

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS**  
**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS**



**T E S I S**

**Diseño y evaluación de chimeneas Alimak para sistemas de  
ventilación industrial en la mina**

**Para optar el título profesional de  
Ingeniero de Minas**

**Autor:**

**Bach. Juan Angel VENTURA FLORES**

**Asesor:**

**Mg. Nelson MONTALVO CARHUARICRA**

**Cerro de Pasco – Perú - 2025**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS**  
**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS**



**T E S I S**

**Diseño y evaluación de chimeneas Alimak para sistemas de  
ventilación industrial en la mina**

**Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:**

---

Mg. Silvestre Fabian BENAVIDES CHAGUA

**PRESIDENTE**

---

Mg. Raul FERNANDEZ MALLQUI

**MIEMBRO**

---

Mg. Manuel Mayer CARHUARICRA RIVERA

**MIEMBRO**



UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

Facultad de Ingeniería de Minas

Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de Minas

"Año de la Recuperación y Consolidación de la Economía Peruana"



## INFORME DE ORIGINALIDAD N° 022-2025

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión ha realizado el análisis con exclusiones en el Software Turnitin Originality, que a continuación se detalla:

Presentado por:

**Bach. Juan Angel Ventura Flores**

Escuela de Formación Profesional  
**Ingeniería de Minas**

Tipo de trabajo:  
**Tesis**

Título del trabajo  
**"DISEÑO Y EVALUACIÓN DE CHIMENEAS ALIMAK PARA SISTEMAS DE VENTILACIÓN INDUSTRIAL EN LA MINA"**

Asesor:  
**Mg. Nelson MONTALVO CARHUARICRA**

Índice de Similitud: **6%**

Calificativo  
**APROBADO**

Se adjunta al presente el informe y el reporte de evaluación del software similitud.

Cerro de Pasco, 16 de julio de 2025.

Sello y Firma del responsable  
de la Unidad de Investigación

## **DEDICATORIA**

Este trabajo de tesis lo dedico primeramente a Dios, por acompañarme en todo momento en mi proceso de formación y siempre estar ahí para y darme fuerzas de seguir adelante.

A mis padres, Santiago Ventura y Epifanía Flores, por todo el apoyo que me brindaron, y creer en mi para poder llegar hacer un profesional que siempre fue el anhelo de ellos, y ahora que ya no están conmigo, quedaré siempre agradecido con ellos.

A todas las personas que me han apoyado para poder llegar hasta esta instancia de quienes estaré agradecido siempre.

## **AGRADECIMIENTO**

Emito un agradecimiento especial a Justo Cabello y Gloria Arce (padres de mi pareja), por el apoyo incondicional que me brindaron para que este trabajo sea posible, a toda mi familia por el apoyo brindado y a mis hijos por ser la fuente que me motiva cada día para seguir esforzándome y así cumplir las metas trazadas, a mi asesor y docentes por el apoyo e instrucción brindado para la realización de este proyecto.

## RESUMEN

A continuación, se presenta la investigación titulada “Diseño y evaluación de chimeneas Alimak para sistemas de ventilación industrial en la mina” se explica la elección óptima de la ubicación de la chimenea de acuerdo con las características de la roca, la geometría que debe tomar de acuerdo con una evaluación de las condiciones de ventilación, diseño y construcción.

Se realizará el cálculo de tiempo de ejecución y costo de la chimenea CH-720 que tendrá una longitud de 270 m, de sección 2.0 m x 2.0 m y conectará varios tajeos de la minera. Adicionalmente se presentará el diseño de la malla de perforación y voladura a utilizar en esta chimenea con 38 taladros y 24.62 kg de explosivo/disparo, el sostenimiento estándar que tendrá; el diseño y costo del sostenimiento reforzado en la zona de conexión por seguridad del personal que se realizará mediante cimbras metálicas recomendado por las áreas de soporte.

En el capítulo de resultados, se hará el cálculo de costos de producción y los ingresos por venta de mineral que se tendrán de manera anual en el tiempo de vida de la minera de acuerdo a las reservas evaluadas, estos datos permitirán el cálculo de indicadores económicos como el VAN: 45,409.279 USD, un TIR: 3,028%, un beneficio/costo de 3.75 y una tasa de retorno de 0.33 años, los indicadores son óptimos debido a que el proyecto es viable gracias al costo de venta del cobre y la cantidad de reservas con las que cuenta actualmente la minera.

PALABRAS CLAVE: Chimenea alimak, Diseño, costos operativos, ejecución de chimenea

## ABSTRACT

The following is a presentation of the research entitled "Design and Evaluation of Alimak Chimneys for Industrial Ventilation Systems in the Mine." It explains the optimal selection of the chimney location according to the rock characteristics, the geometry it should adopt based on an assessment of ventilation conditions, design, and construction. The execution time and cost of the CH-720 chimney will be calculated. It will be 270 m long, have a 2.0 m x 2.0 m section, and will connect several of the mine's stopes. Additionally, the design of the drilling and blasting mesh to be used in this chimney will be presented, with 38 holes and 24.62 kg of explosive/shot, its standard support, and the design and cost of the reinforced support in the connection area for personnel safety, which will be provided using metal formwork recommended by the support areas.

