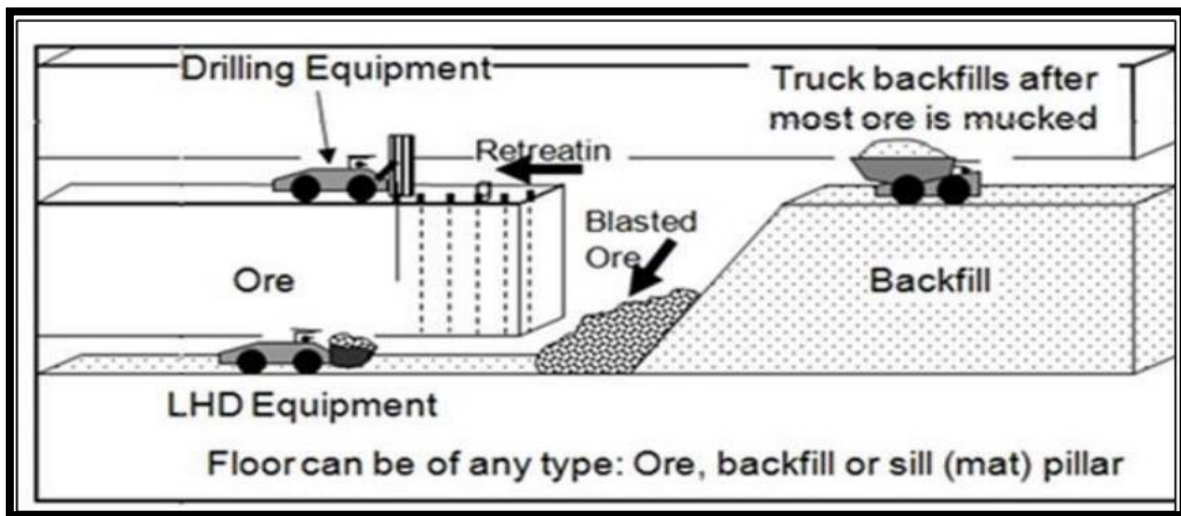


Figura 52: Método Bench and Fill. Apuntes Fundamentos de Tecnología Minera MI4070, 2016.

En el proceso de diseño en comparación al método de Shrinkage, en vez de 2 niveles, serán 3 en los cuales se ubicarán 2 caserones entre medio, por lo cual entre cada caserón estará una galería de perforación y la otra de extracción.

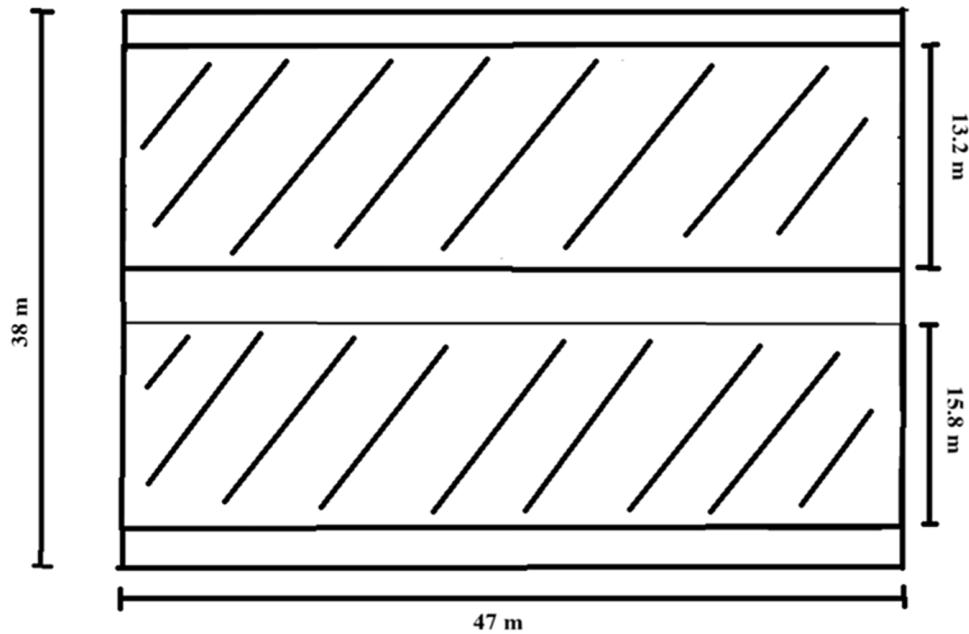


Figura 53: Representación estructuras Bench and fill

Al igual que en el método de Shrinkage se debe verificar la estabilidad de los caserones, las dimensiones del caserón 1 son:

| Dimensiones Caseron 1 B&F |          |         |             |
|---------------------------|----------|---------|-------------|
| Altura                    | Potencia | Corrida | Inclinacion |
| 15,8 m                    | 5 m      | 47 m    | 85°         |

Tabla 19: Dimensiones caserón 1 B&F

Con las dimensiones se calculan los radios hidráulicos de las caras del caserón:

| Cara del Caserón   | Radio Hidráulico (RH) |
|--------------------|-----------------------|
| Hanging Wall/ Foot | 5,91 m                |
| Back/Crown         | 2,26 m                |
| Rib                | 1,90 m                |

Tabla 20: Radio hidráulico caserón 1 B&F.

En el caso del caserón 2, sus dimensiones son:

| Dimensiones Caseron 2 B&F |          |         |             |
|---------------------------|----------|---------|-------------|
| Altura                    | Potencia | Corrida | Inclinacion |
| 13,2 m                    | 5 m      | 47 m    | 85°         |

Tabla 21: Dimensiones caserón 2 B&F

Sus radios hidráulicos son:

| Cara del Caserón   | Radio Hidráulico (RH) |
|--------------------|-----------------------|
| Hanging Wall/ Foot | 5,15 m                |
| Back/Crown         | 2,26 m                |
| Rib                | 1,81 m                |

Tabla 22: Radio hidráulico caserón 2 B&F

La dilución del método de Bench and fill corresponden típicamente al espacio procedente de la explotación del caserón y el material cae a la galería de producción y este se mantiene a lo largo de toda la explotación, este espacio vacío usualmente se determina por el metraje de tajo o rebanada que se realiza por la tronadura. En este caso debido a que el N de Mathews es sumamente alto, indica que no se producirá dilución y el todo el material caerá directamente.

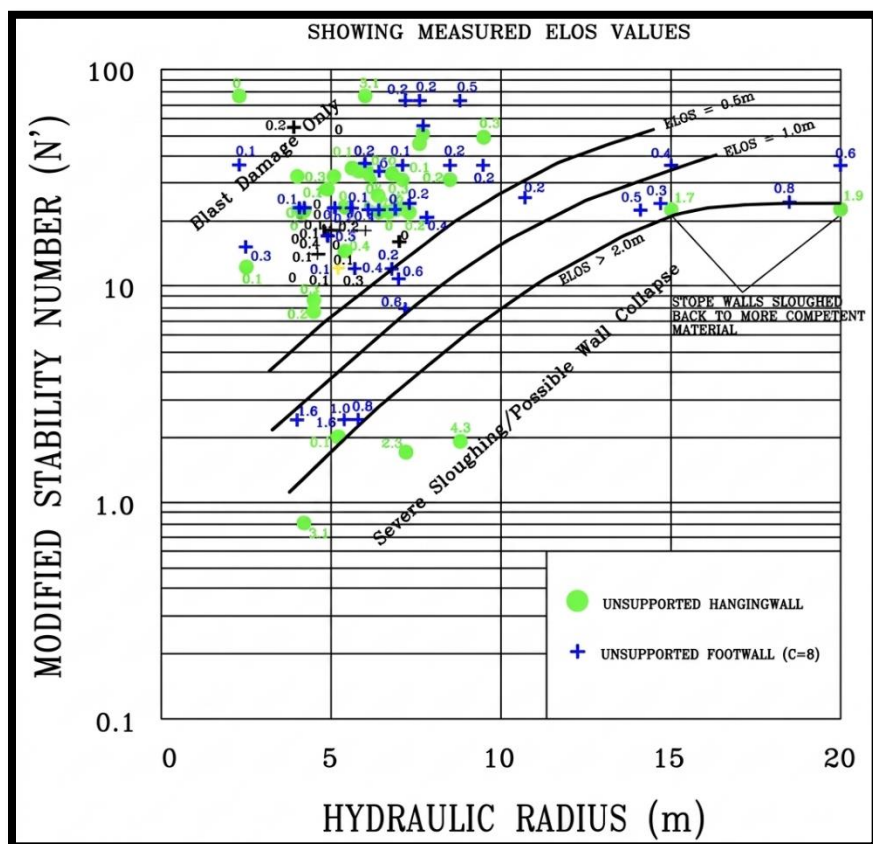


Figura 54: ELOS, dilución, Clark y Pakalnis (1997)

Como se aprecia en el gráfico, debido al N de 433,4, independiente del radio hidráulico de este espacio, no existirá dilución.

$$Dilucion = \frac{ELOS}{Ancho\ veta} = \frac{0,0\ m}{5\ m} = 0\%$$

Para el diseño de perforación del Bench and fill, se usa la misma metodología anterior mediante las fórmulas de Langefors.

| Perforacion produccion B&F      |       |                    |
|---------------------------------|-------|--------------------|
| Parámetro                       | Valor | Unidad             |
| <b>Diámetro</b>                 | 76    | mm                 |
| <b>Burden (B)</b>               | 1,9   | m                  |
| <b>Espaciamento (E)</b>         | 0,8   | m                  |
| <b>Taco</b>                     | 1,4   | m                  |
| <b>Longitud de perforacion</b>  | 14,5  | m                  |
| <b>N perforaciones por fila</b> | 4     | un                 |
| <b>Factor de carga</b>          | 1,2   | kg/m <sup>3</sup>  |
| <b>Densidad de la roca</b>      | 2,75  | ton/m <sup>3</sup> |
| <b>Produccion por fila</b>      | 379   | ton/fila           |
| <b>Disparos por dia</b>         | 0,33  | disp/dia           |
| <b>Disparos por mes</b>         | 7     | disp/mes           |
| <b>Produccion mineral</b>       | 842   | ton/mes            |

Tabla 23: Parámetros Perforación producción B&F

La disposición de los tiros de 2 centrales (inclinados según la veta 85°) y 2 inclinados en forma de abanico (pata de gallo) para abarcar los 5 m de ancho de la veta. Hay que añadir que, debido a las dimensiones de la galería de perforación, el equipo dispuesto para realizar las perforaciones es un Drill Rig YGD 70, que, gracias a sus dimensiones y facilidades para maniobrar en espacios de galerías estrechas, permite se puedan hacer perforaciones a lo ancho de la galería.

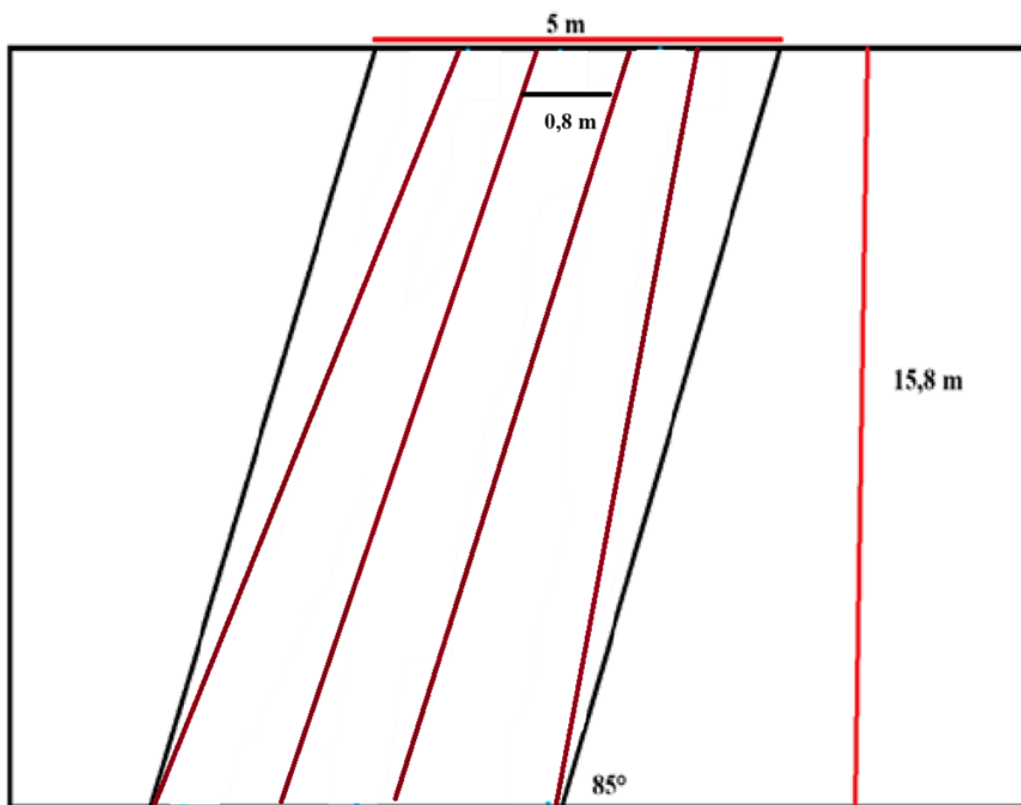


Figura 55: Representación tiros abanico entre galerías fase 1

| Calculo explosivos produccion Bench and fill |       |                |
|----------------------------------------------|-------|----------------|
| Columna explosiva                            | 13,1  | m              |
| Columna emulsion                             | 2,2   | m              |
| Columna ANFO                                 | 10,9  | m              |
| Densidad emulsion                            | 1150  | kg/m3          |
| Densidad ANFO                                | 780   | kg/m3          |
| Peso carga emulsion                          | 1,2   | kg             |
| Peso carga ANFO                              | 38,6  | kg             |
| Carga explosiva                              | 40,1  | kg/perforacion |
| Total de explosivo                           | 160,4 | kg             |
| Volumen a remover                            | 137,8 | m3             |
| Factor de carga                              | 1,16  | kg/m3          |

Tabla 24: Calculo explosivos producción B&F

Mediante esta configuración se explotarán ambos caserones, este proceso se dividirá en 2 fases. La primera será la explotación del primer caserón que esta entre la galería del nivel intermedio y la galería inferior, estas serán las galerías de perforación y producción correspondientemente. Después de terminado la explotación del primer caserón y su relleno hasta la galera del nivel intermedio, se procederá a la explotación del segundo caserón que

esta entre la galería del nivel superior y el nivel intermedio, finalmente este caserón se rellenado también.

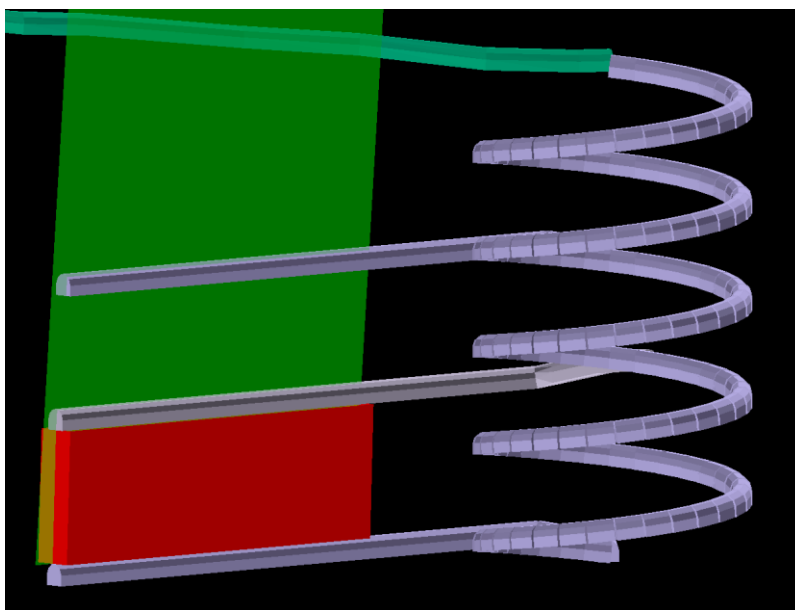


Figura 56: Vista isométrica Fase 1

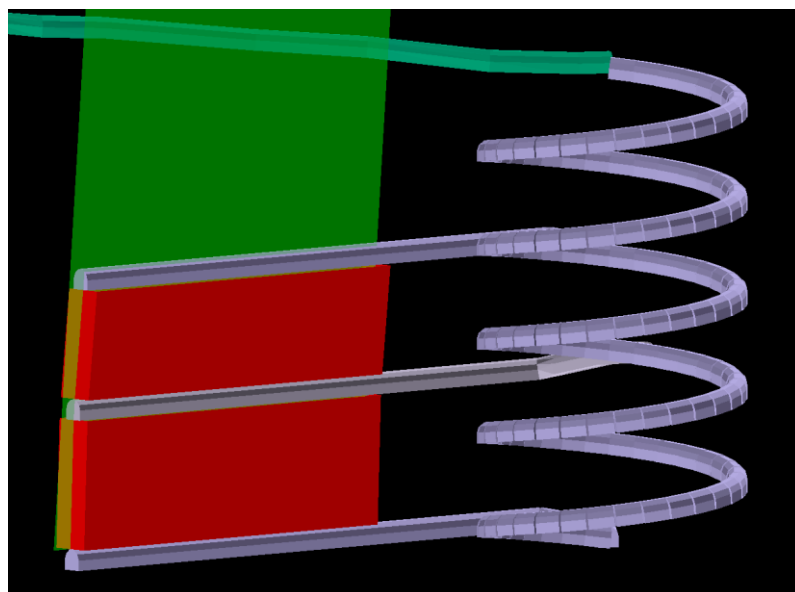


Figura 57: Vista isométrica fase 2

## 5. ANALISIS ECONOMICO DE LOS METODOS

Al realizar el análisis y la evaluación económica de los modelos se toma para el cálculo de ingreso el mismo proceso el cual los mineros locales realizan, que corresponde a la venta de

los minerales extraídos a la planta de ENAMI que se encuentra en el lugar y sus consideraciones que corresponden a la venta de este.

También en este caso se tomarán los valores correspondientes a la fecha a la cual se realiza la evaluación económica (marzo 2026), en especial el valor del oro, el valor del dólar y el valor del combustible. Para hacer la evaluación de los métodos se harán 2 casos, los del Shrinkage y del Bench and fill, donde se evaluarán a través de los costos de explotación, costos de avance, dilución e inversión de los métodos, con lo cual se determinará el ingreso final de cada método. Para determinar las condiciones económicas en que son viables cada método se crea 2 análisis de sensibilidad con las variables de ley de Au y las reservas de mineral. Posteriormente se desarrollan 3 casos hipotéticos con estas 2 variables (Pesimista, Medio y Optimista) para hacer la evaluación económica según el rendimiento de los métodos dadas las condiciones propuestas. Para determinar si el método es económicamente viable, los ingresos netos obtenidos tienen que ser un 30% superiores a la inversión realizada en cada método, por lo cual el valor de los ingresos debe ser igual o superior a la suma entre la inversión más la inversión multiplicada por el factor de 1,3.

## **5.1 CALCULO DE INGRESO BRUTO**

Usando como referencia, consultas realizadas a mineros locales en vista de los costos de extracción, exploración y las regalías. Proyectamos el cálculo de los ingresos posibles, usando esos parámetros en una hoja de cálculo básica. Hay que añadir que para este cálculo no contaremos los beneficios y/o descuentos como el precio de compra del flete en seco, el precio de venta en húmedo, castigos por impurezas y beneficios por minerales secundarios. Esto por simplificar el cálculo teórico final.