In the results chapter, production costs and mineral sales revenues will be calculated annually over the life of the mine, based on the evaluated reserves. This data will allow for the calculation of economic indicators such as NPV: USD 45,409,279, IRR: 3.028%, a benefit/cost ratio of 3.75, and a rate of return of 0.33 years. These indicators are optimal because the project is viable thanks to the sales cost of copper and the amount of reserves currently held by the mine.

**Keywords:** Alimak chimney, Design, operating costs, chimney construction

## INTRODUCCION

El diseño de chimeneas Alimak es un aspecto crucial en la construcción de sistemas de ventilación industrial en la minería.

Es crucial identificar los parámetros óptimos de diseño que permitan una eficiente extracción de gases, vapores y partículas en suspensión, evitando la acumulación de contaminantes que puedan afectar la salud y seguridad de los trabajadores. Dentro de estos parámetros destacan: la Resistencia estructural, la Sostenibilidad y cumplimiento normativo:

En el desarrollo de la tesis se plantea el siguiente esquema de investigación.

El primer capítulo aborda el problema central de esta propuesta que se vincula al diseño de una chimenea mediante el método Alimak, en ese sentido se planteara el Problema a nivel General y con sus variantes específicas, adicionalmente se presentan los objetivos tanto generales como específicos. La hipótesis y las variables descriptivas también se ubican en esta parte, además, se elaboran las razones que justifiquen este trabajo y su importancia. Por último, se exponen los límites de la propuesta, así como sus aspectos limitantes.

El segundo capítulo está orientado a exponer la teoría que enmarca esta propuesta, comenzando por una revisión de los principales trabajos que anteceden la investigación vinculada a la construcción de chimeneas mediante el método Alimak llevado a cabo en las diferentes minas. Luego se evalúa las diferentes bases teóricas que plantean los autores referentes al tema.

El tercer capítulo presenta método de investigación empleado en esta ocasión. De manera que sea posible exponer esta investigación en su tipo, nivel y diseño. Además, se describen los grupos poblacionales y muestrales. Esta parte se cierra con la exposición de los instrumentos y las técnicas usadas para recolectar y procesar los datos de este trabajo.

El cuarto capítulo contiene y expone borra resultados obtenidos al término de la investigación.

Finalmente, se elaboran las conclusiones y se presentan las recomendaciones necesarias.

Este trabajo se cierra con la lista completa de las referencias bibliográficas usadas consignando cada uno de los autores revisados.

## ÍNDICE

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
RESUMEN	
ABSTRACT	
INTRODUCCION	
ÍNDICE	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	

### CAPITULO I

#### PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.2. Delimitación de la investigación .....	3
1.2.1. Delimitación espacial .....	3
1.2.2. Delimitación temporal .....	3
1.3. Formación del problema.....	4
1.3.1. Problema general .....	4
1.3.2. Problemas específicos.....	4
1.4. Formulación de objetivos .....	4
1.4.1. Objetivo general.....	4
1.4.2. Objetivos específicos.....	4
1.5. Justificación de la investigación .....	4
1.6. Limitación de la investigación.....	6

### CAPITULO II

#### MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de estudio.....	7
2.1.1. Antecedentes nacionales.....	7
2.1.2. Antecedentes internacionales .....	11

2.2.	Bases teóricas – científicas .....	12
2.2.1.	Minería subterránea.....	12
2.2.2.	Ventilación en minería subterránea.....	13
2.2.3.	Chimeneas .....	13
2.2.4.	Chimeneas Alimak.....	15
2.2.5.	Perforación y voladura en Chimeneas Alimak.....	17
2.3.	Definición de términos conceptuales .....	26
2.4.	Enfoque Filosófico – Epistemológico.....	30

### **CAPITULO III**

#### **METODOLOGIA Y TECNICAS DE INVESTIGACION**

3.1.	Tipo de Investigación .....	32
3.2.	Nivel de investigación.....	32
3.3.	Características de la investigación .....	32
3.4.	Diseño de investigación .....	33
3.5.	Procedimiento de muestreo.....	33
3.5.1.	Población.....	33
3.5.2.	Muestra.....	33
3.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	33
3.6.1.	Técnicas .....	33
3.6.2.	Instrumentos .....	34
3.7.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	34
3.8.	Orientación ética .....	34

### **CAPITULO IV**

#### **PRESENTACIÓN DE RESULTADOS**

4.1.	Presentación, análisis e interpretación de resultados .....	35
4.1.1.	Aspectos generales de la Unidad minera.....	35
4.1.2.	Planificación del proyecto .....	37
4.1.3.	Especificaciones técnicas de la chimenea CH-720 .....	39

4.1.4. Condiciones geomecánicas de la chimenea CH – 720 .....	40
4.1.5. Consideraciones para la construcción de la chimenea alimak .....	44
4.1.6. Cumplimiento normativo y regulatorio relacionado con el diseño y construcción de la chimenea Alimak .....	47
4.1.7. Diseño de la chimenea Alimak .....	50
4.1.8. Costos unitarios .....	57
4.1.9. Tiempo y costo de ejecución del proyecto .....	60
4.1.10. Consideraciones para la evaluación económica .....	64
4.2. Discusión de resultados .....	69
CONCLUSIONES	
RECOMENDACIONES	
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	
ANEXOS	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Coordenadas UTM (WGS84 - 18S).....	35
<b>Tabla 2.</b> Accesibilidad .....	35
<b>Tabla 3.</b> Especificaciones técnicas de la chimenea CH - 720 .....	40
<b>Tabla 4.</b> Datos utilizados para el cálculo de Q de Barton .....	42
<b>Tabla 5.</b> Parámetros geomecánicos del área de la chimenea .....	43
<b>Tabla 6.</b> Evaluación de la sección de la chimenea.....	45
<b>Tabla 7.</b> Relación de flujo de aire y sección en una chimenea.....	46
<b>Tabla 8.</b> Comparación de métodos de ejecución de chimeneas.....	48
<b>Tabla 9.</b> <i>Distribución de carga</i> .....	51
<b>Tabla 10.</b> Peso del explosivo (kg/unid).....	51
<b>Tabla 11.</b> Consumo de explosivo por disparo .....	52
<b>Tabla 12.</b> Dosificación de materiales para armado de chimeneas.....	56
<b>Tabla 13.</b> Cantidad total de materiales para armado de chimenea.....	57
<b>Tabla 14.</b> Parámetros de labor y actividad .....	58
<b>Tabla 15.</b> Estructura de costos de chimenea Alimak 2.0 m x 2.0 m .....	59
<b>Tabla 16.</b> Traslado, montaje y desmontaje del equipo Alimak.....	60
<b>Tabla 17.</b> Costo unitario de sostenimiento con malla .....	62
<b>Tabla 18.</b> Costo de mano de obra.....	63
<b>Tabla 19.</b> Costo de jaula trepadora alimak.....	63
<b>Tabla 20.</b> Costo de materiales para sostenimiento en zona de conexión .....	64
<b>Tabla 21.</b> Reservas de la veta Anita norte .....	65
<b>Tabla 22.</b> Reservas de la veta Anita sur.....	66
<b>Tabla 23.</b> Reservas de la veta Purísima.....	66
<b>Tabla 24.</b> Total de reservas y ley de cobre .....	67
<b>Tabla 25.</b> Flujo de caja económico.....	69
<b>Tabla 26.</b> Indicadores económicos de la CH-720.....	69

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Vista de una chimenea Alimak.....	16
<b>Figura 2.</b> Equipo Raise Climber STH-5E .....	18
<b>Figura 3.</b> Raice Climber .....	19
<b>Figura 4.</b> Riel Guía .....	19
<b>Figura 5.</b> Unidades de transmisión .....	20
<b>Figura 6.</b> Armazón con rodillos .....	21
<b>Figura 7.</b> Plataforma de trabajo .....	21
<b>Figura 8.</b> Instalación Rieles Alimak.....	22
<b>Figura 9.</b> Rieles Alimak.....	22
<b>Figura 10.</b> Riel de seguridad.....	23
<b>Figura 11.</b> Guiadores.....	23
<b>Figura 12.</b> Cable eléctrico.....	24
<b>Figura 13.</b> Cámara principal .....	25
<b>Figura 14.</b> Jaula de servicio.....	26
<b>Figura 15.</b> Ubicación de la Mina .....	36
<b>Figura 16.</b> Etapas de procesos minero .....	37
<b>Figura 17.</b> Planificación del proyecto de profundización de pique.....	39
<b>Figura 18.</b> Condición geológica en la U.M. AGROMIN La Bonita S.A.C. ....	41
<b>Figura 19.</b> Macizo rocoso de la zona a profundizar .....	43
<b>Figura 20.</b> Valores según la tabla RMR .....	43
<b>Figura 21.</b> Diseño de plataformas alimak.....	45
<b>Figura 22.</b> Comportamiento del flujo en la chimenea según el diámetro.....	46
<b>Figura 23.</b> Diseño de malla de perforación .....	50
<b>Figura 24.</b> Extracción y acarreo de mineral en inclinado.....	52
<b>Figura 25.</b> Esquema de sostenimiento en zona de conexión.....	53
<b>Figura 26.</b> Diseño de instalación de cimbras .....	56
<b>Figura 27.</b> Precio del cobre desde el 2014 -2024 (USD/TM).....	65