Para las consideraciones en el cálculo de ingresos se tienen:

| Tarifa mensual Oro (marzo 2026) |           |                |
|---------------------------------|-----------|----------------|
| Base                            | escala    | referencia ley |
| \$ 376.068                      | \$ 83.738 | 5              |

| Retenciones (4.2%)                   |
|--------------------------------------|
| Retencion D.L. 824 Art.23. ENAMI: 4% |
| Asoc. GremialMra. Rancagua (0.2%)    |

| Reglas de Regalías (teor X %) |
|-------------------------------|
| 0 - 5 g/t: 22% de regalía     |
| 5.01-6 g/t: 27%               |
| 6.01-7 g/t: 33%               |
| mayor que 7.01 g/t: 38%       |

Tabla 25: Consideraciones de precios y porcentajes para cálculo de ingreso

Siendo las regalías y las retenciones, consideraciones particulares del sitio de estudio como lo es el distrito Chancón. Las retenciones van a ser los valores que se quedan ENAMI y la Asociación Gremial Minería del sector de Rancagua, por el sentido de la acción de la venta de los minerales y por ser parte de la Asociación. Finalmente tomando las consideraciones anteriores se tiene lo siguiente para cada método tomando en consideración las leyes diluidas de cada método.

| Shrinkage              |                   | Bench and fill         |                   |
|------------------------|-------------------|------------------------|-------------------|
| Ley (promedio) g/ton   | 3,25              | Ley (promedio) g/ton   | 3,25              |
| Dilucion               | 1,04              | Dilucion               | 1                 |
| Valor (base - escala)  | \$ 219.059        | Valor (base - escala)  | \$ 229.527        |
| Descuento conc. (0.15) | \$ 12.561         | Descuento conc. (0.15) | \$ 12.561         |
| Valor por tonelada     | \$ 206.499        | Valor por tonelada     | \$ 216.966        |
| Flete (CLP/t)          | \$ 3.000          | Flete (CLP/t)          | \$ 3.000          |
| Regalia (22%)          | \$ 45.430         | Regalia (22%)          | \$ 47.732         |
| Retenciones (4.2%)     | \$ 8.673          | Retenciones (4.2%)     | \$ 9.113          |
| <b>Total (CLP/t)</b>   | <b>\$ 149.396</b> | <b>Total (CLP/t)</b>   | <b>\$ 157.121</b> |

Tabla 26: Calculo de valor por tonelada

La ley promedio viene estipulada por los estudios geológicos realizados en la mina La Palmera mencionados en las características del Clavo 1. Se toma la ley promedio de oro del yacimiento que corresponden a 3,25 g/ton que son los cuales se tienen datos de la explotación actual.

El valor por tonelada obtenido corresponde al valor de venta por tonelada de mineral extraído sin contar con los descuentos que vienen implicados a la venta a ENAMI además de las regalías. Estos descuentos se deben de agregar al cálculo para obtener el valor de los ingresos por venta de mineral.

El cargo de flete es un valor entregado según el transporte del mineral a la planta de ENAMI que se encuentra a 32 km aproximadamente de la mina. El porcentaje de regalía viene a ser un valor que va de la mano con la ley de mineral del mineral. Esta regalía corresponde al pago realizado por el pequeño minero al dueño de la concesión en la cual se opera.

El valor total es el valor de ingreso obtenido por venta de tonelada de mineral, lo que corresponde a la liquidación de pago posterior a la venta a ENAMI ya que se considera además el pago de las regalías que corresponden al pago realizado al dueño de la concesión donde se ubica la mina La Palmera.

## **5.2 EQUIPOS Y DOTACION MINA Y CALCULO COSTES DE EXPLOTACION DE LOS METODOS**

### **5.2.1 EQUIPOS Y DOTACION MINA**

En pequeña minería y minería artesanal, debido a la poca inversión es normal el uso de equipo con contrato de arriendo, también a manera de reducir costos, se opta además de compartir este gasto de arriendo de equipos, con las otras minas del sector incluyendo también la opción de diseñar o adaptar otros equipos que pueden ser utilizados en otro rubro diferente a la explotación de la mina. En este caso se considerarán los equipos utilizados actualmente en la explotación de la mina y se contemplarán los cuales funcionan bajo contrato de arriendo incluyendo los insumos para su funcionamiento, para realizar el cálculo de costes operacionales.

Los equipos de la mina actuales son:

- 4 perforadoras YT27 (Jack leg) manuales
- 2 compresores Kaeser M57
- 1 Dumper
- 1 Minicargador o Bobcat
- 1 Scoop 1,5 m cúbicos
- 1 buzón de descarga diámetro 12" (fabricación propia)

El personal en la mina se conforma por 4 personas (perforista, ayudante y operadores), que trabajan según jornada de 9:00 a 19:00 de 1 turno de lunes a viernes. La mantención se establece cada 200 horas.

### 5.2.2 CALCULO COSTE DE AVANCE E INVERSION TOTAL

El coste de avance se define como el valor monetario asignado a la ejecución de una unidad lineal de excavación (generalmente medida en \$/metro) en labores de desarrollo y preparación. Representa la consolidación de todos los recursos económicos consumidos durante el ciclo de minado para desplazar el frente de trabajo hacia el objetivo geológico.

Este indicador técnico-económico constituye la expresión monetaria consolidada de todos los recursos consumidos por cada unidad de longitud excavada en la infraestructura subterránea, integrando de manera sistémica los desembolsos operativos del ciclo de minado —perforación, voladura, limpieza y acarreo— con las inversiones en sostenimiento y servicios auxiliares. Esta métrica trasciende la simple acumulación de gastos para convertirse en un barómetro de la eficiencia operativa y la respuesta mecánica del macizo rocoso, permitiendo establecer una correlación directa entre el rendimiento de la flota mecanizada y la viabilidad financiera del proyecto (Gentry y O'Neil, 1984).

Desde una perspectiva metodológica, el análisis de este valor permite desglosar la incidencia de los costos fijos y variables que determinan el umbral de rentabilidad en las labores de desarrollo y preparación, donde la optimización de los tiempos de ciclo y el control de la sobre excavación resultan determinantes para la gestión del presupuesto de capital. Una administración rigurosa de estos componentes permite a la unidad minera mitigar la volatilidad en los precios de insumos críticos, como explosivos y aceros, garantizando que el acceso a las reservas de mineral se mantenga dentro de los parámetros económicos previstos en el plan de minado a largo plazo (Hartman y Mutmanský, 2002).

Finalmente, la integración de este parámetro en el modelo financiero de un proyecto minero facilita la ejecución de análisis de sensibilidad ante variaciones en las condiciones geomecánicas o el grado de mecanización de la mina, factores que representan variables disruptivas en las estructuras de costos contemporáneas.

El avance en las pequeñas minas en el distrito Chancón, es llevado en su mayoría por empresas externas que realizan esta labor, donde su valor por metro es dependiente según las dimensiones del frente de avance que se quiere trabajar en la mina.

El valor de avance subterráneo según contrato es de 300.000 CLP/m para una labor de 2-2,5 x 2-2,5 m (Carrasco, 2024), este valor se desglosa en:

- Minicargador CAT: 15.000 CLP/hr
- Perforadora Atlas Copco
- Brocas: 0,8-1,2-1,8 m
- Manguera de aire 100 m
- Compresor Atlas Copco: 700.000 CLP/mes
- Petróleo: 30.000 CLP/día
- Costos mano de obra: 60.000 CLP/mes – 2 personas
- Costo seguro: 200.000 CLP/mes
- Costos operacionales: 20.000 CLP/semana
- Costos indirectos (traslado de mineral a planta): 10.000 CLP/ton lixiviación – 4.000 CLP/ton flotación

Considerando los valores presentados, se hace el cálculo del coste de avance total en relación con la cantidad de metros necesarios de extraer según el avance para poder realizar la explotación de cada método. Lo que viene dado de la siguiente manera:

$$\text{Coste de avance} = 300.000 \text{ CLP/m} * \text{metros de avance total}$$

Los metros de avance serán el total del descenso cilíndrico más los 2 niveles, que en total vienen a ser 394 m

$$\text{Coste de avance rampa y 2 niveles} = 300.000 \frac{\text{CLP}}{\text{m}} * 394 \text{ m} = 118.200.000 \text{ CLP}$$

Lo que da en total 118.200.000 CLP el coste total del avance de la rampa más los niveles superior e inferior.

Para el cálculo de la inversión necesaria para implementar cada método, se realiza el cálculo del costo por metro de las estructuras necesarias para la implementación de cada uno (Anexo A) y además se añade el valor de comisión de ENAMI que corresponde al pago del 2,5% de la inversión total para el desarrollo de la mina, esto es debido al crédito al cual los pequeños mineros optan para poder tener acceso a inversión. Este crédito para el desarrollo mina de ENAMI, tiene un valor máximo de 300.000 USD o 300 millones CLP aplicados a la moneda

extranjera con un periodo de pago de 5 años con opción a un año de gracia. El directorio de ENAMI fija una tasa de interés particular en cada caso de proyecto de desarrollo y preparación mina, pero para este caso, esta cuota mensual es aplicada al costo operación de cada método y calculada con una tasa de interés de 5,84% anual que corresponde al tramo de interés de créditos de monto superior a las 2.000 UF (82.000.000 CLP aproximados).

La cuota mensual es calculada mediante la formula:

$$Cuota\ mensual = \frac{P * i}{1 + (1 - i)^n}$$

Donde P es el monto del préstamo, i la tasa de interés y n el plazo de pago en meses.

En total el costo de inversión para cada método se desglosa en:

| Inversion Shrinkage |               |     |
|---------------------|---------------|-----|
| Inicial             | \$118.200.000 | CLP |
| Desquinces          | \$38.181.712  | CLP |
| Galerias            | \$68.812.697  | CLP |
| Chimeneas           | \$33.088.843  | CLP |
| Comision ENAMI      | \$6.457.081   | CLP |
| Total               | \$264.740.333 | CLP |

Tabla 27: Inversión Shrinkage

| Inversion Bench and fill |               |     |
|--------------------------|---------------|-----|
| Inicial                  | \$118.200.000 | CLP |
| Galeria                  | \$17.203.174  | CLP |
| Comision ENAMI           | \$3.385.079   | CLP |
| Total                    | \$138.788.254 | CLP |

Tabla 28: Inversión Bench and fill

|                              |              |       |
|------------------------------|--------------|-------|
| Tasa de interes corriente    | 5,84%        |       |
| Comision obligatoria ENAMI   | 2,5%         |       |
| Periodo pago                 | 60           | meses |
| Cuota mensual Shrinkage      | \$15.053.799 | CLP   |
| Cuota mensual Bench and fill | \$7.891.848  | CLP   |

Tabla 29: Comisión ENAMI y pago mensual

Este valor total corresponde al valor necesario de pago de inversión para el desarrollo y preparación de la mina para la aplicación de cada método de explotación. Dado los valores

de la tabla 27 y 28, ambos montos totales se encuentran debajo del monto máximo de crédito, por lo que se puede optar a este beneficio.

### 5.2.3 CALCULO COSTES OPERACIONALES

Los costos de explotación se calcularán según cada método, de acuerdo con el rendimiento teórico que tienen y los costes de implementación de estos para su operación. Los componentes de los costos vienen dados por los equipos, sueldo del personal, insumos, costos indirectos y la cuota mensual a ENAMI.

Para determinar el coste de cada apartado, se hace un apoyo de fórmulas y metodología de cálculo basado en Carrasco, (2024), dada las similitudes del caso de estudio. Hay que añadir que, para determinar el valor de arriendo para algunos equipos, se utilizó el valor de adquisición dividido por los años de vida útil restantes del equipo traspasado a horas mensuales esto multiplicado por un factor de 1,5 dado la naturaleza del arriendo para obtener un beneficio económico y las 180 horas operativas necesarias típicas para tener un contrato de arriendo para maquinaria minera.

Los costos operaciones de cada método son:

| Shrinkage produccion Etapa 1 |              |                          |                 |         |
|------------------------------|--------------|--------------------------|-----------------|---------|
| Item                         | Precio       | Cantidad                 | Total           | Unidad  |
| Compresor Kaeser M57         | \$773.500    | 2                        | \$1.547.000     | CLP/mes |
| Bobcat                       | \$483.438    | 1                        | \$483.438       | CLP/mes |
| Dumper                       | \$647.609    | 1                        | \$647.609       | CLP/mes |
| Perforadoras YT27            | \$34.882     | 4                        | \$139.528       | CLP/mes |
| Perforista                   | \$900.000    | 1                        | \$900.000       | CLP/mes |
| Ayudante                     | \$800.000    | 1                        | \$800.000       | CLP/mes |
| Operadores                   | \$1.000.000  | 2                        | \$2.000.000     | CLP/mes |
| Combustible                  | \$629.595    |                          | \$629.595       | CLP/mes |
| Tronadura (ANFO-Emultex)     | \$1.228.859  |                          | \$1.228.859     | CLP/mes |
| Perforacion                  | \$147.600    |                          | \$147.600       | CLP/mes |
| EPP                          | \$350.854    |                          | \$350.854       | CLP/mes |
| Flete agua                   | \$120.000    |                          | \$120.000       | CLP/mes |
| Costos indirectos            | \$10.896     |                          | \$10.896        | CLP/mes |
| Mantenimiento                | \$1.556.341  |                          | \$1.556.341     | CLP/mes |
| Cuota mensual ENAMI          | \$15.053.799 |                          | \$15.053.799    | CLP/mes |
| Suma                         |              |                          | \$25.615.518    | CLP/mes |
| Rendimiento mina             |              |                          | 515             | ton/mes |
|                              |              | <b>Costo operacional</b> | <b>\$49.739</b> | CLP/ton |

Tabla 30: Costos operacionales Etapa 1 Shrinkage

| Shrinkage Etapa 2   |              |                          |                |         |
|---------------------|--------------|--------------------------|----------------|---------|
| Item                | Precio       | Cantidad                 | Total          | Unidad  |
| Dumper              | \$647.609    | 1                        | \$647.609      | CLP/mes |
| Operadores          | \$1.000.000  | 1                        | \$1.000.000    | CLP/mes |
| Combustible         | \$2.732.400  |                          | \$2.732.400    | CLP/mes |
| EPP                 | \$87.714     |                          | \$87.714       | CLP/mes |
| Costos indirectos   | \$10.896     |                          | \$10.896       | CLP/mes |
| Mantenimiento       | \$1.149.303  |                          | \$1.149.303    | CLP/mes |
| Cuota mensual ENAMI | \$15.053.799 |                          | \$15.053.799   | CLP/mes |
| Suma                |              |                          | \$20.034.112   | CLP/mes |
| Rendimiento mina    |              |                          | 3913           | ton/mes |
|                     |              | <b>Costo operacional</b> | <b>\$5.120</b> | CLP/ton |

Tabla 31: Costos operacionales Etapa 2 Shrinkage

| Bench and fill           |             |                          |                 |         |
|--------------------------|-------------|--------------------------|-----------------|---------|
| Item                     | Precio      | Cantidad                 | Total           | Unidad  |
| Compresores Kaeser M57   | \$773.500   | 1                        | \$773.500       | CLP/mes |
| Scoop 1,53 m³            | \$1.171.875 | 1                        | \$1.171.875     | CLP/mes |
| Bobcat                   | \$483.438   | 1                        | \$483.438       | CLP/mes |
| Dumper                   | \$647.609   | 1                        | \$647.609       | CLP/mes |
| Drill Rig                | \$184.821   | 1                        | \$184.821       | CLP/mes |
| Perforista               | \$900.000   | 1                        | \$900.000       | CLP/mes |
| Ayudante                 | \$800.000   | 1                        | \$800.000       | CLP/mes |
| Operadores               | \$1.000.000 | 2                        | \$2.000.000     | CLP/mes |
| Combustible              | \$5.921.751 |                          | \$5.921.751     | CLP/mes |
| Tronadura (ANFO-Emultex) | \$1.385.260 |                          | \$1.385.260     | CLP/mes |
| Perforacion              | \$219.663   |                          | \$219.663       | CLP/mes |
| EPP                      | \$350.854   |                          | \$350.854       | CLP/mes |
| Costos indirectos        | \$10.896    |                          | \$10.896        | CLP/mes |
| Mantenimiento            | \$3.176.527 |                          | \$3.176.527     | CLP/mes |
| Cuota mensual ENAMI      | \$7.891.848 |                          | \$7.891.848     | CLP/mes |
| Suma                     |             |                          | \$25.918.042    | CLP/mes |
| Rendimiento mina         |             |                          | 842             | ton/mes |
|                          |             | <b>Costo operacional</b> | <b>\$30.789</b> | CLP/ton |

Tabla 32: Costos operacionales Bench and fill

El componente en relación con la mantención del equipo compone según lo expresado por el director de Gecamin, donde el valor del mantenimiento de los equipos corresponde al 30%-40%, del costo mensual operacional (Carrasco, 2024), en este caso se realizó el cálculo contemplando un 30% del costo mensual, pero no incluyendo los valores de mantención de los equipos arrendados, ya que dados que estos funcionan mediante el contrato de arriendo, en este contrato se considera un seguro del equipo y que el deber que estos equipos funcionen lo lleva el arrendador. Para el caso del flete del agua, tal como se indica en Carrasco, (2024),

corresponde al flete del agua necesaria para la perforación de las YT27 mas el agua de consumo, en costos indirectos corresponde al valor de agua de consumo para el personal.

Como contexto para el caso de los pequeños mineros, hay que añadir que es común el compartir los gastos de arriendo y sus insumos de los equipos entre varias faenas, pero para este caso se tomará en cuenta el costo de arriendo total.

### 5.3 ANALISIS ECONOMICO SHRINKAGE STOPING

El uso del Shrinkage stoping en pequeña minería es común en el sector del distrito Chancón, donde típicamente se usa una combinación entre el Room & Pillar y el Shrinkage. Este método implica una mayor simplicidad en la explotación, que se adapta bien a vetas pequeñas y tiene un costo de capital bien menor en comparación al R&P.

Para realizar el análisis económico del método, se hace un cálculo de ingresos por tonelada menos los costos de operación, para determinar el ingreso final de cada etapa. En el caso de la etapa 2, el valor de precio del mineral debido al tiempo de depreciación considerando que el valor del precio del mineral futuro es menor al valor actual, se disminuye en un factor de 15%.

|                           |           |               |
|---------------------------|-----------|---------------|
| Ingreso Venta ENAMI       | \$        | 149.396       |
| Costo operacional (CLP/t) | \$        | 49.739        |
| Ingreso - Costos          | \$        | 99.657        |
| <b>Ingreso final</b>      | <b>\$</b> | <b>99.657</b> |

Tabla 33: Ingreso Shrinkage Etapa 1

|                           |           |                |
|---------------------------|-----------|----------------|
| Ingreso Venta ENAMI       | \$        | 149.396        |
| Costo operacional (CLP/t) | \$        | 5.120          |
| Ingreso - Costos          | \$        | 144.276        |
| Factor depreciacion       |           | 15%            |
| <b>Ingreso final</b>      | <b>\$</b> | <b>125.457</b> |

Tabla 34: Ingreso Shrinkage Etapa 2

Con estos ingresos finales se hace el calculo de las reservas mínimas necesarias para costear la inversión y el balance de ingresos considerando las reservas obtenidas mediante los sondeos del cuerpo mineralizado.

| <b>Modelo 1 (Calculo de Ingreso Neto)</b> |           |                    |
|-------------------------------------------|-----------|--------------------|
| Mine Development                          | \$        | 264.740.333        |
| Reserva Minima (t)                        |           | 2.250              |
| Reservas (t)                              |           | 1.760              |
| <b>Ingreso neto</b>                       | <b>\$</b> | <b>-57.692.705</b> |

Tabla 35: Reserva mínima y balance Shrinkage

Dado los resultados de la tabla 35, se sabe que la reserva mínima son 2.250 toneladas, que son superiores a las 1.760 toneladas que se saben que existen por los sondeos realizados de mineral, con lo cual otorgan un ingreso final negativo -57.692.705 de CLP de ingresos netos. Lo que indica que dadas estas condiciones el método de Shrinkage stoping convencional que emplean en la mina, no es viable económicamente.

### 5.3.1 ANALISIS DE SENSIBILIDAD DE VARIABLES EN SHRINKAGE STOPING

En el análisis de sensibilidad se utilizan toneladas del yacimiento y la ley de este como variables principales para determinar como afectan estas variables al desempeño del método de explotación, además de poder calcular con que valor de estas variables por separado el método es viable económicamente.