## **CAPITULO I**

### **PROBLEMA DE INVESTIGACION**

#### **1.1. Planteamiento del problema**

El diseño de chimeneas Alimak es un aspecto crucial en la construcción de sistemas de ventilación industrial en la minería. Estas chimeneas desempeñan un papel fundamental en la extracción y circulación del aire en los entornos subterráneos, garantizando condiciones seguras para los trabajadores y optimizando la eficiencia operativa. Sin embargo, existen desafíos y problemáticas que deben abordarse en relación con el diseño de estas chimeneas. Es crucial identificar los parámetros óptimos de diseño que permitan una eficiente extracción de gases, vapores y partículas en suspensión, evitando la acumulación de contaminantes que puedan afectar la salud y seguridad de los trabajadores.

Resistencia estructural: Las chimeneas Alimak deben ser diseñadas para soportar cargas y presiones internas generadas por el flujo de aire y las condiciones geotécnicas. Es importante evaluar la resistencia estructural de las chimeneas, considerando factores como la profundidad de la mina, las propiedades del terreno circundante y la posibilidad de fenómenos como sismos o movimientos de tierra que puedan comprometer la integridad de las estructuras. Integración con otros sistemas: El diseño de las chimeneas Alimak

debe tomar en cuenta su integración con otros sistemas de ventilación y extracción existentes en la mina. La coordinación adecuada con ventiladores principales, sistemas de filtración y otros componentes del sistema de ventilación es esencial para asegurar un funcionamiento eficiente y sin conflictos entre los diferentes elementos.

**Sostenibilidad y cumplimiento normativo:** El diseño de las chimeneas Alimak debe cumplir con las regulaciones ambientales y normativas de seguridad en la industria minera. Además, se debe considerar las practicas que se implementen concernientes a la sostenibilidad buscando un impacto ambiental mínimo por medio de la promoción del uso de energía de manera eficiente en la operación de las chimeneas. En base a estas problemáticas identificadas, es necesario abordar el diseño de las chimeneas Alimak desde una perspectiva integral, considerando aspectos técnicos, estructurales, normativos y de sostenibilidad. Es crucial desarrollar soluciones que garanticen la eficiencia de la ventilación, la resistencia estructural y la integración adecuada con otros sistemas, a fin de mejorar las condiciones de trabajo en la minería subterránea y promover una operación segura y sustentable.

Podemos mencionar aspectos como:

- **Tipo de chimenea Alimak:** Centrará en el diseño de una chimenea Alimak específica utilizada para sistemas de ventilación industrial en minería subterránea. No se abordarán otros tipos de chimeneas Alimak utilizadas para diferentes propósitos o en otros sectores industriales.
- **Contexto geográfico:** La investigación se enfocará en el diseño de la chimenea Alimak para su implementación en minas subterráneas ubicadas en una región o país específico. Se tomarán en cuenta las características geotécnicas y condiciones climáticas propias de esa región, así como las normativas y regulaciones locales aplicables.

- **Aspectos técnicos y estructurales:** La investigación se centrará en los aspectos técnicos y estructurales del diseño de la chimenea Alimak, como la selección de materiales, la geometría de la chimenea, el diseño de las conexiones y sistemas de sujeción, la capacidad de carga, entre otros. No se abordarán detalladamente aspectos relacionados con la instalación, operación y mantenimiento de la chimenea.
- **Evaluación de rendimiento:** Se considerará la evaluación teórica del rendimiento de la chimenea Alimak, analizando su capacidad de extracción de gases, vapores y partículas, así como su eficiencia en la circulación del aire en los frentes de trabajo subterráneos. No se llevarán a cabo pruebas de campo o mediciones reales en una mina específica.
- **Tiempo:** La investigación se llevará a cabo en un marco temporal definido y limitado. No se abordarán aspectos relacionados con la evolución o cambios en el diseño de la chimenea Alimak a lo largo del tiempo.

## **1.2. Delimitación de la investigación**

### **1.2.1. Delimitación espacial**

Esta propuesta se ejecutará en las instalaciones de La Empresa Minera AGROMIN La Bonita S.A.C., cuyas operaciones se encuentran instaladas en el departamento de Arequipa, específicamente en la Provincia de Caravelí, distrito Bella Unión. Estas operaciones se encuentran ubicadas a unos 1600 metros de altura.

### **1.2.2. Delimitación temporal**

Se prevé finalizar este trabajo en un periodo de 6 meses de al año 2024 entre julio y diciembre.

### **1.3. Formación del problema**

#### **1.3.1. Problema general**

¿Cómo debe Diseñarse un proyecto de ejecución de una chimenea Alimak eficiente y segura para sistemas de ventilación industrial considerando aspectos técnicos, estructurales en La Empresa Minera AGROMIN La Bonita S.A.C.?

#### **1.3.2. Problemas específicos**

- a. ¿Cuáles las condiciones geotécnicas del macizo rocoso para la ejecución de la chimenea Alimak en La Empresa Minera AGROMIN La Bonita S.A.C.?
- b. ¿Cuáles son los parámetros técnicos óptimos en la ejecución de la chimenea Alimak, considerando aspectos como el diámetro, la altura, la inclinación y la distribución de las aberturas de extracción de aire?

### **1.4. Formulación de objetivos**

#### **1.4.1. Objetivo general**

Diseñar un proyecto de ejecución de una chimenea Alimak eficiente y segura para sistemas de ventilación industrial considerando aspectos técnicos, estructurales en La Empresa Minera AGROMIN La Bonita S.A.C.

#### **1.4.2. Objetivos específicos**

- a. Determinar las condiciones geotécnicas del macizo rocoso para la ejecución de la chimenea Alimak en La Empresa Minera AGROMIN La Bonita S.A.C.
- b. Determinar los parámetros técnicos óptimos en la ejecución de la chimenea Alimak, considerando aspectos como el diámetro, la altura, la inclinación y la distribución de las aberturas de extracción de aire, en La Empresa Minera AGROMIN La Bonita S.A.C.

### **1.5. Justificación de la investigación**

Planteamos las siguientes justificaciones.

### **Justificación Teórica**

**Transferencia de conocimiento:** La investigación generará conocimiento científico y técnico valioso que podrá ser compartido y utilizado por profesionales, empresas mineras y organismos reguladores. Los resultados y las recomendaciones derivadas del diseño de la chimenea Alimak podrán ser aplicados en proyectos reales, contribuyendo así al desarrollo y la optimización de los sistemas de ventilación en la minería subterránea a nivel nacional e internacional.

### **Justificación Práctica**

**Mejora de las condiciones de trabajo:** La implementación de una chimenea Alimak eficiente y segura en la minería subterránea contribuirá a mejorar las condiciones de trabajo de los operarios. La adecuada extracción de gases, vapores y partículas, así como la circulación óptima del aire en los frentes de trabajo, ayudará a reducir los riesgos para la salud y garantizar un ambiente laboral más seguro y saludable.

### **Justificación Económica**

**Optimización de la eficiencia operativa:** El diseño adecuado de la chimenea Alimak permitirá una mejor gestión de la ventilación en la mina, lo que resultará en una mayor eficiencia operativa. La correcta extracción de contaminantes y la mejora de la calidad del aire contribuirán a la reducción de tiempos de inactividad por problemas de salud, así como a un mejor rendimiento de los equipos y una mayor productividad en general. Y por ende una reducción económica

### **Justificación legal**

**Cumplimiento normativo:** La investigación y el diseño de la chimenea Alimak estarán orientados a cumplir con las normativas y regulaciones específicas de seguridad y medio ambiente en la industria minera. Al asegurar

el cumplimiento normativo, se evitarán posibles sanciones legales, además de promover una cultura de seguridad y sostenibilidad en la minería subterránea.

### **Justificación tecnológica**

Innovación y avance tecnológico: La investigación en el diseño de chimeneas Alimak para sistemas de ventilación industrial impulsará la innovación y el avance tecnológico en el sector minero. La búsqueda de soluciones más eficientes, seguras y sostenibles fomentará la aplicación de tecnologías y prácticas vanguardistas, promoviendo la mejora continua y el desarrollo de la industria.

#### **1.6. Limitación de la investigación**

Podemos tener:

- Dependencia de la información disponible.
- Posibles sesgos de la investigación.
- Generalización de resultados.
- Tiempo disponible

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEORICO**

#### **2.1. Antecedentes de estudio**

##### **2.1.1. Antecedentes nacionales**

###### **Primer antecedente:**

Para Aguilar (2022) en su tesis de título “Jaula trepadora alimak para mejorar la construcción de la chimenea Raise Climber 46 - NV.2870 - unidad minera San Andres de minera Aurifera Retamas S.A. Año 2021” tuvo el objeto de mejorar la construcción de la chimenea Raise Climber 46 utilizando una jaula trepadora Alimak. Se busca analizar en términos de factores de seguridad el comportamiento de los esfuerzos que rodean la excavación. Para lograr este objetivo, se llevarán a cabo trabajos de campo, laboratorio y gabinete. En primer lugar, se debe elaborar un registro básico de los aspectos geomecánicos recopilando información adecuada para evaluar los principales indicadores de control de la estabilidad y hacer el cálculo de los parámetros geomecánicos fundamentales.

Estos datos son una muestra representativa de las calidades del macizo rocoso de acuerdo con el estándar geomecánico de clasificación fijado por Bieniawski RMR89.