#### 5.3.1.1 ANALISIS DE SENSIBILIDAD DE TONELADAS EN SHRINKAGE STOPING

En el caso del Shrinkage stoping, como primero se extrae el esponjamiento y después el vaciado del caserón, la metodología de la sensibilidad de las toneladas para el método será primero el cálculo de las reservas mínimas para costear la inversión, después el cálculo para el valor de rentabilidad que es la inversión por el factor de 1.3, final mente la suma de estas toneladas serán las necesarias para que el método sea viable económicamente. La ley de Au para este análisis se mantiene en los 3,25 g/ton.

| Venta mineral Shrinkage para inversion |               |         |
|----------------------------------------|---------------|---------|
| Precio mineral-costo                   | \$99.657      | CLP/ton |
| Toneladas fase 1                       | 675           | ton     |
| Ingreso bruto fase 1                   | \$67.271.237  | CLP     |
| Toneladas fase 2                       | 1575          | ton     |
| Precio mineral-costo                   | \$125.457     | CLP/ton |
| Ingreso bruto fase 2                   | \$197.603.908 | CLP     |
| Ingreso neto                           | \$264.875.145 | CLP     |

Tabla 36: Venta y cálculo de reserva mínima

Dado la tabla 36, la reserva mínima ya mencionada anteriormente, es de 2.250 toneladas.

| Venta mineral Shrinkage para rentabilidad |               |         |
|-------------------------------------------|---------------|---------|
| Precio mineral-costo                      | \$99.657      | CLP/ton |
| Toneladas fase 1                          | 877           | ton     |
| Ingreso bruto fase 1                      | \$87.428.690  | CLP     |
| Toneladas fase 2                          | 2047          | ton     |
| Precio mineral-costo                      | \$125.457     | CLP/ton |
| Ingreso bruto fase 2                      | \$256.814.824 | CLP     |
| Ingreso neto                              | \$344.243.515 | CLP     |

Tabla 37: Venta y cálculo de valor de rentabilidad

Con el valor de tabla 37 más la reserva mínima se obtiene que se necesitan 5.174 toneladas para que el Shrinkage stoping sea viable económicamente.

| Venta mineral Shrinkage para ser viable |               |         |
|-----------------------------------------|---------------|---------|
| Precio mineral-costo                    | \$99.657      | CLP/ton |
| Toneladas fase 1                        | 1552          | ton     |
| Ingreso bruto fase 1                    | \$154.699.927 | CLP     |
| Toneladas fase 2                        | 3622          | ton     |
| Precio mineral-costo                    | \$125.457     | CLP/ton |
| Ingreso bruto fase 2                    | \$454.418.732 | CLP     |
| Ingreso neto para ser viable            | \$609.118.660 | CLP     |

Tabla 38: Venta y cálculo de toneladas para ser viable Shrinkage

El valor de ingreso neto total con las 5.174 toneladas es de 609.118.660 CLP, estando por sobre los 608.902.766 CLP necesarios para que el método sea viable.

### 5.3.3.2 ANALISIS DE SENSIBILIDAD DE LEY DE AU EN SHRINKAGE STOPING

Para el caso del análisis de la ley, se usa el mismo concepto que el análisis anterior, en este caso se usan las 1.760 de reservas como referencia y se evalúa con que ley de Au es viable

el método con las reservas estipuladas. Para la ley de Au se consideran hasta 2 decimales en el análisis.

| Shrinkage              |           |
|------------------------|-----------|
| Ley (promedio) g/ton   | 9,36      |
| Dilucion               | 1,04      |
| Valor (base - escala)  | \$711.020 |
| Descuento conc. (0.15) | \$12.561  |
| Valor por tonelada     | \$698.459 |
| Flete (CLP/t)          | \$3.000   |
| Regalia (38%)          | \$265.415 |
| Retenciones (4.2%)     | \$29.335  |
| Total (CLP/t)          | \$400.709 |

Tabla 39: Sensibilidad de ley Au Shrinkage

| Venta mineral Shrinkage |               |         |
|-------------------------|---------------|---------|
| Precio mineral-costo    | \$350.970     | CLP/ton |
| Toneladas fase 1        | 528           | ton     |
| Ingreso bruto fase 1    | \$185.312.377 | CLP     |
| Toneladas fase 2        | 1232          | ton     |
| Precio mineral-costo    | \$343.991     | CLP/ton |
| Ingreso bruto fase 2    | \$423.796.909 | CLP     |
| Ingreso neto            | \$609.109.286 | CLP     |

Tabla 40: Venta de mineral y calculo de ingreso neto según nueva ley Shrinkage

Dado los resultados de la tabla 40 en base a los parámetros de la tabla 39, se obtiene que es necesaria una ley de Au de 9,36 g/ton para obtener un ingreso de 609.109.286 CLP que se encuentran sobre 608.902.766 CLP necesarios para que el método sea viable.

#### 5.4 ANALISIS ECONOMICO BENCH AND FILL

En el caso del B&F se hace el mismo procedimiento anterior de análisis económico.

|                           |    |         |
|---------------------------|----|---------|
| Ingreso Venta ENAMI       | \$ | 157.121 |
| Costo operacional (CLP/t) | \$ | 30.789  |
| Ingreso - Costos          | \$ | 126.332 |
| Ingreso final             | \$ | 126.332 |

Tabla 41: Ingresos B&F

| <b>Modelo 1 (Calculo de Ingreso Neto)</b> |           |                   |
|-------------------------------------------|-----------|-------------------|
| Mine Development                          | \$        | 138.788.254       |
| Reserva Minima (t)                        |           | 1.099             |
| Reservas (t)                              |           | 1.760             |
| <b>Ingreso neto</b>                       | <b>\$</b> | <b>83.556.290</b> |

Tabla 42: Reserva mínima y balance B&F

Con los resultados mencionados en las tablas, se obtiene una reserva mínima de 1.099 toneladas y se obtienen 83.556.290 CLP de ingresos netos que indican que mediante este método se puede costear la inversión necesaria para su implementación pero que el ingreso neto es menor al valor de inversión lo cual no es viable económicamente.

#### 5.4.1 ANALISIS DE SENSIBILIDAD DE VARIABLES EN BENCH AND FILL

Se utiliza el mismo concepto con el método de explotación anterior, pero considerando las condiciones intrínsecas de este método.

##### 5.4.1.1 ANALISIS DE SENSIBILIDAD DE TONELADAS EN BENCH AND FILL

Se realiza el mismo análisis que en el caso del Shrinkage stoping pero en este caso el precio es único y se mantiene en el tiempo de producción.

| Venta mineral Bench and fill para ser viable |               |         |
|----------------------------------------------|---------------|---------|
| Ingreso para rentabilidad                    | \$180.424.730 | CLP     |
| Reservas minimas                             | 1099          | ton     |
| Reservas para rentabilidad                   | 1428          | ton     |
| Reservas para ser viable                     | 2527          | ton     |
| Precio mineral                               | \$126.332     | CLP/ton |
| Ingreso neto para ser viable                 | \$319.212.983 | CLP     |

Tabla 43: Venta y cálculo de toneladas para ser viable B&F

Dada la tabla 43, con 2.527 toneladas de reservas, se obtiene un ingreso neto de 319.212.983 CLP que son los necesarios para que el método sea viable económicamente.

##### 5.4.1.2 ANALISIS DE SENSIBILIDAD DE LEY DE AU EN BENCH AND FILL

Se realiza el mismo análisis que el método anterior, manteniendo las 1.760 toneladas de reservas estipuladas.

| Bench and fill         |           |
|------------------------|-----------|
| Ley (promedio) g/ton   | 4,15      |
| Dilucion               | 1         |
| Valor (base - escala)  | \$304.891 |
| Descuento conc. (0.15) | \$12.561  |
| Valor por tonelada     | \$292.330 |
| Flete (CLP/t)          | \$3.000   |
| Regalia (22%)          | \$64.313  |
| Retenciones (4.2%)     | \$12.278  |
| Total (CLP/t)          | \$212.740 |

Tabla 44: Sensibilidad de ley Au Bench and fill

| Venta mineral Bench and fill |               |         |
|------------------------------|---------------|---------|
| Precio mineral-costo         | \$181.951     | CLP/ton |
| Toneladas                    | 1760          | ton     |
| Ingreso neto                 | \$320.233.596 | CLP     |

Tabla 45: Venta de mineral y cálculo de ingreso neto según nueva ley B&F

Dada la tabla 45, se tiene que con una ley de 4,15 g/ton se obtienen unos ingresos netos de 320.233.596 CLP que están por sobre los 319.212.983 CLP que son los necesarios para que el método sea viable económicamente.

## 5.5 ANALISIS DE ESCENARIOS DE VARIABLES PARA RENDIMIENTO DE LOS METODOS

Para el análisis de escenarios de variables para los métodos, se establecen 3 escenarios de las variables de reservas y ley de Au para evaluar el desempeño de los métodos y realizar la comparación de estos según sus resultados económicos. Los escenarios son:

| Escenario | Toneladas (t) | Ley Au (g/ton) |
|-----------|---------------|----------------|
| Pesimista | 1500          | 3              |
| Medio     | 3000          | 4              |
| Optimista | 5000          | 7              |

Tabla 46: Escenarios de variables

### 5.5.1 ESCENARIO PESIMISTA

En el escenario pesimista, se establecen reservas y ley menores a las condiciones actuales.

| Shrinkage pesimista    |           | Bench and fill pesimista |           |
|------------------------|-----------|--------------------------|-----------|
| Ley (promedio) g/ton   | 3         | Ley (promedio) g/ton     | 3         |
| Dilucion               | 1,04      | Dilucion                 | 1         |
| Valor (base - escala)  | \$198.930 | Valor (base - escala)    | \$208.592 |
| Descuento conc. (0.15) | \$12.561  | Descuento conc. (0.15)   | \$12.561  |
| Valor por tonelada     | \$186.369 | Valor por tonelada       | \$196.031 |
| Flete (CLP/t)          | \$3.000   | Flete (CLP/t)            | \$3.000   |
| Regalia (22%)          | \$41.001  | Regalia (22%)            | \$43.127  |
| Retenciones (4.2%)     | \$7.828   | Retenciones (4.2%)       | \$8.233   |
| Total (CLP/t)          | \$134.540 | Total (CLP/t)            | \$141.671 |

Tabla 47: Precios de venta escenario pesimista

| Venta mineral pesimista Shrinkage |                |         |
|-----------------------------------|----------------|---------|
| Precio mineral-costo              | \$84.801       | CLP/ton |
| Toneladas fase 1                  | 450            | ton     |
| Ingreso bruto fase 1              | \$38.160.640   | CLP     |
| Toneladas fase 2                  | 1050           | ton     |
| Precio mineral-costo              | \$112.540      | CLP/ton |
| Ingreso bruto fase 2              | \$118.166.688  | CLP     |
| Ingreso neto                      | \$156.327.328  | CLP     |
| Balance                           | -\$452.575.438 | CLP     |

Tabla 48: Balance ingreso escenario pesimista Shrinkage

| Venta mineral pesimista Bench and fill |                |         |
|----------------------------------------|----------------|---------|
| Precio mineral-costo                   | \$110.882      | CLP/ton |
| Toneladas                              | 1500           | ton     |
| Ingreso bruto                          | \$166.323.699  | CLP     |
| Balance                                | -\$152.889.284 | CLP     |

Tabla 49: Balance ingreso escenario pesimista Bench and fill

Con los resultados de las tablas 48 y 49, se obtiene que en el caso pesimista ninguno de los métodos es viable económicamente, teniendo un balance final negativo respecto a los ingresos versus inversión.

### 5.5.2 ESCENARIO MEDIO

En el escenario medio se establecen valores de las variables un poco superiores a las actuales del caso de estudio.

| Shrinkage medio        |           | Bench and fill medio   |           |
|------------------------|-----------|------------------------|-----------|
| Ley (promedio) g/ton   | 4         | Ley (promedio) g/ton   | 4         |
| Dilucion               | 1,04      | Dilucion               | 1         |
| Valor (base - escala)  | \$279.447 | Valor (base - escala)  | \$292.330 |
| Descuento conc. (0.15) | \$12.561  | Descuento conc. (0.15) | \$12.561  |
| Valor por tonelada     | \$266.887 | Valor por tonelada     | \$279.769 |
| Flete (CLP/t)          | \$3.000   | Flete (CLP/t)          | \$3.000   |
| Regalia (22%)          | \$58.715  | Regalia (22%)          | \$61.549  |
| Retenciones (4.2%)     | \$11.209  | Retenciones (4.2%)     | \$11.750  |
| Total (CLP/t)          | \$193.962 | Total (CLP/t)          | \$203.470 |

Tabla 50: Precios de venta escenario medio

| Venta mineral medio Shrinkage |                |         |
|-------------------------------|----------------|---------|
| Precio mineral-costo          | \$144.223      | CLP/ton |
| Toneladas fase 1              | 900            | ton     |
| Ingreso bruto fase 1          | \$129.800.877  | CLP     |
| Toneladas fase 2              | 2100           | ton     |
| Precio mineral-costo          | \$164.211      | CLP/ton |
| Ingreso bruto fase 2          | \$344.842.700  | CLP     |
| Ingreso neto                  | \$474.643.577  | CLP     |
| Balance                       | -\$134.259.189 | CLP     |

Tabla 51: Balance ingreso escenario medio Shrinkage

| Venta mineral medio Bench and fill |               |         |
|------------------------------------|---------------|---------|
| Precio mineral-costo               | \$172.681     | CLP/ton |
| Toneladas                          | 3000          | ton     |
| Ingreso bruto                      | \$518.043.331 | CLP     |
| Balance                            | \$198.830.347 | CLP     |

Tabla 52: Balance ingreso escenario medio Bench and fill

Dado los resultados de la tabla 51 y 52 se obtiene que únicamente el método de Bench and fill tiene un balance positivo, lo que indica que en este escenario este método es el único viable económicamente.

### 5.5.3 ESCENARIO OPTIMISTA

En el escenario optimista se establecen valores de las variables muy superiores a las actuales del caso de estudio.

| Shrinkage optimista    |           | Bench and fill optimista |           |
|------------------------|-----------|--------------------------|-----------|
| Ley (promedio) g/ton   | 7         | Ley (promedio) g/ton     | 7         |
| Dilucion               | 1,04      | Dilucion                 | 1         |
| Valor (base - escala)  | \$520.999 | Valor (base - escala)    | \$543.544 |
| Descuento conc. (0.15) | \$12.561  | Descuento conc. (0.15)   | \$12.561  |
| Valor por tonelada     | \$508.438 | Valor por tonelada       | \$530.983 |
| Flete (CLP/t)          | \$3.000   | Flete (CLP/t)            | \$3.000   |
| Regalia (33%)          | \$167.785 | Regalia (33%)            | \$175.224 |
| Retenciones (4.2%)     | \$21.354  | Retenciones (4.2%)       | \$22.301  |
| Total (CLP/t)          | \$316.299 | Total (CLP/t)            | \$330.458 |

Tabla 53: Precios de venta escenario optimista

| Venta mineral optimista Shrinkage |                 |         |
|-----------------------------------|-----------------|---------|
| Precio mineral-costo              | \$266.560       | CLP/ton |
| Toneladas fase 1                  | 1500            | ton     |
| Ingreso bruto fase 1              | \$399.840.428   | CLP     |
| Toneladas fase 2                  | 3500            | ton     |
| Precio mineral-costo              | \$270.591       | CLP/ton |
| Ingreso bruto fase 2              | \$947.068.106   | CLP     |
| Ingreso neto                      | \$1.346.908.534 | CLP     |
| Balance                           | \$738.005.768   | CLP     |

Tabla 54: Balance ingreso escenario optimista Shrinkage

| Venta mineral optimista Bench and fill |                 |         |
|----------------------------------------|-----------------|---------|
| Precio mineral-costo                   | \$299.669       | CLP/ton |
| Toneladas                              | 5000            | ton     |
| Ingreso bruto                          | \$1.498.344.396 | CLP     |
| Balance                                | \$1.179.131.413 | CLP     |

Tabla 55: Balance ingreso escenario optimista Bench and fill

Dado los resultados obtenidos en las tablas 54 y 55, se obtiene que ambos métodos son viables económicamente con resultados muy superiores a los según las condiciones iniciales.

## 6. CONCLUSION

La pequeña minería y la minería artesanal en Chile, en una labor en Chile que ha sido participe a lo largo de toda su historia desde su fundación, siendo un sector económico que permitió el crecimiento del país a medida del pasar de los años, representado un gran margen de la fuerza laboral. Este rubro laboral permite hasta el día de hoy el desarrollo de las localidades en la cual se asientan, fundando incluso ciudades que permanecen hasta el día de hoy que siguen siendo alberges de la actividad minera potenciando la actividad económica

que ha sido la gran actividad que ha permitido el crecimiento continuo a Chile, siendo unos de los grandes ejes en minería en el mundo.

Tanto la pequeña minería como la minería artesanal, a pesar de que, en términos de aporte económico, un 4,5% de la producción nacional en 2022 (ENAMI, 2023), en términos de empleos compone una fracción importante, comprendiendo entre un 8-9% de los empleos en minería (SERNAGEOMIN, 2023), por lo que su desarrollo es importante para la sociedad del país. Las principales desventajas que afectan a la pequeña minería y la artesanal, es la poca inversión que existe y que influye directamente en la producción, donde los trabajadores efectúan sus labores de forma no especializada, poca seguridad y al no tener información geológica de donde se pueda ubicar el mineral de interés, juegan un poco con la suerte por lo cual la actividad no presenta una certeza de beneficio económico para el que está extrayendo en la mina. ENAMI y SERNAGEOMIN en este caso sirven de agentes promotores de parte del estado, que ofrecen financiación, instrumentación y fomento para el desarrollo de la actividad. A lo largo de los años se ha invertido en planes de desarrollo del sector de la pequeña minería, ofreciendo cursos de asesoración y fomento, que han permitido hasta el día de hoy que todavía se practique la actividad.

En el distrito minero de Chancón cerca de la localidad de Rancagua en Chile, existen varias minas en que se desarrolla la pequeña minería, que en su mayoría se explota cobre, oro y plata. Las minas en este distrito venden su producción a la planta de ENAMI que se encuentra en este sector que posteriormente transforman el mineral extraído en recurso, el cual puede ser exportado al mercado mundial.

Dentro de este distrito se ubica la mina La Palmera, que al igual que otras minas del sector, explota oro y derivados como el cobre y la plata. En esta mina se realizó un análisis económico ante la posibilidad de implementar ciertos métodos de explotación que son posibles según las condiciones específicas de la mina. Los métodos de explotación que se estudiaron son: Shrinkage stope y Bench and fill. El análisis será llevado a cabo primero mediante su diseño en el software minero Vulcan, específicamente en la zona del Clavo 1 de la mina, donde se ubica la intersección de datos geológicos los sondeos realizados. Cada método se vio anteriormente la posibilidad de implementación según las condiciones geomecánicas de ese sector, con lo cuales se diseñaron como explotarían los métodos.

Posteriormente con su diseño y la ya establecida la estabilidad geomecánica de la explotación, se compararon a través de sus costos de explotación, calculados y estimados mediante fórmulas empíricas y referencias de casos mineros, usando un modelo económico, análisis de sensibilidad de variables y evaluación de escenarios de estas variables.

Con los cálculos que realizaron mediante los modelos económicos, el método que presento los mejores resultados fue el de Bench and fill, superando al Shrinkage stope con una diferencia notoria en todos los análisis y escenarios, resultando viable económicamente en la mayoría de los escenarios propuestos. Actualmente en la mina La Palmera, se emplea el Shrinkage tradicional, por lo cual teóricamente si se emplea el método de B&F se presentarían mejores resultados en su implementación considerando además que el Bench and fill al realizar el relleno de forma simultánea a la explotación, permite la existencia de stock de mineral al contrario del caso del Shrinkage tradicional donde al extraer solo el esponjamiento, se necesita una operación constante, lo que influye de manera económica de forma considerable ya que los precios de los minerales, especialmente el caso del oro, fluctúan considerablemente, por lo que manejar un stock de mineral que se pueda vender en un periodo de precios altos de venta significa una ventaja en comparación al otro método, esto además de ofrecer mejores condiciones de seguridad, gracias a la simplicidad del método usando la gravedad y el mismo macizo rocoso para dar pie a la explotación.