En segundo lugar, se debe revisar la información que se obtuvo en las investigaciones previas orientadas a la identificación de los parámetros geomecánicos que tienen influencia sobre el comportamiento del macizo rocoso, considerando la estructura y la influencia de los esfuerzos. Los hallazgos muestran que la implementación de la jaula trepadora Alimak proporciona mejores condiciones para construir la chimenea al optimizar las diversas operaciones. Estas mejoras incluyen la reducción de costos, el aumento en el avance por disparo, la disminución del tiempo necesario para construir la chimenea la mayor eficiencia en el sostenimiento según las recomendaciones geomecánicas (avance sostenido por cada metro) y el mejoramiento de las estadísticas de seguridad.

### **Segundo antecedente**

Para Aburto (2020) en su publicación “Eficiencia del equipo Alimak STH-5E en los costos de construcción de chimeneas en la empresa minera Sierra Antapite S.A.C.- 2019” cuyo objetivo fue de determinar el impacto en el costo de construcción de chimeneas por medio de los niveles de eficiencia del equipo Alimak STH-5E en la Empresa Minera Sierra Antapite S.A.C. en el año 2019. En términos metodológicos esta investigación fue del tipo aplicado, con un enfoque explicativo y un diseño pre-experimental.

Todo el conjunto de construcciones de chimeneas con diversos propósitos forma el grupo de la población de estudio. Las conclusiones principales de este estudio indican que al usar el equipo Alimak es posible una reducción de costos debido a su eficiencia en términos de menor tiempo de operación y mayor avance diario. Además, se encontró que el costo por metro lineal de avance es eficiente.

### **Tercer antecedente**

Según Vílchez y Vílchez (2015) en su trabajo “Estudio comparativo de construcción de chimeneas, por método convencional Ch. 340 SW y mecanizado

con plataforma trepadora Alimak Ch. 480 SW, en la Zona Torre de Cristal de la Compañía Minera Raura S.A.” tuvieron el objeto de describir los métodos de construcción de chimeneas actualmente utilizados en minas subterráneas y definir el que se adecua mejor a las condiciones que ofrece la Compañía Minera Raura S.A. En este caso, la hipótesis asume que las chimeneas mecanizadas construidas con la plataforma trepadora Alimak son el método con mayor ventaja para la empresa. En cuanto a la investigación, se sigue un enfoque científico aplicado, con un enfoque descriptivo y valorativo, y un diseño descriptivo.

En cuanto a los grupos de estudio, el poblacional estuvo conformado por la totalidad de chimeneas que se ubican en la zona Torre de Cristal de la Compañía Minera Raura S.A., por otro lado, el grupo muestral está definido por las chimeneas Ch. 340 SW y Ch. 480 SW. Como conclusión, se pudo determinar que el método óptimo para construir chimeneas es el que emplea la plataforma mecanizada con plataforma trepadora Alimak, esto fue conformado por los criterios y valoraciones de tipo técnico y económico.

#### **Cuarto antecedente**

Para Quispe (2020) en tu tesis “Evaluación geomecánica para el diseño de sostenimiento del Proyecto Chimenea Alimak en la Unidad Minera Pallancata - región de Ayacucho” tuvo el objeto de determinar las propiedades a nivel geomecánico de la roca para poder establecer un diseño de soporte a utilizar en el Proyecto Chimenea Alimak. Esta investigación opto por un enfoque aplicado, en términos descriptivos y cuantitativos. Se empleó un diseño comparativo descriptivo de corte transversal que permita definir la caracterización geomecánica del macizo rocoso a través del registro geomecánico, mapeo geomecánico y pruebas de laboratorio. Además, se utilizaron las clasificaciones geomecánicas RMR de Bieniawski, GSI de Hoek y el enfoque gráfico-múltiple. La caracterización geomecánica de la roca obtenidos a partir de los resultados permitieron determinar el RMR para cada unidad

geotécnica. De esta manera se puede establecer que el 35% corresponde al tipo de roca II-B, el 39% al tipo de roca III-A, el 14% al tipo de roca III-B, el 6% al tipo de roca IV-A y el 4% al tipo de roca IV-B en la sección de excavación del Proyecto Chimenea Alimak, según el registro geomecánico del sondeo con diamante. En conclusión, se identificaron los siguientes riesgos principales: en el caso del perfil geomecánico de la excavación de la Chimenea Alimak: el 45% correspondió a la generación de cuñas inestables, el 30% al desprendimiento y/o estallido de rocas, el 17% al hundimiento moderado asociado al tipo de roca IV y el 8% al aplastamiento moderado/severo asociado a macizos rocosos del tipo IV.

#### **Quinto antecedente**

Según Quispe y Mauricio (2022) en tu trabajo “Evaluación técnica y económica de la construcción de una chimenea nueva vs. la ampliación de pique ambos por el método Raise Climber en Minera Yanaquihua” cuyo desarrollo consiste en la evaluación comparativa de una ampliación del pique Charco 1 usando el método Raise Climber y la construcción de una nueva chimenea. Para ello se utilizó un enfoque analítico mediante un método de investigación aplicado, con un nivel descriptivo-explicativo. Tanto la ampliación del pique Charco como la construcción de una nueva chimenea conforman la muestra de estudio en la que se aplicó la técnica de observación. Como resultado se puede afirmar que la opción más eficiente es la chimenea mediante construida por medio del método Raise Climber. Esta opción tomó 13 días de ejecución en comparación con una construcción que lleva 110 días. Económicamente, ejecutar el proyecto representó una inversión de 461,851.1 dólares, a comparación de los 396,922.96 de la construcción de la chimenea mediante el método Raise Climber.

## **2.1.2. Antecedentes internacionales**

### **Sexto antecedente**

Para Jiménez (2016) en la propuesta titulada: “Construcción de la chimenea de equilibrio en el proyecto hidroeléctrico Quijos mediante el método alimak” que buscaba analizar el método de construcción Alimak para ejecutar una Chimenea de Equilibrio en el Proyecto Hidroeléctrico Quijos de 50MW. Con esa finalidad debió considerar el sondeo vertical SCHE-01 que se realizó en el eje de la Chimenea, lo que permitió interpretaciones distintos comportamientos en términos geomecánicos y geotécnicos de los materiales. Estableciendo una interpretación de acuerdo con los tipos de rocas, usando una definición específica de los parámetros con el fin de ofrecer un sostenimiento idóneo a cada tipo de litología. Atendiendo al objetivo central y a los criterios técnicos de diseño en la construcción de la chimenea. También se aborda la secuencia operativa que consiste en seleccionar el grupo de trabajo, realizar los cálculos para la perforación y voladura, secuenciar el encendido y el diseño de la malla de perforación, preparar el ciclo de carga y transporte, sistema de ventilación, preparar el cronograma de avance de la chimenea de equilibrio, calcular los costos y la duración del proyecto, los parámetros de seguridad en la construcción y los aspectos ambientales.

Después de aplicar el método Alimak se pudo establecer la longitud que alcanzará la chimenea de equilibrio, el que será de 116 metros atravesando los depósitos volcánicos sedimentarios. Además, se pudo evidenciar el tipo de roca en las que se realizar las excavaciones las que son tipo II, III, IV y V, por medio de un ciclo de minado con perforación, carga, voladura, ventilación, desquinche, rezagado, topografía e instalación del riel.

Para asegurar un nivel adecuado de eficiencia en la construcción de la chimenea de equilibrio la empresa encargada deberá organizar todas las etapas

incluyendo eficientemente a todas las áreas involucradas, así como al personal técnico de manera que se pueda definir y cumplir un cronograma.

### **Séptimo antecedente**

Para Medina (2020) en su publicación “Estudio comparativo técnico-económico de diseño de chimenea, caso chimenea Mina Pajonales (Manual-Alimak-Raise Boring)” cuya finalidad fue comparar en términos económicos y técnicos el desarrollo de una chimenea en la Mina Pajonales. De esta manera se pudo realizar una comparación entre metodológica entre las alternativas: Alimak, Raise Boring y el método Convencional. En ese sentido se evaluaron los métodos de excavación vertical cuyo índice geomecánico fuera similar, considerando los criterios de costos, seguridad del personal y tiempo.

Esta evaluación permitió descartar el método Convencional al no cumplir con los parámetros necesarios para una chimenea de 52 metros. Por el lado de los costos calculados el método Alimak resultó tener un mejor rendimiento, presentando un costo de 2,279.43 US\$/m, en comparación con método Raise Boring que alcanza 2,570.16 US\$/m de costo. Como conclusión de este análisis se decidió recomendar el Raise Boring frente al método Alimak como el más eficiente, aunque presente un costo mayor, se valoró el tiempo requerido para ejecutar la obra, así como los aspectos de seguridad sobre el personal.

## **2.2. Bases teóricas – científicas**

### **2.2.1. Minería subterránea**

Para [Objeto] este concepto implica la extracción de recursos que se ubique al interior de la superficie terrestre. Es una opción común frente a escenarios en los que operaciones a cielo abierto no son factibles por distintas razones. Entre sus ventajas principales destaca que este tipo de operación no presenta un costo ambiental mayor a las operaciones de cielo abierto. Debido a que en la zona exterior inmediata a las operaciones no recibe un impacto sensible con lo cual las condiciones medio ambientales pueden ser preservadas. Además, el uso de

explosivos no es usados directamente en la superficie o en el suelo, con lo cual no se compromete el entorno natural. En cambio, este tipo de operaciones consisten en realizar pasajes y excavaciones de manera estratégica en lugares específicos de la superficie que puedan alcanzar las zonas de mineralización a explotar, por ello mismo el entorno no queda expuesto a las consecuencias o residuos que pueda generar las operaciones a cielo abierto.