Se tiene que considerar que estos resultados siguen siendo aproximados, dado que vienen a partir de estimaciones según referencias de casos reales y tampoco se tienen datos de sondeos que exploren con más detalle el espacio de la veta en el Clavo 1 con los cuales se pueda estimar de una manera más exacta las leyes y recursos donde se puede explotar en la mina, siendo que si al contar con ellos, se podría estimar de una manera más idónea y disminuir costos mediante la planificación de la explotación. Añadir que en este análisis económico no se tomó en cuenta el costo de capital implícito en adquisición de equipos, esto ya que la actividad minera como es la pequeña minería y artesanal, se utilizan implementos no ajustados al mercado actual como es el usado en mediana y gran minería donde se posee una gran inversión, en este sector se usa maquinaria arrendada y/o modificada para poder emplearla, por lo cual no es posible su estimación de acuerdo a los métodos con los cuales se tiene estudios en su costo de capital y operación.

## 7. RECOMENDACIONES

Como recomendación para próximos trabajos, se sugiere primeramente el uso de sondajes que exploren con mayor detalle el Clavo 1, para poder estimar y planificar con mayor grado de detalle la explotación de este yacimiento dentro de la mina. Además, que como opción de abaratar costos y ser más realistas al caso de la pequeña minería, el uso de equipos compartidos con otras minas del distrito, con gestión de calendario y/o horarios de ocupación de los equipos además de las tronaduras, para así tener una coordinación y una mejora en el rendimiento económico apoyándose entre pequeños mineros. Este caso de estudio fue determinado únicamente en el contexto unitario de la mina, por lo que, siguiendo la recomendación anterior, la complementación y solidaridad entre mineros se vuelve fundamental dado el contexto de la pequeña minería, donde la poca inversión es un caso común en casi su totalidad.

Sugiero que el próximo apronte a estos casos sigan favoreciendo al desarrollo de la actividad, fomentando un contexto minero que, incluso produciendo un pequeño porcentaje de los ingresos por minería del país, en términos sociales y de trabajo son un factor importante en la sociedad, apoyando la sustentación de muchas familias con un contexto histórico, que vienen de muchas décadas trabajando en mismo rubro y que desarrollan un factor importante en la comunidad chilena.

Por siguiente recomiendo continuo uso de softwares y desarrollo de gestión financiera y de costos, para favorecer la automatización de estos análisis de forma continua, apoyando así una mejor planificación financiera, especialmente alrededor de los costos los cuales son variables y que afectar de gran manera la actividad de la pequeña minería.

## 8. BIBLIOGRAFIA

Álvarez Escobar, C. M. (2011). *Evaluación de riesgos* [Tesis de ingeniería, Universidad de Chile]. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Ingeniería Civil.

Améstica Ibáñez, S. M. (2017). *Evaluación del programa PAMMA (Programa de capacitación y transferencia tecnológica) en la pequeña minería* [Tesis de magíster,

Universidad de Chile]. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Ingeniería Industrial

- Anderson, F.I., ed., (1987), *Selected Readings in Mineral Economics*, Canadian Institute of Mining and Metallurgy, Montreal, PQ, Canada.
- Anon., (1986), *Estimating Preproduction and Operating Costs of Small Underground Deposits*. J.S. Redpath Ltd., Catalogue M38-1SI 86- 1 IE, Canadian Government Publishing Centre, Ottawa. ON. Canada.
- Ashley, P. M., Creagh, C. J., & Ryan, C. G. (2000). Invisible gold in ore and mineral concentrates from the Hillgrove gold–antimony deposits, NSW, Australia. *Mineralium Deposita*, 35(3), 285-301.
- Ashley, P. M., Hill, A. J., & Boyle, R. W. (1994). Paragenesis of 107eológica107107ion at Hillgrove, New South Wales. *Economic Geology*, 89(7), 1610-1625.
- Blatchford, A. (1953). Charters Towers goldfield. En A. B. Edwards (Ed.), *Geology of Australian Ore Deposits* (pp. 796-806). Melbourne, Australia: The Australasian Institute of Mining and Metallurgy.
- Brady, B. H. G., & Brown, E. T. (2007). *Rock mechanics for underground mining* (3<sup>rd</sup> ed.). Springer.
- Cacciatore, E. (2017). Estimación y Comparación de Costos de Perforación, ventajas y desventajas. UCN.
- Camm, T. W., & Stebbins, S. A. (2023). *Simplified cost models for underground mine evaluation: A handbook for quick prefeasibility cost estimates* (Revised ed.). Mining Engineering Department, Montana Technological University.
- Camm, T.W., 1991, Simplified cost models for prefeasibility mineral evaluations: US Bureau of Mines Information Circular 9298, 35 p.

- Castro, S. H. (2003). The socioeconomic impacts of artisanal and small-scale mining in Chile. In G. M. Hilson (Ed.), *The socioeconomic impacts of artisanal and small-scale mining in developing countries* (pp. 739–760). A.A. Balkema.
- Chanda, E., & Besa, B. (2008). Monorail technology – A rapid and cost-effective method of decline development. En S. Dominy (Ed.), *Proceedings of the Narrow Vein Mining Conference 2008* (pp. 129-144). Ballarat, Victoria: The Australasian Institute of Mining and Metallurgy.
- Cochilco. (2025). Actualización de costos de producción de la minería del cobre: Primer semestre 2025. Comisión Chilena del Cobre. <https://www.cochilco.cl>
- Colón Velásquez-López, P., Páez-Varas, C., Benavides-Zúñiga, X., Gallegos, F., & Fallon, G. (2020). *Women mine-rock waste collectors in artisanal and small-scale mining in Ecuador: Challenges and opportunities. The Extractive Industries and Society*. Canadian International Resource and Development Institute, University of British Columbia. <https://doi.org/10.1016/j.exis.2020.100713>
- Comisión Chilena del Cobre (Cochilco). (2023). Monitoreo de variables e indicadores relevantes de la mediana y pequeña minería chilena.
- Consultora Ingemina Ltda. (2017). *Evaluación del programa de fomento de la pequeña y mediana minería de la Empresa Nacional de Minería, ENAMI. Informe final*. Dirección de Presupuestos del Ministerio de Hacienda (DIPRES)
- Corbett, G., & Leach, T. (1998). *Southwest Pacific Rim gold-copper systems: Structure, alteration, and mineralization*. Society of Economic Geologists, Special Publication No. 6.
- CRCMining. (2005). *Annual Report 2004-2005*. Brisbane, Australia: Author.
- CSIRO. (2008). SMART\*CUT makes hard rock mining faster and more efficient. Recuperado de <http://www.csiro.au/solutions/ps14h.html>

- De Haan, J., Dales, K., & McQuilken, J. (2020). *Mapping artisanal and small-scale mining to the Sustainable Development Goals*. Newark, DE: University of Delaware, Minerals, Materials and Society Program, en colaboración con Pact. <https://www.pactworld.org/mines-markets>
- Di Lorenzo, A. (2018). Implementazione di scenari per la realizzazione di attività di scavo a scopi di ricerca ed accademici: Caratterizzazione geológica-geotecnica, approfondimenti analitici e progettazione dell'abbattimento con geológica (Tesi di laurea magistrale, Politecnico di Torino).
- Díaz, S. (1986). Geología Económica y Prospección Geoquímica de Suelos del área de la Mina la Leona, Distrito Minero de Chancón, VI Región. Memoria de Título, Universidad de Chile, Departamento de Geología. 196p.
- Dominy, S. C., & O'Connor, L. (2016). *Economic and technical assessment of narrow vein mining methods*. Mining Technology, 125(2), 75-85.
- Dominy, S. C., Johansen, G. F., & Annels, A. E. (2001). Bulk sampling as a tool for the grade evaluation of gold-quartz reefs. *Transactions of the Institute of Mining and Metallurgy, Applied Earth Science*, 110(3), 176-191.
- Dominy, Simon & C.J.S., Sangster & F.G., Phelps & Camm, Godfrey. (1998). Shrinkage stoping of narrow veins-Problem or profit? Proceedings of the sixth International Symposium on Mine Planning and Equipment selection. Calgary, Canada. Singhal (ed). Balkema Rotterdam. 105-110.
- Els, F. (2019, 22 de geológ). Copper price bears “overlooking decent fundamentals”. *MINING.com*. <https://www.mining.com/copper-price-bears-overlooking-decent-fundamentals>
- Empresa Nacional de Minería (ENAMI). (2014). *Estudio geológico distrital Enami Chancón*.
- Empresa Nacional de Minería (ENAMI). (2016). *Memoria Moder Moya ENAMI*.

- Empresa Nacional de Minería (ENAMI). (2017, 31 de mayo). *Análisis de resultados de geoquímica y mineralogía automatizada de muestras de mina del distrito Chancón*. Informe elaborado por Jane Vallette Isla, Geóloga SZCS
- Empresa Nacional de Minería. (s.f.). Informe final del Distrito Minero Chancón [Informe técnico]. SERNAGEOMIN.
- Escala, Juan. (2019). Seguridad y diseño del Nuevo Nivel de la Mina La Palmera. Escuela Mina Planta – Consultoría Mina La Palmera.
- Espinoza, C., Seccatore, J., & Herrera, M. (2020). Chilean Artisanal mining: a gambling scenario. REM – International Engineering Journal, 73(2), 241-246.
- Eybers, H., Visser, J., & Boafo, C. K. (2008). Resource modelling and mine design at Obuasi Mine, Ghana. En S. Dominy (Ed.), *Proceedings of the Narrow Vein Mining Conference 2008* (pp. 79-89). Ballarat, Victoria: The Australasian Institute of Mining and Metallurgy.
- Flores, N. (2018). Caracterización geológica y geotécnica en pequeña minería: mina la palmera, distrito minero chancón, ENAMI. Memoria para optar al Título de Geólogo. UNAB.
- Foth Infrastructure & Environment, LLC. (2012). *Economic assessment of conceptual underground mining* (Prepared for Minnesota Department of Natural Resources). InfoMine cost model study.
- Gamio Arellano, M. (2017). *Propuesta de mejora de las condiciones de seguridad de acuerdo al Decreto Supremo 132 en la mina El Pimiento* [Trabajo de titulación de técnico universitario, Universidad Técnica Federico Santa María]
- Gauthier, B. (2007). Thermal fragmentation: A new technology for mining narrow high-grade precious metal vein ore bodies. Recuperado de [http://www.investorideas.com/Articles/041207a\\_page1.asp](http://www.investorideas.com/Articles/041207a_page1.asp)

- Gentry, D. W., & O'Neil, T. J. (1984). *Mine Investment Analysis*. Society of Mining Engineers of American Institute of Mining, Metallurgical, and Petroleum Engineers (AIME).
- Goodz, M. D., Rea, J., & Jackson, P. (2008). Resource estimation and grade assignment – A comparison between historical production and current Maxwell mining validation case study at Morning Star Gold Mine, Woods Point. En S. Dominy (Ed.), *Proceedings of the Narrow Vein Mining Conference 2008* (pp. 51-58). Ballarat, Victoria: The Australasian Institute of Mining and Metallurgy.
- Hamrin H (1980). *Guide to Underground Mining Methods and Applications*. Stockholm Atlas Copco, p. 40
- Hamrin, H. “Underground Mining Methods and Applications”, Chapter 1. *Underground Mining Methods: Engineering Fundamentals and International Case Studies*. Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc. 2011.
- Hartman, H. L., & Mutmansky, J. M. (2002). *Introductory Mining Engineering* (2.<sup>a</sup> ed.). John Wiley & Sons.
- Hedenquist, J. W., Arribas, A., & Gonzalez-Urien, E. (2000). Exploration for epithermal gold deposits. In S. G. Hagemann & P. E. Brown (Eds.), *Gold in 2000* (Vol. 13, pp. 245–277). Society of Economic Geologists.
- Hilson, G. (2003). The Socio-Economic impacts of artisanal and Small-Scale mining in Hustrulid, W. A. (Ed.). (1982). *Underground Mining Methods Handbook*. Society for Mining, Metallurgy, and Exploration. developing countries. En CRC Press eBooks.
- Hustrulid, W. A. (Ed.). (1982). *Underground Mining Methods Handbook*. Society for Mining, Metallurgy, and Exploration.
- Jorquera Villarroel, M. A. (2015). *Método de explotación Bench and Fill y su aplicación en minera* [Memoria para optar al título de Ingeniero Civil de Minas, Universidad de Chile]. Repositorio Académico de la Universidad de Chile.

- López Jimeno, C., López Jimeno, E., & Bermúdez, P. (2003). *Manual de perforación y voladura de rocas*. Instituto Geológico y Minero de España (IGME)
- Marin, T. (2015). Análise geológica da mineração aplicando o conceito de reserva mínima [Tese de doutorado, Universidade de São Paulo]. Escola Politécnica da USP.
- Marin, T., Seccatore, J., & Cheng, Y. (2023). Mapping the reality of Hg-free artisanal small-scale gold mining. *Sustainability*, 15(17), 13207.
- McCarthy, P. L. (2008). Beyond airleg mining – Narrow vein mining in the 21<sup>st</sup> century. En S. Dominy (Ed.), *Proceedings of the Narrow Vein Mining Conference 2008* (pp. 3-7). Ballarat, Victoria: The Australasian Institute of Mining and Metallurgy.
- McCarthy, P. L., & Faulkner, L. (2008). Tarnagulla gold mine. En S. Dominy (Ed.), *Proceedings of the Narrow Vein Mining Conference 2008* (pp. 237-248). Ballarat, Victoria: The Australasian Institute of Mining and Metallurgy.
- Mills, G., & Will, D. (1993). Coolgardie Gold NL – William Ford decline: Narrow vein sublevel up-hole geological stoping and long hole raise blasting practices. En *Proceedings of the Narrow Vein Mining Seminar* (pp. 71-78). Melbourne, Australia: The Australasian Institute of Mining and Metallurgy.
- Molina, J., Vásquez, M., Muñoz, V., & Cabezas, R. (2020). *Modelamiento geomecánico en mina subterránea La Palmera, distrito de Chancón* (VII Convención IIMCh).
- Natural Resources Canada. (2003). Narrow vein mining research project: Project results. Recuperado de [http://mmsdl.mms.nrcan.gc.ca/canmet/database\\_choice-e.asp](http://mmsdl.mms.nrcan.gc.ca/canmet/database_choice-e.asp)
- Niubó, M., de Felipe, J. J., Bascompta, M., Pérez-Ràfols, F., Vives-Costa, J., Sanmiquel, L., & López, J. A. (2025). Assessing mine ventilation optimization and friction factor determination for underground mines. *Arabian Journal of Geosciences*, 18(1), artículo 72. doi.org

Nonex™. (2004). Continuous mining. Recuperado de [http://www.nonex.co.za/3\\_3continuous\\_mining.htm](http://www.nonex.co.za/3_3continuous_mining.htm)

Pasqua, A. (2018). Implementazione di scenari per la realizzazione di attività di scavo a scopi di ricerca ed accademici: Caratterizzazione 113eológica-geotecnica, approfondimenti numerici e valutazione dell'organizzazione del ciclo di scavo (Tesi di laurea magistrale, Politecnico di Torino).

Portigliati, C. (2005). El distrito minero de Chancón, VI Región, aspectos geológicos y mineros, reservas y recursos minerales. Servicio Nacional de Geología y Minería, Informe registrado IR-05-26: 90 p.

Potter, D., Sheriff, C., & Collins, P. (2008). Significance of geological control on assay data in the narrow, high-grade gold quartz veins at the Sand Queen Mine, Comet Vale, Western Australia. En S. Dominy (Ed.), *Proceedings of the Narrow Vein Mining Conference 2008* (pp. 71-77). Ballarat, Victoria: The Australasian Institute of Mining and Metallurgy.

Roberts, R. (2008). The beginning of the end. Recuperado de <http://www.highgrade.net>

Rodríguez, M. (2014). *Proceso de compra de minerales y productos mineros ENAMI*. Comisión Calificadora de Competencias en Recursos y Reservas Mineras.

RTM — Revista Tecnico Minero, 2016. Asociación Minera de la Sexta Región: “Estamos descubriendo nuevas minas en Chancón” (in Spanish). <http://www.revistatecnicosmineros.com/2016/08/asociacion-minera-de-la-sexta-region-estamosdescubriendo-nuevas-minas-en-chancon/> (accessed 11 September 2018).

Sánchez, L., Gutiérrez, V., & Pino, P. (2010). *Historia de la minería en el Valle Central de Chile*. Revista de Historia Económica Minera, 15(2), 45–66.

Seccatore, J., Veiga, M. M., Origliasso, C., Marin, T., & De Tomi, G. (2014). An estimation of the artisanal small-scale production of gold in the world. *Science of The Total Environment*, 496, 662-667.

- Sillitoe, R. H. (1993). Epithermal models: Genetic types, geometric controls, and shallow features. *Geological Association of Canada, Special Paper*, 40, 403–417.
- Simmons, S. F., White, N. C., & John, D. A. (2005). Geological characteristics of epithermal precious and base metal deposits. *Economic Geology 100<sup>th</sup> Anniversary Volume*, 485–522.
- Singo, J., Isunju, J. B., Moyo, D., Steckling-Muschack, N., Blüml, S., & Mamuse, A. (2022). Hazards and control measures among artisanal and Small-Scale gold miners in Zimbabwe. *Annals of global health*, 88(1), 21.
- Taylor, H.K., (1986), “Rates of Working of Mines-A Simple Rule of Thumb,” Transactions, Institution of Mining and Metallurgy, No. 9S, Oct.
- Tobar Pizarro, C. (2021). *Modelamiento geomecánico en mina subterránea La Palmera, distrito de Chancón* [Tesis de ingeniería, Universidad Andrés Bello].
- Towsey, C. A. J. (2003). The Charters Towers gold mine project. En *Northern Engineering Conference – NEC 2003*. Townsville, Australia: Institute of Engineers Australia.
- Towsey, C. A. J. (2005). Case study: Specialised mining methods in narrow vein mining at Warrior gold mine, Charters Towers, Queensland. En *Third Annual Underground Mining 2005*. Sydney, Australia: IIR Conferences.
- Towsey, C. A. J. (2008). Narrow vein mining at Charters Towers, Queensland, by longhole open stoping. En S. Dominy (Ed.), *Proceedings of the Narrow Vein Mining Conference 2008* (pp. 9-12). Ballarat, Victoria: The Australasian Institute of Mining and Metallurgy.
- Towsey, C. A. J., Morrison, R. J., Foord, G. E., & Storey, N. J. M. (2002). The Charters Towers gold project gold production plan. Recuperado de <http://www.citigold.com>
- Trujillo Bravo, B. V. (2018). *Costos operativos de la construcción de chimeneas para el mejoramiento del sistema de ventilación en la Compañía de Minas Buenaventura*

*S.A.A. – Unidad Julcani* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión].

Udell, J., & Pact. (2020). *ASM–SDG Policy Assessment*. Pact y University of Delaware.

Vallete, J. (2017). Análisis de resultados de geoquímica y mineralogía automatizada de muestras de mina del distrito chancón. ENAMI.

Varas Aravena, R. (2023). *Caracterización de la pequeña minería*. Sociedad Nacional de Minería (SONAMI).

White, N. C., & Hedenquist, J. W. (1995). Epithermal gold deposits: Styles, characteristics and exploration. En M. F. Hedenquist, J. F. H. Thompson, R. J. Richardson & E. J. Thompson (Eds.), *Short Course Handbook* (Vol. 23, pp. 217–273). Society of Economic Geologists.

## ANEXO A

### CALCULO Q DE BARTON

|      | RQD   | Jn   | Jr   | Ja   | Jw   | SRF  | Q     | Q'     |
|------|-------|------|------|------|------|------|-------|--------|
| 1    | 90    | 2    | 2    | 1    | 1    | 1    | 90    | 90     |
| 2    | 90    | 3    | 2    | 1    | 1    | 1    | 60    | 60     |
| 3    | 72    | 2    | 2    | 1    | 1    | 1    | 75    | 72     |
| 4    | 99    | 4    | 2    | 1    | 1    | 1    | 49,5  | 50     |
| 5    | 70    | 0,5  | 2    | 1    | 1    | 1    | 280   | 280    |
| 6    | 75    | 0,5  | 2    | 1    | 1    | 1    | 300   | 300    |
| 7    | 100   | 9    | 2    | 1    | 1    | 1    | 22,2  | 22     |
| 8    | 84    | 0,5  | 2    | 1    | 1    | 1    | 336   | 336    |
| 9    | 68    | 2    | 10   | 1    | 1    | 1    | 340   | 340    |
| 10   | 80    | 0,5  | 2    | 1    | 1    | 1    | 320   | 320    |
| 11   | 27    | 0,5  | 4    | 1    | 1    | 5    | 43,2  | 216    |
| 12   | 37    | 4    | 2    | 1    | 1    | 5    | 3,7   | 19     |
| 13   | 54    | 15   | 2    | 1    | 1    | 1    | 7,2   | 7      |
| 14   | 68    | 2    | 3    | 1    | 1    | 1    | 102   | 102    |
| 15   | 60    | 15   | 2    | 1    | 1    | 1    | 8     | 8      |
| 16   | 76    | 12   | 3    | 1    | 1    | 1    | 19    | 19     |
| 17   | 74    | 4    | 2    | 1    | 1    | 1    | 37    | 37     |
| 18   | 89    | 12   | 2    | 1    | 1    | 1    | 14,8  | 15     |
| 19   | 69    | 12   | 2    | 1    | 1    | 1    | 11,5  | 12     |
| 20   | 83    | 12   | 2    | 1    | 1    | 1    | 13,8  | 14     |
| 21   | 84    | 2    | 3    | 1    | 1    | 1    | 126   | 126    |
| 22   | 55    | 2    | 4    | 1    | 1    | 1    | 110   | 110    |
| 23   | 80    | 22   | 2    | 1    | 1    | 1    | 7,3   | 7      |
| 24   | 79    | 22   | 2    | 1    | 1    | 1    | 7,2   | 7      |
| 25   | 76    | 4    | 3    | 1    | 1    | 1    | 57    | 57     |
| 26   | 58    | 2    | 2    | 1    | 1    | 1    | 58    | 58     |
| PROM | 72,96 | 6,40 | 2,62 | 1,00 | 1,00 | 1,31 | 96,09 | 103,19 |

## CALCULO COSTOS OPERACIONALES PRODUCCION

| Perforacion Shrinkage produccion |         |               |               |
|----------------------------------|---------|---------------|---------------|
| Insumo                           | Uso/mes | Precio/unidad | Costo CLP/mes |
| Barra 1,2 m                      | 2       | \$7.633       | \$15.266      |
| Barra 1,6 m                      | 2       | \$14.900      | \$29.800      |
| Barra 1,8 m                      | 2       | \$16.300      | \$32.600      |
| Bits                             | 2       | \$7.450       | \$14.900      |
| Rollo manguera aire (1")         | 2       | \$14.958      | \$29.916      |
| Rollo manguera agua (1,5")       | 2       | \$11.625      | \$23.250      |
| Chicago (1")                     | 4       | \$242         | \$968         |
| Chicago (1,5")                   | 4       | \$225         | \$900         |
| Total                            |         |               | \$147.600     |

| Explosivos Produccion Shrinkage |     |    |                     |                            |                    |                   |        |
|---------------------------------|-----|----|---------------------|----------------------------|--------------------|-------------------|--------|
| Insumos                         |     |    | Consumo<br>por tiro | Cantidad<br>por<br>disparo | Consumo<br>por mes | Compra<br>por mes | Unidad |
| Anfo                            | 25  | kg | 0,94                | 15,0                       | 299                | 12                | sacos  |
| Guía lenta                      | 500 | m  | 2,5                 | 40,0                       | 800                | 2                 | rollos |
| Fulminante                      | 100 | un | 1                   | 16,0                       | 320                | 3                 | cajas  |
| Emulsión                        | 195 | un | 1                   | 16,0                       | 320                | 2                 | cajas  |
| Cordón<br>detonante             | 500 | m  | 2,5                 | 40,0                       | 800                | 2                 | rollos |
| Noneles                         | 60  | un | 1                   | 16,0                       | 320                | 5                 | cajas  |

| Costo de tronadura Produccion Shrinkage |              |              |              |
|-----------------------------------------|--------------|--------------|--------------|
| Insumos                                 | <u>Uso</u>   | <u>Costo</u> | <u>Total</u> |
|                                         | Cantidad/mes | CLP/mes      | CLP/mes      |
| Anfo                                    | 18           | \$16.515     | \$297.270    |
| Guía lenta                              | 2            | \$20.600     | \$41.200     |
| Fulminante                              | 4            | \$19.400     | \$77.600     |
| Emulsión                                | 2            | \$42.990     | \$85.980     |

|                          |          |                  |                    |
|--------------------------|----------|------------------|--------------------|
| <b>Cordón detonante</b>  | <b>2</b> | <b>\$152.000</b> | <b>\$304.000</b>   |
| <b>Noneles</b>           | <b>7</b> | <b>\$59.623</b>  | <b>\$417.361</b>   |
| <b>Agua perforadoras</b> |          | <b>\$5.448</b>   | <b>\$5.448</b>     |
|                          |          | <b>Total</b>     | <b>\$1.228.859</b> |

| Perforacion Bench and fill produccion  |         |               |               |
|----------------------------------------|---------|---------------|---------------|
| Insumo                                 | Uso/mes | Precio/unidad | Costo CLP/mes |
| Barra 1,6 m                            | 2       | \$14.900      | \$29.800      |
| Barra 1,8 m                            | 2       | \$16.300      | \$32.600      |
| Barra 2,4 m                            | 2       | \$21.400      | \$42.800      |
| Bits                                   | 2       | \$7.450       | \$14.900      |
| Rollo manguera aire (1")               | 1       | \$14.958      | \$14.958      |
| Rollo manguera agua (1,5")             | 1       | \$11.625      | \$11.625      |
| Aceite Hidráulico ISO VG 46/68 (20 kg) | 1       | \$59.990      | \$59.990      |
| Filtro de Combustible CX0708           | 1       | \$12.990      | \$12.990      |
|                                        | Total   |               | \$219.663     |

| Explosivos Produccion Bench and fill |            |           |                     |                            |                    |                   |               |
|--------------------------------------|------------|-----------|---------------------|----------------------------|--------------------|-------------------|---------------|
| Insumos                              |            |           | Consumo<br>por tiro | Cantidad<br>por<br>disparo | Consumo<br>por mes | Compra<br>por mes | Unidad        |
| <b>Anfo</b>                          | <b>25</b>  | <b>kg</b> | <b>40,09</b>        | <b>160,4</b>               | <b>1604</b>        | <b>64</b>         | <b>sacos</b>  |
| <b>Guía lenta</b>                    | <b>500</b> | <b>m</b>  | <b>2,5</b>          | <b>10,0</b>                | <b>100</b>         | <b>1</b>          | <b>rollos</b> |
| <b>Fulminante</b>                    | <b>100</b> | <b>un</b> | <b>1</b>            | <b>4,0</b>                 | <b>40</b>          | <b>1</b>          | <b>cajas</b>  |
| <b>Emulsión</b>                      | <b>195</b> | <b>un</b> | <b>1</b>            | <b>4,0</b>                 | <b>40</b>          | <b>1</b>          | <b>cajas</b>  |
| <b>Cordón<br/>detonante</b>          | <b>500</b> | <b>m</b>  | <b>2,5</b>          | <b>10,0</b>                | <b>100</b>         | <b>1</b>          | <b>rollos</b> |
| <b>Noneles</b>                       | <b>60</b>  | <b>un</b> | <b>1</b>            | <b>4,0</b>                 | <b>40</b>          | <b>1</b>          | <b>cajas</b>  |

| Costo de tronadura Produccion Bench and fill |              |              |              |
|----------------------------------------------|--------------|--------------|--------------|
| Insumos                                      | <u>Uso</u>   | <u>Costo</u> | <u>Total</u> |
|                                              | Cantidad/mes | CLP/mes      | CLP/mes      |

|                         |           |                  |                    |
|-------------------------|-----------|------------------|--------------------|
| <b>Anfo</b>             | <b>64</b> | <b>\$16.515</b>  | <b>\$1.059.422</b> |
| <b>Guía lenta</b>       | <b>1</b>  | <b>\$20.600</b>  | <b>\$24.720</b>    |
| <b>Fulminante</b>       | <b>1</b>  | <b>\$19.400</b>  | <b>\$27.160</b>    |
| <b>Emulsión</b>         | <b>1</b>  | <b>\$42.990</b>  | <b>\$51.808</b>    |
| <b>Cordón detonante</b> | <b>1</b>  | <b>\$152.000</b> | <b>\$182.400</b>   |
| <b>Noneles</b>          | <b>1</b>  | <b>\$59.623</b>  | <b>\$39.749</b>    |
|                         |           | <b>Total</b>     | <b>\$1.498.649</b> |

### **CALCULO TIEMPO PERFORACION, TRONADURA Y ACUÑADURA**

| <b>Produccion etapa 1 Shrinkage y Chimenea Jack leg</b> |             |                 |
|---------------------------------------------------------|-------------|-----------------|
| <b>Velocidad de perforacion</b>                         | <b>0,35</b> | <b>m/min</b>    |
| <b>Tiempo perforacion</b>                               | <b>5,1</b>  | <b>min</b>      |
| <b>Tiempo de maniobra</b>                               | <b>1</b>    | <b>min</b>      |
| <b>Tiempo por barreno</b>                               | <b>6,1</b>  | <b>min</b>      |
| <b>Cantidad de tiros</b>                                | <b>8</b>    | <b>tiros</b>    |
| <b>Tiempo operativo total</b>                           | <b>49</b>   | <b>min</b>      |
|                                                         |             |                 |
| <b>Carga de explosivos</b>                              |             |                 |
| <b>Limpieza y soplado con aire comprimido</b>           | <b>2</b>    | <b>min</b>      |
| <b>Preparación e inserción del cebo de emulsión</b>     | <b>2</b>    | <b>min/tiro</b> |
| <b>Llenado neumático/manual del metro de ANFO</b>       | <b>2</b>    | <b>min/tiro</b> |
| <b>Colocación y compactación del taco</b>               | <b>2</b>    | <b>min/tiro</b> |
| <b>Amarre final de las guías de encendido</b>           | <b>4</b>    | <b>min</b>      |
| <b>Tiempo de carga</b>                                  | <b>54</b>   | <b>min</b>      |
|                                                         |             |                 |
| <b>Acuñadura</b>                                        |             |                 |
| <b>Lavado del Frente</b>                                | <b>3</b>    | <b>min</b>      |
| <b>Inspección Visual y de Sonido</b>                    | <b>4</b>    | <b>min</b>      |
| <b>Desatado Físico</b>                                  | <b>6</b>    | <b>min</b>      |
| <b>Limpieza de Piso Inmediata</b>                       | <b>2</b>    | <b>min</b>      |

|                              |            |            |
|------------------------------|------------|------------|
| <b>Tiempo de acuñadura</b>   | <b>15</b>  | <b>min</b> |
|                              |            |            |
| <b>Tiempo de perforacion</b> | <b>2,0</b> | <b>hrs</b> |

|                                                     |             |                 |
|-----------------------------------------------------|-------------|-----------------|
| <b>Desquinche Shrinkage Jack leg</b>                |             |                 |
| <b>Velocidad de perforacion</b>                     | <b>0,35</b> | <b>m/min</b>    |
| <b>Tiempo perforacion</b>                           | <b>5,1</b>  | <b>min</b>      |
| <b>Tiempo de maniobra</b>                           | <b>1</b>    | <b>min</b>      |
| <b>Tiempo por barreno</b>                           | <b>6,1</b>  | <b>min</b>      |
| <b>Cantidad de tiros</b>                            | <b>36</b>   | <b>tiros</b>    |
| <b>Tiempo operativo total</b>                       | <b>221</b>  | <b>min</b>      |
|                                                     |             |                 |
| <b>Carga de explosivos</b>                          |             |                 |
| <b>Limpieza y soplado con aire comprimido</b>       | <b>2</b>    | <b>min</b>      |
| <b>Preparación e inserción del cebo de emulsión</b> | <b>2</b>    | <b>min/tiro</b> |
| <b>Llenado neumático/manual del metro de ANFO</b>   | <b>2</b>    | <b>min/tiro</b> |
| <b>Colocación y compactación del taco</b>           | <b>2</b>    | <b>min/tiro</b> |
| <b>Amarre final de las guías de encendido</b>       | <b>4</b>    | <b>min</b>      |
| <b>Tiempo de carga</b>                              | <b>222</b>  | <b>min</b>      |
|                                                     |             |                 |
| <b>Acuñadura</b>                                    |             |                 |
| <b>Lavado del Frente</b>                            | <b>3</b>    | <b>min</b>      |
| <b>Inspección Visual y de Sonido</b>                | <b>4</b>    | <b>min</b>      |
| <b>Desatado Físico</b>                              | <b>6</b>    | <b>min</b>      |
| <b>Limpieza de Piso Inmediata</b>                   | <b>2</b>    | <b>min</b>      |
| <b>Tiempo de acuñadura</b>                          | <b>15</b>   | <b>min</b>      |
|                                                     |             |                 |
| <b>Tiempo de perforacion</b>                        | <b>7,6</b>  | <b>hrs</b>      |

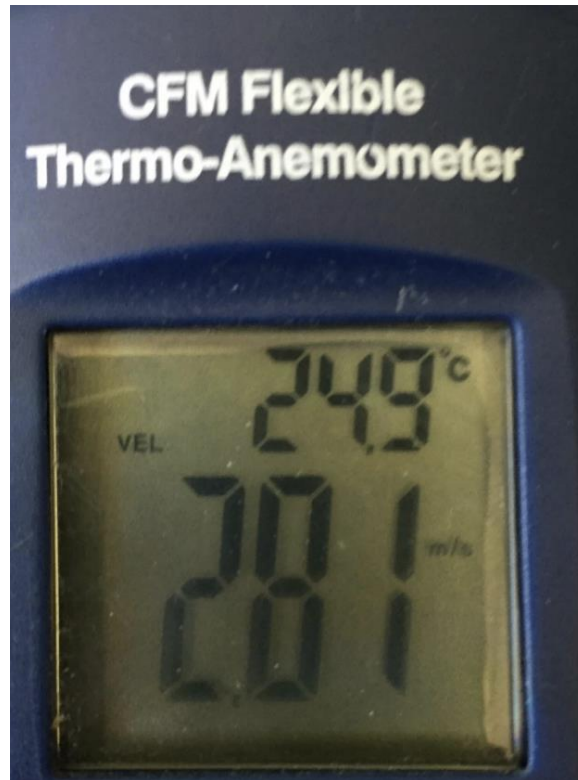
|                                 |             |              |
|---------------------------------|-------------|--------------|
| <b>Galeria Jack leg</b>         |             |              |
| <b>Velocidad de perforacion</b> | <b>0,35</b> | <b>m/min</b> |

|                                                     |            |                 |
|-----------------------------------------------------|------------|-----------------|
| <b>Tiempo perforacion</b>                           | <b>5,1</b> | <b>min</b>      |
| <b>Tiempo de maniobra</b>                           | <b>1</b>   | <b>min</b>      |
| <b>Tiempo por barreno</b>                           | <b>6,1</b> | <b>min</b>      |
| <b>Cantidad de tiros</b>                            | <b>34</b>  | <b>tiros</b>    |
| <b>Tiempo operativo total</b>                       | <b>209</b> | <b>min</b>      |
|                                                     |            |                 |
| <b>Carga de explosivos</b>                          |            |                 |
| <b>Limpieza y soplado con aire comprimido</b>       | <b>2</b>   | <b>min</b>      |
| <b>Preparación e inserción del cebo de emulsión</b> | <b>2</b>   | <b>min/tiro</b> |
| <b>Llenado neumático/manual del metro de ANFO</b>   | <b>2</b>   | <b>min/tiro</b> |
| <b>Colocación y compactación del taco</b>           | <b>2</b>   | <b>min/tiro</b> |
| <b>Amarre final de las guías de encendido</b>       | <b>4</b>   | <b>min</b>      |
| <b>Tiempo de carga</b>                              | <b>210</b> | <b>min</b>      |
|                                                     |            |                 |
| <b>Acuñadura</b>                                    |            |                 |
| <b>Lavado del Frente</b>                            | <b>3</b>   | <b>min</b>      |
| <b>Inspección Visual y de Sonido</b>                | <b>4</b>   | <b>min</b>      |
| <b>Desatado Físico</b>                              | <b>6</b>   | <b>min</b>      |
| <b>Limpieza de Piso Inmediata</b>                   | <b>2</b>   | <b>min</b>      |
| <b>Tiempo de acuñadura</b>                          | <b>15</b>  | <b>min</b>      |
|                                                     |            |                 |
| <b>Tiempo de perforacion</b>                        | <b>7,2</b> | <b>hrs</b>      |

|                                            |              |              |
|--------------------------------------------|--------------|--------------|
| <b>Produccion Bench and fill Drill rig</b> |              |              |
| <b>Velocidad de perforacion</b>            | <b>0,4</b>   | <b>m/min</b> |
| <b>Tiempo perforacion</b>                  | <b>36,3</b>  | <b>min</b>   |
| <b>Tiempo de maniobra</b>                  | <b>3</b>     | <b>min</b>   |
| <b>Tiempo por barreno</b>                  | <b>39,3</b>  | <b>min</b>   |
| <b>Cantidad de tiros</b>                   | <b>4</b>     | <b>tiros</b> |
| <b>Tiempo operativo total</b>              | <b>157,0</b> | <b>min</b>   |
|                                            |              |              |

| <b>Carga de explosivos</b>                          |            |                 |
|-----------------------------------------------------|------------|-----------------|
| <b>Limpieza y soplado con aire comprimido</b>       | <b>2</b>   | <b>min</b>      |
| <b>Preparación e inserción del cebo de emulsión</b> | <b>4</b>   | <b>min/tiro</b> |
| <b>Llenado neumático/manual del metro de ANFO</b>   | <b>6</b>   | <b>min/tiro</b> |
| <b>Colocación y compactación del taco</b>           | <b>4</b>   | <b>min/tiro</b> |
| <b>Amarre final de las guías de encendido</b>       | <b>4</b>   | <b>min</b>      |
| <b>Tiempo de carga</b>                              | <b>62</b>  | <b>min</b>      |
|                                                     |            |                 |
| <b>Acuñadura</b>                                    |            |                 |
| <b>Lavado del Frente</b>                            | <b>3</b>   | <b>min</b>      |
| <b>Inspección Visual y de Sonido</b>                | <b>4</b>   | <b>min</b>      |
| <b>Desatado Físico</b>                              | <b>6</b>   | <b>min</b>      |
| <b>Limpieza de Piso Inmediata</b>                   | <b>2</b>   | <b>min</b>      |
| <b>Tiempo de acuñadura</b>                          | <b>15</b>  | <b>min</b>      |
|                                                     |            |                 |
| <b>Tiempo de perforacion</b>                        | <b>3,9</b> | <b>hrs</b>      |

## **CALCULO CAUDAL DE AIRE NECESARIO DENTRO DE LA MINA**



Anemometro velocidad interior de mina La Palmera, Gamio, 2017

| Caudal de aire en la mina     |         |        |
|-------------------------------|---------|--------|
| Area transversal tunel        | 6,25    | m2     |
| Velocidad aire dentro mina    | 2,81    | m/s    |
| Caudal aire presente mina     | 1053,75 | m3/min |
| Caudal aire presente chimenea | 529,67  | m3/min |
| Potencia minicargador         | 49      | hp     |
| Potencia dumper               | 63      | hp     |
| Potencia scoop                | 115     | hp     |
| Potencia compresor            | 49      | hp     |
| Caudal aire minicargador      | 138,67  | m3/min |
| Caudal aire Dumper            | 178,29  | m3/min |
| Caudal aire Scoop             | 325,45  | m3/min |
| Caudal aire compresor         | 138,67  | m3/min |
| Caudal aire personal          | 12      | m3/min |
| Suma caudal aire              | 793,08  | m3/min |

|                               |               |               |
|-------------------------------|---------------|---------------|
| <b>Caudal aire extra mina</b> | <b>260,67</b> | <b>m3/min</b> |
|-------------------------------|---------------|---------------|

## **CALCULO TIEMPO VENTILACION**

Para el calculo de tiempo de ventilación se usa la variante de las fomula de caída de presión de Atkinson apoyadas por el factor de fricción en minería subterránea explicado en Niubó, (2025)

| <b>Tiempo de ventilacion (Atkinson) Shrinkage<br/>Produccion</b> |              |               |
|------------------------------------------------------------------|--------------|---------------|
| <b>Velocidad aire dentro mina</b>                                | <b>2,81</b>  | <b>m/s</b>    |
| <b>Velocidad aire nueva</b>                                      | <b>1,14</b>  | <b>m/s</b>    |
| <b>Area galeria</b>                                              | <b>6,25</b>  | <b>m2</b>     |
| <b>Caudal aire nuevo</b>                                         | <b>428,0</b> | <b>m3/min</b> |
| <b>Carga de explosivo</b>                                        | <b>6,55</b>  | <b>kg</b>     |
| <b>Volumen gases toxicos</b>                                     | <b>0,04</b>  | <b>m3/kg</b>  |
| <b>Volumen gas acumulado</b>                                     | <b>164</b>   |               |
| <b>Capacidad de dilucion</b>                                     | <b>2,1</b>   |               |
| <b>Tiempo de ventilacion</b>                                     | <b>76,5</b>  | <b>min</b>    |
| <b>Tiempo de ventilacion con margen</b>                          | <b>1,6</b>   | <b>hrs</b>    |

| <b>Tiempo de ventilacion (Atkinson) Shrinkage<br/>Desquinche</b> |              |               |
|------------------------------------------------------------------|--------------|---------------|
| <b>Velocidad aire dentro mina</b>                                | <b>2,81</b>  | <b>m/s</b>    |
| <b>Velocidad aire nueva</b>                                      | <b>1,14</b>  | <b>m/s</b>    |
| <b>Area galeria</b>                                              | <b>6,25</b>  | <b>m2</b>     |
| <b>Caudal aire nuevo</b>                                         | <b>428,0</b> | <b>m3/min</b> |
| <b>Carga de explosivo</b>                                        | <b>33,67</b> | <b>kg</b>     |
| <b>Volumen gases toxicos</b>                                     | <b>0,04</b>  | <b>m3/kg</b>  |
| <b>Volumen gas acumulado</b>                                     | <b>842</b>   |               |
| <b>Capacidad de dilucion</b>                                     | <b>2,1</b>   |               |

|                                         |              |            |
|-----------------------------------------|--------------|------------|
| <b>Tiempo de ventilacion</b>            | <b>393,3</b> | <b>min</b> |
| <b>Tiempo de ventilacion con margen</b> | <b>8,2</b>   | <b>hrs</b> |

| <b>Tiempo de ventilacion (Atkinson) Shrinkage<br/>Chimenea</b> |              |               |
|----------------------------------------------------------------|--------------|---------------|
| <b>Velocidad aire dentro mina</b>                              | <b>2,81</b>  | <b>m/s</b>    |
| <b>Velocidad aire nueva</b>                                    | <b>1,14</b>  | <b>m/s</b>    |
| <b>Area galeria</b>                                            | <b>6,25</b>  | <b>m2</b>     |
| <b>Caudal aire nuevo</b>                                       | <b>428,0</b> | <b>m3/min</b> |
| <b>Carga de explosivo</b>                                      | <b>10,21</b> | <b>kg</b>     |
| <b>Volumen gases toxicos</b>                                   | <b>0,04</b>  | <b>m3/kg</b>  |
| <b>Volumen gas acumulado</b>                                   | <b>255</b>   |               |
| <b>Capacidad de dilucion</b>                                   | <b>2,1</b>   |               |
| <b>Tiempo de ventilacion</b>                                   | <b>119,3</b> | <b>min</b>    |
| <b>Tiempo de ventilacion con margen</b>                        | <b>2,5</b>   | <b>hrs</b>    |

| <b>Tiempo de ventilacion (Atkinson) Galeria</b> |              |               |
|-------------------------------------------------|--------------|---------------|
| <b>Velocidad aire dentro mina</b>               | <b>2,81</b>  | <b>m/s</b>    |
| <b>Velocidad aire nueva</b>                     | <b>1,14</b>  | <b>m/s</b>    |
| <b>Area galeria</b>                             | <b>6,25</b>  | <b>m2</b>     |
| <b>Caudal aire nuevo</b>                        | <b>428,0</b> | <b>m3/min</b> |
| <b>Carga de explosivo</b>                       | <b>31,80</b> | <b>kg</b>     |
| <b>Volumen gases toxicos</b>                    | <b>0,04</b>  | <b>m3/kg</b>  |
| <b>Volumen gas acumulado</b>                    | <b>795</b>   |               |
| <b>Capacidad de dilucion</b>                    | <b>2,1</b>   |               |
| <b>Tiempo de ventilacion</b>                    | <b>371,4</b> | <b>min</b>    |
| <b>Tiempo de ventilacion con margen</b>         | <b>7,7</b>   | <b>hrs</b>    |

| <b>Tiempo de ventilacion (Atkinson) Bench and fill</b> |
|--------------------------------------------------------|
|--------------------------------------------------------|

|                                         |               |               |
|-----------------------------------------|---------------|---------------|
| <b>Velocidad aire dentro mina</b>       | <b>2,81</b>   | <b>m/s</b>    |
| <b>Velocidad aire nueva</b>             | <b>1,14</b>   | <b>m/s</b>    |
| <b>Area galeria</b>                     | <b>6,25</b>   | <b>m2</b>     |
| <b>Caudal aire nuevo</b>                | <b>428,0</b>  | <b>m3/min</b> |
| <b>Carga de explosivo</b>               | <b>160,37</b> | <b>kg</b>     |
| <b>Volumen gases toxicos</b>            | <b>0,04</b>   | <b>m3/kg</b>  |
| <b>Volumen gas acumulado</b>            | <b>4009</b>   |               |
| <b>Capacidad de dilucion</b>            | <b>2,1</b>    |               |
| <b>Tiempo de ventilacion</b>            | <b>1873,4</b> | <b>min</b>    |
| <b>Tiempo de ventilacion con margen</b> | <b>39,0</b>   | <b>hrs</b>    |

#### **CALCULO TIEMPO CARGUIO Y COMBUSTIBLE**

| <b>Produccion etapa 1 Shrinkage</b> |             |                  |
|-------------------------------------|-------------|------------------|
| <b>Dumper</b>                       |             |                  |
| <b>Capacidad carga</b>              | <b>5</b>    | <b>ton/viaje</b> |
| <b>Velocidad Dumper</b>             | <b>10</b>   | <b>km/hr</b>     |
| <b>Rendimiento</b>                  | <b>10</b>   | <b>lt/hr</b>     |
| <b>Tiempo Dumper</b>                | <b>0,1</b>  | <b>hr/dia</b>    |
| <b>Minicargador</b>                 |             |                  |
| <b>Capacidad carga</b>              | <b>0,8</b>  | <b>ton</b>       |
| <b>Tiempo de carga</b>              | <b>0,5</b>  | <b>min</b>       |
| <b>Carguio Esponjamiento</b>        | <b>0,1</b>  | <b>hr/dia</b>    |
| <b>Rendimiento</b>                  | <b>10</b>   | <b>lt/hr</b>     |
| <b>Tiempo Minicargador</b>          | <b>0,1</b>  | <b>hr/dia</b>    |
| <b>Compresor</b>                    |             |                  |
| <b>Velocidad perforacion</b>        | <b>0,35</b> | <b>m/min</b>     |
| <b>Tiros en total</b>               | <b>16</b>   | <b>tiros</b>     |
| <b>Metros</b>                       | <b>28,8</b> | <b>m</b>         |
| <b>Tiempo perforacion</b>           | <b>1,4</b>  | <b>hr/disp</b>   |

|                                   |              |                |
|-----------------------------------|--------------|----------------|
| <b>Tiempo soplado por tiro</b>    | <b>5</b>     | <b>s/tiro</b>  |
| <b>Tiempo soplado por disparo</b> | <b>105</b>   | <b>s/disp</b>  |
| <b>Tiempo soplado</b>             | <b>0,03</b>  | <b>hr/disp</b> |
| <b>Tiempo inactivo</b>            | <b>0,5</b>   | <b>hr/disp</b> |
| <b>Rendimiento</b>                | <b>10</b>    | <b>lt/hr</b>   |
| <b>Tiempo compresor</b>           | <b>1,9</b>   | <b>hr/disp</b> |
| <b>Tiempo carguio</b>             | <b>0,17</b>  | <b>hrs</b>     |
| <b>Recorrido</b>                  | <b>0,6</b>   | <b>km</b>      |
| <b>Viajes Dumper/disp</b>         | <b>1</b>     |                |
| <b>Viajes Dumper/dia</b>          | <b>2</b>     |                |
| <b>Lt minicargador</b>            | <b>16,1</b>  | <b>lt/mes</b>  |
| <b>Lt Dumper</b>                  | <b>18,5</b>  | <b>lt/mes</b>  |
| <b>Lt compresor</b>               | <b>380,1</b> | <b>lt/mes</b>  |
| <b>Litros combustible mes</b>     | <b>414,8</b> | <b>lt/mes</b>  |

| <b>Produccion etapa 2 Shrinkage</b> |              |                 |
|-------------------------------------|--------------|-----------------|
| <b>Dumper</b>                       |              |                 |
| <b>Capacidad carga</b>              | <b>5</b>     | <b>ton</b>      |
| <b>Velocidad Dumper</b>             | <b>10</b>    | <b>km/hr</b>    |
| <b>Rendimiento</b>                  | <b>10</b>    | <b>lt/hr</b>    |
| <b>Capacidad buzón 12"</b>          | <b>0,069</b> | <b>ton/s</b>    |
| <b>Tiempo llenado</b>               | <b>1,2</b>   | <b>min</b>      |
| <b>Tiempo vaciado</b>               | <b>1</b>     | <b>min</b>      |
| <b>Tiempo maniobra</b>              | <b>2</b>     | <b>min</b>      |
| <b>Tiempo Dumper</b>                | <b>0,2</b>   | <b>hr/ciclo</b> |
| <b>Tiempo etapa 2</b>               | <b>540,6</b> | <b>hrs</b>      |
| <b>Tiempo etapa 2</b>               | <b>60</b>    | <b>días</b>     |
| <b>Recorrido</b>                    | <b>0,8</b>   | <b>km</b>       |
| <b>Toneladas</b>                    | <b>16789</b> | <b>ton</b>      |
| <b>Viajes Dumper</b>                | <b>2350</b>  |                 |

|                          |               |               |
|--------------------------|---------------|---------------|
| <b>Viajes Dumper dia</b> | <b>39</b>     |               |
| <b>Produccion mes</b>    | <b>3913</b>   |               |
| <b>Lt Dumper</b>         | <b>1800,0</b> | <b>lt/mes</b> |

|                                   |             |                  |
|-----------------------------------|-------------|------------------|
| <b>Chimenea</b>                   |             |                  |
| <b>Dumper</b>                     |             |                  |
| <b>Capacidad carga</b>            | <b>5</b>    | <b>ton/viaje</b> |
| <b>Velocidad Dumper</b>           | <b>10</b>   | <b>km/hr</b>     |
| <b>Rendimiento</b>                | <b>10</b>   | <b>lt/hr</b>     |
| <b>Tiempo Dumper</b>              | <b>0,2</b>  | <b>hr/dia</b>    |
| <b>Minicargador</b>               |             |                  |
| <b>Capacidad carga</b>            | <b>0,8</b>  | <b>ton</b>       |
| <b>Tiempo de carga</b>            | <b>0,5</b>  | <b>min</b>       |
| <b>Carguio</b>                    | <b>0,16</b> | <b>hr/dia</b>    |
| <b>Rendimiento</b>                | <b>10</b>   | <b>lt/hr</b>     |
| <b>Tiempo Minicargador</b>        | <b>0,16</b> | <b>hr/dia</b>    |
| <b>Compresor</b>                  |             |                  |
| <b>Velocidad perforacion</b>      | <b>0,35</b> | <b>m/min</b>     |
| <b>Tiros en total</b>             | <b>8</b>    | <b>tiros</b>     |
| <b>Metros</b>                     | <b>14,3</b> | <b>m</b>         |
| <b>Tiempo perforacion</b>         | <b>0,7</b>  | <b>hr/disp</b>   |
| <b>Tiempo soplado por tiro</b>    | <b>5</b>    | <b>s/tiro</b>    |
| <b>Tiempo soplado por disparo</b> | <b>105</b>  | <b>s/disp</b>    |
| <b>Tiempo soplado</b>             | <b>0,03</b> | <b>hr/disp</b>   |
| <b>Tiempo inactivo</b>            | <b>0,5</b>  | <b>hr/disp</b>   |
| <b>Rendimiento</b>                | <b>10</b>   | <b>lt/hr</b>     |
| <b>Tiempo compresor</b>           | <b>1,2</b>  | <b>hr/disp</b>   |
| <b>Tiempo carguio</b>             | <b>0,35</b> | <b>hrs</b>       |
| <b>Recorrido</b>                  | <b>0,6</b>  | <b>km</b>        |
| <b>Viajes Dumper/disp</b>         | <b>3</b>    |                  |

|                               |              |               |
|-------------------------------|--------------|---------------|
| <b>Viajes Dumper/dia</b>      | <b>3</b>     |               |
| <b>Lt minicargador</b>        | <b>32,1</b>  | <b>lt/mes</b> |
| <b>Lt Dumper</b>              | <b>37,0</b>  | <b>lt/mes</b> |
| <b>Lt compresor</b>           | <b>241,9</b> | <b>lt/mes</b> |
| <b>Litros combustible mes</b> | <b>311,1</b> | <b>lt/mes</b> |

|                                   |             |                  |
|-----------------------------------|-------------|------------------|
| <b>Desquinche</b>                 |             |                  |
| <b>Dumper</b>                     |             |                  |
| <b>Capacidad carga</b>            | <b>5</b>    | <b>ton/viaje</b> |
| <b>Velocidad Dumper</b>           | <b>10</b>   | <b>km/hr</b>     |
| <b>Rendimiento</b>                | <b>10</b>   | <b>lt/hr</b>     |
| <b>Tiempo Dumper</b>              | <b>0,1</b>  | <b>hr/dia</b>    |
| <b>Minicargador</b>               |             |                  |
| <b>Capacidad carga</b>            | <b>0,8</b>  | <b>ton</b>       |
| <b>Tiempo de carga</b>            | <b>0,5</b>  | <b>min</b>       |
| <b>Carguio Esponjamiento</b>      | <b>0,09</b> | <b>hr/dia</b>    |
| <b>Rendimiento</b>                | <b>10</b>   | <b>lt/hr</b>     |
| <b>Tiempo Minicargador</b>        | <b>0,09</b> | <b>hr/dia</b>    |
| <b>Compresor</b>                  |             |                  |
| <b>Velocidad perforacion</b>      | <b>0,35</b> | <b>m/min</b>     |
| <b>Tiros en total</b>             | <b>36</b>   | <b>tiros</b>     |
| <b>Metros</b>                     | <b>64,8</b> | <b>m</b>         |
| <b>Tiempo perforacion</b>         | <b>3,1</b>  | <b>hr/disp</b>   |
| <b>Tiempo soplado por tiro</b>    | <b>5</b>    | <b>s/tiro</b>    |
| <b>Tiempo soplado por disparo</b> | <b>105</b>  | <b>s/disp</b>    |
| <b>Tiempo soplado</b>             | <b>0,03</b> | <b>hr/disp</b>   |
| <b>Tiempo inactivo</b>            | <b>0,5</b>  | <b>hr/disp</b>   |
| <b>Rendimiento</b>                | <b>10</b>   | <b>lt/hr</b>     |
| <b>Tiempo compresor</b>           | <b>3,6</b>  | <b>hr/disp</b>   |
| <b>Tiempo carguio</b>             | <b>0,20</b> | <b>hrs</b>       |

| <b>Produccion Bench and fill</b>  |             |                  |
|-----------------------------------|-------------|------------------|
| <b>Dumper</b>                     |             |                  |
| <b>Capacidad carga</b>            | <b>5</b>    | <b>ton/viaje</b> |
| <b>Velocidad Dumper</b>           | <b>10</b>   | <b>km/hr</b>     |
| <b>Rendimiento</b>                | <b>10</b>   | <b>lt/hr</b>     |
| <b>Tiempo Dumper</b>              | <b>4,5</b>  | <b>hr/dia</b>    |
| <b>Minicargador</b>               |             |                  |
| <b>Capacidad carga</b>            | <b>0,8</b>  | <b>ton</b>       |
| <b>Tiempo de carga</b>            | <b>0,5</b>  | <b>min</b>       |
| <b>Carguio Dumper</b>             | <b>3,9</b>  | <b>hr/dia</b>    |
| <b>Rendimiento</b>                | <b>10</b>   | <b>lt/hr</b>     |
| <b>Tiempo Minicargador</b>        | <b>3,9</b>  | <b>hr/dia</b>    |
| <b>Scoop</b>                      |             |                  |
| <b>Capacidad carga</b>            | <b>3</b>    | <b>ton/viaje</b> |
| <b>Tiempo de carga</b>            | <b>0,5</b>  | <b>min</b>       |
| <b>Velocidad Scoop</b>            | <b>10</b>   | <b>km/hr</b>     |
| <b>Rendimiento</b>                | <b>21</b>   | <b>lt/hr</b>     |
| <b>Tiempo Scoop relleno</b>       | <b>3,8</b>  | <b>hr/dia</b>    |
| <b>Compresor</b>                  |             |                  |
| <b>Velocidad perforacion</b>      | <b>0,4</b>  | <b>m/min</b>     |
| <b>Tiros en total</b>             | <b>4</b>    | <b>tiros</b>     |
| <b>Metros</b>                     | <b>61,2</b> | <b>m</b>         |
| <b>Tiempo perforacion</b>         | <b>2,6</b>  | <b>hr/disp</b>   |
| <b>Tiempo soplado por tiro</b>    | <b>5</b>    | <b>s/tiro</b>    |
| <b>Tiempo soplado por disparo</b> | <b>30</b>   | <b>s/disp</b>    |
| <b>Tiempo soplado</b>             | <b>0,01</b> | <b>hr/disp</b>   |
| <b>Tiempo inactivo</b>            | <b>0,5</b>  | <b>hr/disp</b>   |
| <b>Rendimiento</b>                | <b>10</b>   | <b>lt/hr</b>     |

|                               |               |                |
|-------------------------------|---------------|----------------|
| <b>Tiempo compresor</b>       | <b>3,1</b>    | <b>hr/disp</b> |
| <b>Tiempo carguio</b>         | <b>9,6</b>    | <b>hrs</b>     |
| <b>Recorrido</b>              | <b>0,6</b>    | <b>km</b>      |
| <b>Viajes Dumper/disp</b>     | <b>76</b>     |                |
| <b>Viajes Dumper/dia</b>      | <b>76</b>     |                |
| <b>Viajes Scoop/disp</b>      | <b>126</b>    |                |
| <b>Viajes Scoop/dia</b>       | <b>126</b>    |                |
| <b>Lt minicargador</b>        | <b>789,2</b>  | <b>lt/mes</b>  |
| <b>Lt Dumper</b>              | <b>909,2</b>  | <b>lt/mes</b>  |
| <b>Lt Scoop</b>               | <b>1591,0</b> | <b>lt/mes</b>  |
| <b>Lt compresor</b>           | <b>611,7</b>  | <b>lt/mes</b>  |
| <b>Litros combustible mes</b> | <b>3901,0</b> | <b>lt/mes</b>  |

## CHIMENEA

| Explosivos Chimenea |     |    |                     |                            |                    |                   |        |
|---------------------|-----|----|---------------------|----------------------------|--------------------|-------------------|--------|
| Insumos             |     |    | Consumo<br>por tiro | Cantidad<br>por<br>disparo | Consumo por<br>mes | Compra<br>por mes | Unidad |
| Anfo                | 25  | kg | 1,28                | 10,2                       | 204                | 8                 | sacos  |
| Guía lenta          | 500 | m  | 2,5                 | 20,0                       | 400                | 1                 | rollos |
| Fulminante          | 100 | un | 1                   | 8,0                        | 160                | 2                 | cajas  |
| Emulsión            | 195 | un | 1                   | 8,0                        | 160                | 1                 | cajas  |
| Cordón detonante    | 500 | m  | 2,5                 | 20,0                       | 400                | 1                 | rollos |
| Noneles             | 60  | un | 1                   | 8,0                        | 160                | 3                 | cajas  |

| Perforacion chimenea       |         |               |               |
|----------------------------|---------|---------------|---------------|
| Insumo                     | Uso/mes | Precio/unidad | Costo CLP/mes |
| Barra 1,2 m                | 1       | \$7.633       | \$7.633       |
| Barra 1,6 m                | 1       | \$14.900      | \$14.900      |
| Barra 1,8 m                | 1       | \$16.300      | \$16.300      |
| Barra 2,4 m                | 1       | \$21.400      | \$21.400      |
| Bits                       | 4       | \$7.450       | \$29.800      |
| Rollo manguera aire (1")   | 2       | \$14.958      | \$29.916      |
| Rollo manguera agua (1,5") | 2       | \$11.625      | \$23.250      |
| Chicago (1")               | 4       | \$242         | \$968         |
| Chicago (1,5")             | 4       | \$225         | \$900         |

|                   |         |           |
|-------------------|---------|-----------|
| Agua perforadoras | \$5.448 | \$5.448   |
| Total             |         | \$150.515 |

| Costo de tronadura Chimenea |                     |                  |                  |
|-----------------------------|---------------------|------------------|------------------|
| Insumos                     | Uso<br>Cantidad/mes | Costo<br>CLP/mes | Total<br>CLP/mes |
| Anfo                        | 8                   | \$16.515         | \$134.897        |
| Guía lenta                  | 1                   | \$20.600         | \$16.480         |
| Fulminante                  | 2                   | \$19.400         | \$31.040         |
| Emulsión                    | 1                   | \$42.990         | \$35.274         |
| Cordón detonante            | 1                   | \$152.000        | \$121.600        |
| Noneles                     | 3                   | \$59.623         | \$158.995        |
|                             | Total               |                  | \$498.285        |

| Herramientas          |         |               |               |
|-----------------------|---------|---------------|---------------|
| Insumo                | Uso/mes | Precio/unidad | Costo CLP/mes |
| Madera                | 15      | \$1.750       | \$26.250      |
| Escalera metalica 3 m | 11      | \$41.390      | \$455.290     |
|                       | Total   |               | \$481.540     |

| Costo chimenea    |             |         |
|-------------------|-------------|---------|
| Item              | Precio      | Unidad  |
| Perforista        | \$900.000   | CLP/mes |
| Ayudante          | \$800.000   | CLP/mes |
| Operadores        | \$2.000.000 | CLP/mes |
| Perforadora       | \$34.882    | CLP/mes |
| Compresor         | \$773.500   | CLP/mes |
| Bobcat            | \$483.438   | CLP/mes |
| Dumper            | \$647.609   | CLP/mes |
| Perforacion       | \$150.515   | CLP/mes |
| Tronadura         | \$498.285   | CLP/mes |
| Combustible       | \$472.252   | CLP/mes |
| EPP               | \$350.854   | CLP/mes |
| Herramientas      | \$481.540   | CLP/mes |
| Flete agua        | \$60.000    | CLP/mes |
| Costos indirectos | \$10.896    | CLP/mes |
| Mantenimiento     | \$1.717.303 | CLP/mes |
| Suma              | \$9.381.074 | CLP/mes |
| Produccion        | 308,6       | ton/mes |
| Costo /ton        | \$30.397    | CLP/ton |
| Costo/m           | \$262.610   | CLP/m   |

|                     |             |      |
|---------------------|-------------|------|
| Costo chimenea 33 m | \$8.666.125 | CLP  |
| Tiempo              | 18,5        | Dias |
| Costo chimenea 10 m | \$2.626.099 | CLP  |
| Tiempo              | 33,6        | Dias |

## DESQUINCHE

| Explosivos Desquinche |     |    |                     |                            |                    |                   |        |
|-----------------------|-----|----|---------------------|----------------------------|--------------------|-------------------|--------|
| Insumos               |     |    | Consumo<br>por tiro | Cantidad<br>por<br>disparo | Consumo<br>por mes | Compra<br>por mes | Unidad |
| Anfo                  | 25  | kg | 0,94                | 33,7                       | 673                | 27                | sacos  |
| Guía lenta            | 500 | m  | 2,5                 | 90,0                       | 1800               | 4                 | rollos |
| Fulminante            | 100 | un | 1                   | 36,0                       | 720                | 7                 | cajas  |
| Emulsión              | 195 | un | 1                   | 36,0                       | 720                | 4                 | cajas  |
| Cordón detonante      | 500 | m  | 2,5                 | 90,0                       | 1800               | 4                 | rollos |
| Noneles               | 60  | un | 1                   | 36,0                       | 720                | 12                | cajas  |

| Perforacion Desquinche     |         |               |               |
|----------------------------|---------|---------------|---------------|
| Insumo                     | Uso/mes | Precio/unidad | Costo CLP/mes |
| Barra 1,2 m                | 2       | \$7.633       | \$15.266      |
| Barra 1,8 m                | 2       | \$16.300      | \$32.600      |
| Bits                       | 4       | \$7.450       | \$29.800      |
| Rollo manguera aire (1")   | 2       | \$14.958      | \$29.916      |
| Rollo manguera agua (1,5") | 2       | \$11.625      | \$23.250      |
| Chicago (1")               | 4       | \$242         | \$968         |
| Chicago (1,5")             | 4       | \$225         | \$900         |
| Agua perforadoras          | 1       | \$5.448       | \$5.448       |
| Total                      |         |               | \$138.148     |

| Costo de tronadura Desquinche |                     |                  |                  |
|-------------------------------|---------------------|------------------|------------------|
| Insumos                       | Uso<br>Cantidad/mes | Costo<br>CLP/mes | Total<br>CLP/mes |
| Anfo                          | 27                  | \$16.515         | \$444.804        |
| Guía lenta                    | 4                   | \$20.600         | \$74.160         |
| Fulminante                    | 7                   | \$19.400         | \$139.680        |
| Emulsión                      | 4                   | \$42.990         | \$158.732        |
| Cordón<br>detonante           | 4                   | \$152.000        | \$547.200        |
| Noneles                       | 12                  | \$59.623         | \$715.476        |
| Total                         |                     |                  | \$2.080.053      |

| Costo desquinche  |              |         |
|-------------------|--------------|---------|
| Item              | Precio       | Unidad  |
| Perforista        | \$900.000    | CLP/mes |
| Ayudante          | \$800.000    | CLP/mes |
| Operadores        | \$2.000.000  | CLP/mes |
| Perforadora       | \$34.882     | CLP/mes |
| Compresor         | \$773.500    | CLP/mes |
| Bobcat            | \$483.438    | CLP/mes |
| Dumper            | \$647.609    | CLP/mes |
| Perforacion       | \$138.148    | CLP/mes |
| Tronadura         | \$2.080.053  | CLP/mes |
| Combustible       | \$1.157.485  | CLP/mes |
| EPP               | \$350.854    | CLP/mes |
| Flete agua        | \$120.000    | CLP/mes |
| Costos indirectos | \$10.896     | CLP/mes |
| Mantenimiento     | \$2.267.231  | CLP/mes |
| Suma              | \$11.764.095 | CLP/mes |
| Produccion        | 587,8        | ton/mes |
| Costo /ton        | \$20.013     | CLP/ton |
| Costo/m           | \$343.979    | CLP/m   |
| Costo desquinche  | \$12.727.237 | CLP     |
| Tiempo            | 21,6         | Dias    |

## GALERIA

| Explosivos Galeria |     |    |                  |                      |                 |                |        |
|--------------------|-----|----|------------------|----------------------|-----------------|----------------|--------|
| Insumos            |     |    | Consumo por tiro | Cantidad por disparo | Consumo por mes | Compra por mes | Unidad |
| Anfo               | 25  | kg | 0,94             | 31,80                | 636             | 25             | sacos  |
| Guía lenta         | 500 | m  | 2,5              | 85,0                 | 1700            | 3              | rollos |
| Fulminante         | 100 | un | 1                | 34,0                 | 680             | 7              | cajas  |
| Emulsión           | 195 | un | 1                | 34,0                 | 680             | 3              | cajas  |
| Cordón detonante   | 500 | m  | 2,5              | 85,0                 | 1700            | 3              | rollos |
| Noneles            | 60  | un | 1                | 34,0                 | 680             | 11             | cajas  |

| Costo de tronadura Galeria |              |          |           |
|----------------------------|--------------|----------|-----------|
| Insumos                    | Uso          | Costo    | Total     |
|                            | Cantidad/mes | CLP/mes  | CLP/mes   |
| Anfo                       | 25           | \$16.515 | \$420.093 |

|                  |       |           |             |
|------------------|-------|-----------|-------------|
| Guía lenta       | 3     | \$20.600  | \$70.040    |
| Fulminante       | 7     | \$19.400  | \$131.920   |
| Emulsión         | 3     | \$42.990  | \$149.914   |
| Cordón detonante | 3     | \$152.000 | \$516.800   |
| Noneles          | 11    | \$59.623  | \$675.727   |
|                  | Total |           | \$1.964.494 |

| Perforacion Galeria        |         |               |               |
|----------------------------|---------|---------------|---------------|
| Insumo                     | Uso/mes | Precio/unidad | Costo CLP/mes |
| Barra 1,2 m                | 2       | \$7.633       | \$15.266      |
| Barra 1,6 m                | 2       | \$14.900      | \$29.800      |
| Barra 1,8 m                | 2       | \$16.300      | \$32.600      |
| Bits                       | 4       | \$7.450       | \$29.800      |
| Rollo manguera aire (1")   | 2       | \$14.958      | \$29.916      |
| Rollo manguera agua (1,5") | 2       | \$11.625      | \$23.250      |
| Chicago (1")               | 4       | \$242         | \$968         |
| Chicago (1,5")             | 4       | \$225         | \$900         |
| Agua perforadoras          | 1       | \$5.448       | \$5.448       |
|                            | Total   |               | \$167.948     |

| Costo Galeria      |              |         |
|--------------------|--------------|---------|
| Item               | Precio       | Unidad  |
| Perforista         | \$900.000    | CLP/mes |
| Ayudante           | \$800.000    | CLP/mes |
| Operadores         | \$2.000.000  | CLP/mes |
| Perforadora        | \$34.882     | CLP/mes |
| Compresor          | \$773.500    | CLP/mes |
| Bobcat             | \$483.438    | CLP/mes |
| Dumper             | \$647.609    | CLP/mes |
| Perforacion        | \$167.948    | CLP/mes |
| Tronadura          | \$1.964.494  | CLP/mes |
| Combustible        | \$1.245.456  | CLP/mes |
| EPP                | \$350.854    | CLP/mes |
| Flete agua         | \$120.000    | CLP/mes |
| Costos indirectos  | \$10.896     | CLP/mes |
| Mantenimiento      | \$2.267.894  | CLP/mes |
| Suma               | \$11.766.971 | CLP/mes |
| Produccion         | 587,8        | ton/mes |
| Costo /ton         | \$20.018     | CLP/ton |
| Costo/m            | \$344.063    | CLP/m   |
| Costo galeria 50 m | \$17.203.174 | CLP     |
| Tiempo             | 29,2         | Dias    |

## ANEXO B

### FILTRO DE COMBUSTIBLE CX0708

Todos los productos / Repuestos / Filtro de Combustible CX0708 (Koop192F/Ligong192F)



#### Filtro de Combustible CX0708 (Koop192F/Ligong192F)

\$ 12.990 +IVA

- 1 +

Agregar al carrito

Comprar ahora

[Términos y condiciones](#)

Envío: Entrega Inmediata

### ACEITE HIDRÁULICO ISO VG 46/68 (20 KG)



LUBRAX

★★★★★ 0 (0) [Escribir comentario](#)

#### Aceite hidráulico lubrax hydra iso vg 46 19 l

Lubricante mineral - Aplicacion hidraulico norma sae ms 1004

SKU LUBRAX0060 **EN STOCK**

**\$59.990** c/IVA

\$3.157 c/IVA x litro

Cantidad

- 1 +

AGREGAR

#### Opciones de entrega

 Simula  
tu despacho

 Simula tu  
retiro en tienda

### DRILL RIG YGD 70








**Small Portable Light Weight Road Construction Anchor Drilling Rig Machine**

**US\$3,250.00**  
1-2 Sets

**US\$3,100.00**  
3+ Sets

[Start Order Request](#) [Send Inquiry](#) [Chat Now](#)

**Product Details** >

Customization: Available  
 Certification: CE, RoHS, ISO 9001:2000, ISO 9001:2008, SGS  
 Condition: Used

**Shipping**

Shipping Cost: Contact the supplier about freight and estimated delivery time.

|                     |                                           |                     |                 |
|---------------------|-------------------------------------------|---------------------|-----------------|
| Model NO.           | YGD-100                                   | Motor               | AC Motor        |
| Drill Hole Diameter | 60~200mm                                  | Drill Hole Depth    | 0 to 30m        |
| Bit Type            | Diamond Bit                               | Drilling Way        | Impactor        |
| Power Type          | Electrical Air Compressor                 | Working Pressure    | 0.5 to 0.8MPa   |
| Application         | Soil Rock                                 | Drillin Pipe        | 50~60mm         |
| Rated Speed         | 3200r/Min                                 | Weight              | 450kg           |
| Air Consumption     | 12m3/Min                                  | Cylinder Diameter   | 140mm           |
| Propulsion Stroke   | 1070mm                                    | Max Propelled Force | 9600n           |
| Transport Package   | Export Wooden Box According to Your Needs | Specification       | 2230*380*550mm  |
| Trademark           | Yugong/OEM                                | Origin              | China           |
| HS Code             | 8431499900                                | Production Capacity | 5000 Sets/Month |

## MINICARGADOR

- Marca: Forway
- Modelo: WS50.
- Motor: Kubota V2403 Diesel.
- Tipo de aspiración: Natural
- Potencia: 49 Hp / 2.600 rpm
- Chasis: Rígido.
- Tercera función: Incluida.
- Transmisión: Hidrostática
- Bomba hidráulica: Sauer Danfoss.
- Altura total: 2.84 Mt.
- Altura levante: 3 Mt.
- Ancho total: 1,74 Mt
- Largo total con balde: 3,4 Mt.
- Capacidad de carga: 800 Kg.
- Capacidad del balde: 0,4 m<sup>3</sup>.
- Cabina: Rops - Fops cerrada
- Peso de la máquina: 3.000 Kg.

**MOTORMAN**  
Soluciones Construcción, Logística, Siempre

**FORWAY**  
Santiago, 05 de Diciembre de 2023

**CONDICIÓN N°**
**VENTA**
**GRUPO**

**Mini cargador FORWAY W550**

**EMPRESA**
**RUT**
**DIRECCIÓN**
**TELÉFONO**

**SOFIA VALENTINA CARRASCO CHAVEZ**
**19.876.810-3**
**LLAY-LLAY**
**+569 65882277**

**SR.**
**CIUDAD**
**E-MAIL**

**SOFIA CARRASCO**
**LLAY-LLAY**
**Sofia.carrasco@samam.com.cl**

**MINICARGADOR FORWAY W550**

**MOTOR**
**TIPO**
**POTENCIA**
**TRANSMISIÓN**
**RODILLOS HIDRÁULICOS**
**CAUDAL BOMBA HIDRÁULICA**
**CABINA**
**ANCHO - ALTO**
**LARGO CON BALDE**
**NEUMÁTICOS**
**PESO**
**OPERACIONAL**
**CAPACIDAD DE CARGA**
**CAPACIDAD DEL BALDE**
**ALTURA DE LEVANTE**
**ACCESORIOS INCLUIDOS**

**Kubota 1043 Diesel**
**Apagador manual**
**48 HP / 2600 rpm**
**Manual**
**Serie 040000 (USA)**
**98.2 L/min**
**Ropa / Tapo / Cerrado con AC**
**2.007 x 1.240 x 3.413 mm**
**10-16.5**
**3.000kg**
**800 kg**
**0,40 m³**
**3.000 mm**
**Tanques / Filtro, Cerrado de Seguridad, Alarma de Frenos, Luces de Frena, Luzes, Rueda de repuesto.**

**MOTORMAN**  
Soluciones Construcción, Logística, Siempre

**FORWAY**  
Santiago, 05 de diciembre de 2023

**CONDICIÓN N°**
**VENTA**
**GRUPO**

**Dumper AGORA D150RM 4X4**

**EMPRESA**
**RUT**
**DIRECCIÓN**
**TELÉFONO**

**SOFIA VALENTINA CARRASCO CHAVEZ**
**19.876.810-3**
**LLAY-LLAY**
**+569 65882277**

**SR.**
**CIUDAD**
**E-MAIL**

**SOFIA CARRASCO**
**LLAY-LLAY**
**Sofia.carrasco@samam.com.cl**

**Dumper AGORA D150RM 4X4**

**MOTOR**
**MODELO**
**CHASIS**
**DESCARGA**
**TRANSMISIÓN**
**TRACCIÓN**
**FRENOS Y COMANDOS**
**CAPACIDAD CARGA**
**VOLUMEN DEL BALDE**
**CAPACIDAD TOLVA AGUA**
**PESO OPERACIONAL**

**Kubota**
**D902 de 23 HP**
**Rigido**
**Hidráulica Frontal**
**Mecánica**
**4x4**
**Hidráulicos**
**1.500 Kg**
**0,8 m³**
**600 L**
**900 Kg**

Hilux 4x2 2.4 MT DX Diesel

|                                      |                     |
|--------------------------------------|---------------------|
| Precio Lista Sugerido Vehículo (*)   | \$31.790.000,00     |
| Impuesto verde                       | +\$1.408.963,00     |
| <b>Hilux 4x2 2.4 MT DX Diesel(*)</b> | <b>\$31.790.000</b> |

**MOTORMAN**  
Soluciones Construcción, Logística, Siempre

**FORWAY**  
Santiago, 05 de Diciembre de 2023

**CONDICIONES COMERCIALES**

**PRECIO DE VENTA**
**FORMA DE PAGO**
**PLAZO DE ENTREGA**
**LUGAR DE ENTREGA**
**GARANTÍA**
**ENTREGA TÉCNICA**
**SERVICIO TÉCNICO**
**REPUESTOS**
**VALIDEZ DE LA OFERTA**

**\$ 28.800.000 + IVA**
**Cuando**
**01 unidad disponible**
**Delegado de Motorman Santiago**
**1 año o 1.200 horas, lo que se cumpla primero**
**En Instalaciones de Motorman para el o los operadores del equipo.**
**Red de Servicios Motorman SA**
**www.motorman.cl**
**7 días desde la fecha de la cotización**

Sin otro particular y esperando que la presente tenga una buena recepción de su parte, los saludos muy cordiales y quedamos atentos a sus comentarios.

Atte:  
**Engel Olivares Aedo**  
Unica de Magallanes y Remol  
+56 9 6588040  
**engel.olivares@motorman.cl**

**MOTORMAN**  
Soluciones Construcción, Logística, Siempre

**FORWAY**  
Santiago, 05 de diciembre de 2023

**CONDICIONES COMERCIALES**

**PRECIO**
**FORMA DE PAGO**
**PLAZO DE ENTREGA**
**LUGAR DE ENTREGA**
**GARANTÍA**
**ENTREGA TÉCNICA**
**SERVICIO TÉCNICO**
**REPUESTOS**
**VALIDEZ DE LA OFERTA**

**\$32.500 USD + Iva**
**Cuando**
**Entregado, solo Impresión ID días hábiles**
**Delegado de Motorman Santiago**
**1 año o 1.200 horas, lo que se cumpla primero**
**Instalaciones de Motorman.**
**Red de Servicios Motorman SA**
**www.motorman.cl**
**7 días desde la fecha de la cotización**

Sin otro particular y esperando que la presente tenga una buena recepción de su parte, los saludos muy cordiales y quedamos atentos a sus comentarios.

Atte:  
**Engel Olivares Aedo**  
Unica de Maquinarias  
+569 6586040  
**engel.olivares@motorman.cl**

## PERFORADORA YT27

|                       |                  |                            |                |
|-----------------------|------------------|----------------------------|----------------|
| Peso                  | 27 kg            | Frecuencia de Impacto      | 37 ~ 40 Hz     |
| Largo x Ancho x Alto  | 668x248x202 mm   | Energía Impacto            | 50 ~ 70 J      |
| Consumo de aire       | 50 ~ 85 L/s      | Presión de Trabajo         | 0.4 ~ 0.63 MPa |
| Ø Manguera de aire    | 25 mm            | Presión hidráulica         | 0.3 MPa        |
| Ø Manguera de agua    | 13 mm            | Torque                     | 13 ~ 19 Nm     |
| Ø de cilindro         | 80 mm            | Ø apropiado de orificio    | 34 ~ 45 mm     |
| Carrera de Pistón     | 60 mm            | Profundidad de Perforación | 5 Mts          |
| Velocidad Perforación | 300 ~ 480 mm/min | Vástago                    | H22x108 mm     |

# COMPRESOR KAESER M57



## Arriendo de compresores de aire kaeser m57

★★★★★ Calificar

Publicado: Agosto 14 por LaQuillay 📍 Región Metropolitana > Quinta Normal

### Arriendo

**compresores KAESER M57**  
 VALOR MENSUAL \$650.000 + IVA  
 VALOR **DIARIO** \$ 50.000 + IVA

CORREO: mineralaquillay@gmail.com  
 MÓVIL 06-1039419 09-3554410

### DETALLE

MARCA KAESER MODELO M-57  
 ESO 1800 KG.  
 CFM 200 pies <sup>3</sup>/min  
 5,6 m<sup>3</sup>/min  
 185 CFM,  
 MOTOR KUBOTA V2403

El Kaeser Mobilair M57 compresor de **aire** portátil es perfecto para el funcionamiento de sus herramientas neumáticas en la obra! Este compresor es comparable en tamaño al de sus competidores compresor de 185 CFM, excepto que usted está recibiendo más aire con menos de combustible, gracias a la M57 de finales Perfil Sigma de aire de tornillo rotativo.

| Modelo | Compresor           |     |                     |     | Motor diésel de 4 cilindros (enfriado por agua) |        |                        |                            | Unidad                     |                  |                                          |                                         |                           |
|--------|---------------------|-----|---------------------|-----|-------------------------------------------------|--------|------------------------|----------------------------|----------------------------|------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------|
|        | Caudal              |     | Presión de servicio |     | Marca                                           | Modelo | Potencia nominal motor | Revoluciones a plena carga | Capac. depósito de presión | Peso en servicio | Nivel de potencia acústica <sup>1)</sup> | Nivel de presión acústica <sup>2)</sup> | Salida de aire comprimido |
|        | m <sup>3</sup> /min | cfm | bar                 | PSI |                                                 |        | kW                     | rpm                        | l                          | kg               | dB(A)                                    | dB(A)                                   |                           |
| M57    | 5,6                 | 200 | 7                   | 100 | Kubota                                          | V2403  | 36                     | 2600                       | 105                        | 1225             | ≤98                                      | 68                                      | 2 x G¾<br>1 x G1          |

# DUMPER

# DUMPER RSC50



**6 CUOTAS  
PRECIO CONTADO**



**OFERTA**

**27,500 USD**  
+ IVA

**CARGA**   
**5,000 kg**

**CAPACIDAD**   
**2,0 m³**

**DUMPER MINERO**

 [maquinarias@movsa.cl](mailto:maquinarias@movsa.cl)  **+562 2365 0390**

## ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

### PARÁMETROS DE RENDIMIENTO

|                                      |          |          |
|--------------------------------------|----------|----------|
| Potencia Nominal (motor)             | HP       | 63/2300  |
| Velocidad nominal (motor)            | RPM      | 2300     |
| Velocidad máxima                     | km/h     | 25       |
| Peso operativo                       | kg       | 3050     |
| Capacidad de carga                   | kg       | 5000     |
| Pendiente máxima                     | %        | 30       |
| Torque de motor                      | kN       | 120/2100 |
| Consumo de combustible               | g/kWh    | 238      |
| Capacidad de tolva                   | m³       | 2        |
| Ángulo de carga y descarga           | Grados   | 48.4     |
| Distancia entre ejes                 | mm       | 2338     |
| Radio de giro                        | mm       | 4600     |
| Ángulo máximo para freno de servicio | %        | 18       |
| Distancia de frenado                 | a 10km/h | 2.5m     |

### CONFIGURACIÓN

|             |                                                                                        |
|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| Motor       | YUCHAI de 4 tiempos, 4 cilindros, inyección directa de combustible, enfriado por agua. |
| Norma       | TIER IV.                                                                               |
| Transmisión | Mecánica 4x4                                                                           |
| Neumáticos  | 14-17.5                                                                                |

### CAPACIDADES

|                         |     |       |
|-------------------------|-----|-------|
| Estanque de combustible | Lts | 52    |
| Sistema de enfriamiento | Lts | 10.5  |
| Motor                   | Lts | 3.5   |
| Sistema Hidráulico      | Lts | 50    |
| Diferenciales           | Lts | 2.5x2 |
| Transmisión             | Lts | 3.2   |

SCOOP XDCY 30



★ Venta de Cargadores Bajo Perfil Otros Grupo Tus Máquinas

CARGADORES BAJO PERFIL

Usado

Cargadores Bajo Perfil - Otros - XDCY 30 - 2021

\$ 75.000.000 + IVA (CLP)

Publicado el 25 de Noviembre del 2025

|            |                           |
|------------|---------------------------|
| Ubicación: | Metropolitana de Santiago |
| Marca:     | Otros                     |
| Modelo:    | XDCY 30                   |
| Año:       | 2021                      |

Scoop XCJC, modelo XDCY 30, año 2021, 4.805 horas, balde de 1.5 m3, capacidad nominal de carga de 3 toneladas, hecho en China (XJCJ marca especializada en maquinaria industrial destinada a minería y/o trabajos exigentes), 4X4, dimensiones: largo: 6,2m x ancho: 1,6m x alto: 2.1m. Operativo, transferible, revise en terreno.

| Scoop XCJC, modelo XDCY 30, año 2021, 4.805 horas, balde de 1.5 m3, capacidad nominal de carga de 3 toneladas, hecho en China (XJCJ marca especializada en maquinaria industrial destinada a minería y/o trabajos exigentes), 4X4, dimensiones: largo: 6,2m x ancho: 1,6m x alto: 2.1m. Operativo, transferible, revise en terreno.

Ubicación: Chañaral Valor: \$75.000.000.- IVA incluido

ANFO

DESCRIPCIÓN

Agente de voladura de alta calidad, fabricado con Nitrato de Amonio grado explosivo de baja densidad y alta absorción de gas oil; es una mezcla de ANFO con 2% de agua, finamente atomizada, para conferirle adherencia en carguío de tiros ascendentes de diámetro mayor a 1 1/4".

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

|                               |                                 |
|-------------------------------|---------------------------------|
| Densidad* (g/cc)              | 0,78 ± 3%                       |
| Velocidad de detonación (m/s) | 3.700 - 4.100                   |
| Presión de detonación (Kbar)  | 30**                            |
| Energía (KJ/Kg)               | 3.743                           |
| Volumen de gases (L/Kg)       | 1.056                           |
| Diámetro crítico (pulgadas)   | 1 1/4                           |
| Potencia relativa del ANFO    | En peso 0,98<br>En volumen 0,98 |
| Resistencia al agua           | Nula                            |

INFORMACIÓN DE TRANSPORTE

Agente de Voladura  
Clase 1. División 1.5 D  
Número ONU: 0331



USOS

ANFO PREMIUM H es un agente de voladura de bajo costo, recomendable para minería subterránea y para voladuras de superficie, especialmente cuando se desea una moderada concentración de carga. Se recomienda utilizarlo en zonas con buena ventilación en minería subterránea.

PRESENTACIÓN

El Agente de Voladura ANFO PREMIUM H se entrega en bolsas de 25 kg hechas de polipropileno (brinda Resistencia mecánica) con coating de 20 micrones de polipropileno laminado (brinda impermeabilización).

## EMULSION

| CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS       |                 |
|--------------------------------|-----------------|
| Densidad (g/cc)                | 1,15 ± 4%       |
| Velocidad de detonación* (m/s) | 4.000 - 5.200   |
| Presión de detonación* (Kbar)  | 61              |
| Energía (KJ/Kg)                | 3.940           |
| Resistencia al agua            | Excelente       |
| Volumen de gases (L/Kg)        | 930             |
| Potencia relativa al ANFO      |                 |
|                                | En peso 1,01    |
|                                | En volumen 1,49 |

Nº NU: 0241  
HDS-EME-04

| DIMENSIONES*        |                   |                 |
|---------------------|-------------------|-----------------|
| Tamaño** (pulgadas) | Unidades por caja | Peso unidad (g) |
| 1 x 7               | 224               | 104,13          |
| 1 x 8               | 195               | 119             |
| 1 x 10              | 153               | 152             |
| 1 x 16              | 96                | 240,4           |
| 1 1/8 x 8           | 154               | 150,6           |
| 1 1/8 x 16          | 77                | 301,2           |

## GUIA LENTA

| Características Técnicas                        |  | MECHA DE SEGURIDAD |  |  |  |
|-------------------------------------------------|--|--------------------|--|--|--|
| COLOR DE RECUBRIMIENTO PLÁSTICO                 |  | Blanco             |  |  |  |
| NÚCLEO DE PÓLVORA (g/m)                         |  | 6                  |  |  |  |
| TIEMPO DE COMBUSTIÓN a.n.m. (s/m)               |  | 150 ± 10%          |  |  |  |
| LONGITUD DE LA CHISPA a.n.m. (mm)               |  | 50                 |  |  |  |
| DIÁMETRO EXTERNO (mm)                           |  | 5,2                |  |  |  |
| IMPERMEABILIDAD                                 |  | Muy buena          |  |  |  |
| RESISTENCIA A LA TENSIÓN DURANTE 3 MINUTOS (kg) |  | 30                 |  |  |  |

| Presentación       | MATERIAL DE CAJA | CAPACIDAD DE CAJA | PESO NETO (kg) | PESO BRUTO (kg) | DIMENSIONES EXTERIORES (cm) |
|--------------------|------------------|-------------------|----------------|-----------------|-----------------------------|
| MECHA DE SEGURIDAD | Cartón           | 2 rollos x 500 m  | 23,8           | 24,5            | 37,1 x 37,1 x 31,0          |
| MECHA DE SEGURIDAD | Cartón           | 10 rollos x 50 m  | 13,4           | 14,5            | 74,0 x 30,5 x 16,5          |

## FULMINANTE

### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:

|                                                         | UNIDAD          | FULMINANTE COMÚN<br>Nº 6 | FULMINANTE COMÚN<br>Nº 8 |
|---------------------------------------------------------|-----------------|--------------------------|--------------------------|
| Longitud del fulminante                                 | mm              | 45,0                     | 45,0                     |
| Diámetro del fulminante                                 | mm              | 6,3                      | 6,3                      |
| Prueba de esopo, diámetro de perforación                | mm              | Min. 9,0                 | Min. 9,0                 |
| Volumen trauzl                                          | cm <sup>3</sup> | Min. 20,0                | Min. 23,0                |
| Resistencia a la humedad relativa del 100% por 24 horas | -               | Detona                   | Detona                   |
| Resistencia al impacto 2kg/1m                           | -               | No Detona                | No detona                |
| Sensibilidad a la chispa de la Mecha de Seguridad       | -               | Buena                    | Buena                    |

Los valores expresados son resultados a condiciones normales (20°C y 1 atm).

## CORDON DETONANTE

| Propiedades    |             |       |                  |       |                           |     | SDS<br>#1126            |
|----------------|-------------|-------|------------------|-------|---------------------------|-----|-------------------------|
| Producto       | Núcleo PETN |       | Diámetro Externo |       | Resistencia a la tracción |     | Distintivo              |
|                | g/m         | gr/ft | mm               | in    | kg                        | lbs |                         |
| PRIMACORD 4    | 3.6         | 18    | 3.7              | 0.142 | 68                        | 150 | 2 Hilos Negros Opuestos |
| PRIMACORD 5    | 5.3         | 25    | 4.0              | 0.157 | 68                        | 150 | 1 Hilo Negro            |
| PRIMACORD 10   | 10.6        | 50    | 4.7              | 0.185 | 91                        | 200 | 2 Hilos Negros Juntos   |
| PRIMALINE 4HS  | 3.6         | 18    | 3.0              | 0.120 | 45                        | 100 | Plastico                |
| PRIMALINE 5    | 5.3         | 25    | 3.6              | 0.141 | 50                        | 110 | Plastico                |
| PRIMALINE 10   | 10.6        | 50    | 4.4              | 0.172 | 70                        | 154 | Plastico                |
| PRIMALINE 42   | 39.4        | 185   | 7.6              | 0.300 | 91                        | 200 | Plastico                |
| PRIMALINE P 42 | 39.4        | 185   | 7.6              | 0.300 | 91                        | 200 | Plastico                |

## NONEL

### Embalaje

| Longitud |     | Tipo de Caja | Cantidad por caja | Peso bruto               |      |
|----------|-----|--------------|-------------------|--------------------------|------|
| m        | ft  |              |                   | kg                       | lbs  |
| 0.46     | 1.5 | A            | 60                | 4.6                      | 10.1 |
|          |     | Retardo (ms) | Color de etiqueta | Color del block plástico |      |
|          |     | 9            | Verde             | Verde                    |      |
|          |     | 17           | Amarillo          | Amarillo                 |      |
|          |     | 25           | Rojo              | Rojo                     |      |
|          |     | 35           | Negra             | Negro                    |      |
|          |     | 42           | Blanca            | Blanco                   |      |
|          |     | 50           | Naranja           | Amarillo                 |      |
|          |     | 65           | Blanca            | Blanco                   |      |
|          |     | 100          | Naranja           | Negro                    |      |
|          |     | 109          | Naranja           | Negro                    |      |
|          |     | 200          | Azul              | Azul                     |      |

## BIT

| Diámetro | Grados ° | Botones     |
|----------|----------|-------------|
| 36mm     | 7°       | 4 - 7 botón |
| 38mm     | 7°       | 4 - 7 botón |
| 40mm     | 7°       | 4 - 7 botón |
| 42mm     | 7°       | 4 - 7 botón |

## EMBOLO Y LUBRICADOR

| EMBOLO               |         | LUBRICADOR            |                |
|----------------------|---------|-----------------------|----------------|
| Modelo de pie avance | FT160A  | Modelo Lubricador     | FY250 Acrílico |
| Peso de embolo       | 17 Kg   | Peso                  | 1.2 Kg         |
| Largo máximo         | 3006 mm | Capacidad de aceitero | 250 ml         |
| Largo mínimo         | 1668 mm |                       |                |

## BARRAS CONICAS

| Largo mm | grado ° | hex-culata mm | Modelo        |
|----------|---------|---------------|---------------|
| 800      | 7       | H22x108       | CH22x108x800  |
| 1200     | 7       | H22x108       | CH22x108x1200 |
| 1600     | 7       | H22x108       | CH22x108x1600 |
| 1800     | 7       | H22x108       | CH22x108x1800 |
| 2400     | 7       | H22x108       | CH22x108x2400 |
| 3200     | 7       | H22x108       | CH22x108x3200 |

## ANEXO C

Importadora y Distribuidora de Repuestos y Perforadoras  
M.A.C. y Cía. Ltda.

Dirección Teniente Yavar nº 1761, Conchalí.  
Ciudad Santiago - Chile  
Giro Distrib. de repuestos y maquinas para la minería  
R.U.T. 76.028.967-1  
Mail ventas@perfoexpress.cl  
Web www.perfoexpress.cl  
Fonos 9-75878808 9-42948185  
Oficina 22-7366565



O/Compra

Presupuesto 70526

|           |                      |               |                      |
|-----------|----------------------|---------------|----------------------|
| Cliente   | PABLO ULLOA          | Rut           | <input type="text"/> |
| Att       | <input type="text"/> | Teléfono      | 978818885            |
| Dirección | <input type="text"/> | Fecha emisión | 07/05/2026           |
| Ciudad    | <input type="text"/> | Fecha entrega | <input type="text"/> |
| Correo    | titoullan@gmail.com  |               |                      |

Condiciones de pago

| Cantidad                                   | Descripción                                                                   | Códigos | \$ Unitario | \$ Total  |
|--------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|---------|-------------|-----------|
| 4                                          | PERFORADORA NEUMATICA SHENGYANG MODELO<br>CON EMBOLO, LUBRICADOR Y ACCESORIOS | YT27    | 469,000     | 1,876,000 |
| VALIDEZ DE COTIZACION 5 DÍAS DESDE EMISIÓN |                                                                               |         |             |           |

Observaciones :

| DATOS PARA TRANSFERENCIA |                   |         |                   |
|--------------------------|-------------------|---------|-------------------|
| BANCO                    | ESTADO            | BANCO   | SCOTIABANK        |
| CTA CTE                  | 7816871           | CTA CTE | 982212324         |
| NOMBRE                   | PERFOEXPRESS LTDA | NOMBRE  | PERFOEXPRESS LTDA |
| RUT                      | 76.028.967-1      | RUT     | 76.028.967-1      |

|               |           |
|---------------|-----------|
| Sub-Total     | 1,876,000 |
| 0 Descuento % | 0         |

|            |           |
|------------|-----------|
| Neto       | 1,876,000 |
| 19% I.V.A. | 356,440   |
| Total      | 2,232,440 |

Despacho personalizado a domicilio y/o transporte según sus indicaciones.

En espera de su pronta confirmación, me despido muy cordialmente

Mario Alarcón Cárdenas

Importadora y Distribuidora de Repuestos y Perforadoras  
M.A.C. y Cía. Ltda.

Dirección Teniente Yavar n° 1761, Conchalí.  
Ciudad Santiago - Chile  
Giro Distrib. de repuestos y maquinas para la minería  
R.U.T. 76.028.967-1  
Mail ventas@perfoexpress.cl  
Web www.perfoexpress.cl  
Fonos 9-85953409 9-75878808  
Oficina 22-7366565



O/Compra

Presupuesto 221123

Cliente BARBARA URTUBIA Rut   
Att   
Dirección  Teléfono   
Ciudad  Fecha emisión 22-11-2023  
Correo barbara.urtubiap@gmail.com Fecha entrega

Condiciones de pago C/TRANSFERENCIA

| Cantidad                                   | Descripción                                                                       | Códigos  | \$ Unitario | \$ Total |
|--------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|----------|-------------|----------|
| 1                                          | PERFORADORA MANUAL NEUMATICA SHENGYANG MODELO CON EMBOLO, LUBRICADOR Y ACCESORIOS | YT27     | 449.000     | 449.000  |
| 2                                          | UNION CHICAGO ESPIGA                                                              | 1"       | 2.900       | 5.800    |
| 1                                          | UNION CHICAGO HE                                                                  | 1"       | 2.900       | 2.900    |
| 1                                          | UNION CHICAGO HI                                                                  | 1"       | 2.900       | 2.900    |
| 1                                          | BARROTE CONICO                                                                    | 1.20 MTS | 22.900      | 22.900   |
| 1                                          | BARROTE CONICO                                                                    | 1.60 MTS | 29.800      | 29.800   |
| 1                                          | BARROTE CONICO                                                                    | 1.80 MTS | 32.600      | 32.600   |
| 1                                          | BARROTE CONICO                                                                    | 2.40 MTS | 42.800      | 42.800   |
| 1                                          | BITS YACO TIPO BOTON                                                              | 36 MM    | 14.900      | 14.900   |
| 1                                          | BITS YACO TIPO BOTON                                                              | 38 MM    | 15.900      | 15.900   |
| VALIDEZ DE COTIZACION 5 DÍAS DESDE EMISIÓN |                                                                                   |          |             |          |

Observaciones :

| DATOS PARA TRANSFERENCIA |                   |         |                   |
|--------------------------|-------------------|---------|-------------------|
| BANCO                    | ESTADO            | BANCO   | SCOTIABANK        |
| CTA CTE                  | 7816871           | CTA CTE | 982212324         |
| NOMBRE                   | PERFOEXPRESS LTDA | NOMBRE  | PERFOEXPRESS LTDA |
| RUT                      | 76.028.967-1      | RUT     | 76.028.967-1      |

|               |         |
|---------------|---------|
| Sub-Total     | 619.500 |
| 5 Descuento % | 30.975  |

|            |         |
|------------|---------|
| Neto       | 588.525 |
| 19% I.V.A. | 111.820 |
| Total      | 700.345 |

Despacho personalizado a domicilio y/o transporte según sus indicaciones.

En espera de su pronta confirmación, me despido muy cordialmente

Mario Alarcón Cárdenas