Entornos como bosques o superficies agrícolas, fuentes de agua y zonas urbanas o habitables no quedan comprometidas con las operaciones subterráneas. Por estas razones se trata del método de explotación que más se emplea por parte de las empresas mineras, lo que se refleja en sus niveles de producción y los ingresos. Así mismo, las operaciones subterráneas presentan una vida operativa más prolongada, lo cual es beneficioso para las compañías que buscan una perspectiva a largo plazo.

### **2.2.2. Ventilación en minería subterránea**

La necesidad de asegurar la calidad del aire se vuelve particularmente desafiante en ciertos entornos. Indudablemente, uno de los casos más destacados es el relacionado con la ventilación en la minería subterránea. Esta actividad conlleva riesgos significativos para la salud, los cuales solo pueden ser mitigados mediante la implementación de un sistema de ventilación apropiado. En la minería subterránea, la ventilación consiste en asegurar un suministro suficiente de aire limpio en las áreas bajo tierra de una mina, además de eliminar de manera efectiva los gases, polvo y vapores dañinos generados durante las actividades mineras. La implementación de un sistema de ventilación adecuado resulta fundamental para asegurar un entorno laboral seguro y saludable para los trabajadores mineros (S&P, 2021)

### **2.2.3. Chimeneas**

Una chimenea en una mina se refiere a una construcción vertical que se crea mediante la excavación en el suelo con el propósito de facilitar la ventilación

y el acceso en operaciones mineras subterráneas. Su objetivo principal consiste en brindar una vía de escape para los gases, vapores y polvo generados durante la extracción de minerales, al mismo tiempo que asegura una circulación de aire adecuada en el interior de la mina (Ortiz y Godelia, 2016)

### **Convencionales**

Según (Vílchez y Vílchez, 2015) son aquellos realizados utilizando soportes de progresión, una plataforma de madera y una máquina perforadora tipo stoper. Se utiliza este método constructivo al colocar puntales de línea de avance y extender tablas como plataforma. Para la perforación, se emplea únicamente un stoper neumático, con barrenos integrales de 6 pies y brocas de hasta 40 mm de diámetro.

Una chimenea puede alcanzar hasta 50 metros en promedio, si es necesario mayores dimensiones se debe disponer de chimeneas mellizas por motivos de seguridad. La sección puede ser simple o doble, ubicada por lo general encima de una estructura mineralizada, con una orientación vertical en su inclinación.

El aire se suministra en forma comprimida usando mangueras con un diámetro de 1" y una extensión de 30 metros como máximo. Si las dimensiones exceden los 30 metros se debe usar tuberías de 1". El agua es suministrada por medio de mangueras con un diámetro de ½" de diámetro y una extensión de 30 metros. En caso de chimeneas más largas, también se instalan tuberías de ½". Estas instalaciones deberán protegerse de caída de rocas empleando tablas que eviten el daño por impacto al momento de las detonaciones.

### **Mecanizadas**

El método que emplea una plataforma trepadora o utilizando un equipo Raise Borer es el utilizado en estos casos.

Si bien las chimeneas construidas de manera tradicional pueden presentar una longitud por encima de los 100 metros, en el caso de las

chimeneas mecanizadas la longitud se limita al tipo de elemento propulsor que se utiliza, en ese caso las longitudes posibles son las siguientes:

- Longitud máxima de 200 metros con una propulsión de tipo neumática
- Longitud máxima de 1000 metros con una propulsión de tipo eléctrica
- Longitud por encima de 1000 metros con una propulsión de tipo diésel-hidráulica

En el primer caso el aire es suministrado usando una manguera. Esta manguera se desenrollará automáticamente en un carrete.

En el segundo caso la propulsión eléctrica se debe alimentar usando un cable con diseño específico, que debe contar con cables de acero que puedan aguantar su peso.

Para el caso de propulsión diésel-hidráulica no se utilizan mangueras ni cables y su uso está indicado para longitudes bastante largas.

En la definición del método de construcción de chimeneas entran en consideración distintos factores, que pueden ser regulaciones públicas, el entorno natural y la capacidad operativa de la empresa. (Vílchez y Vílchez, 2015)

#### **2.2.4. Chimeneas Alimak**

Según (Yepes, 2013) La plataforma Alimak, popularmente conocida como chimenea Alimak, se emplea en la edificación de chimeneas en minas subterráneas. Este sistema posibilita el acceso vertical a alturas considerablemente elevadas y simplifica el traslado de personal y equipos durante el desarrollo del proyecto constructivo. Este método se caracteriza por su flexibilidad y bajo costo. Entre sus componentes se incluye: una plataforma de trabajo, motores de accionamiento, un carril guía, una jaula y elementos auxiliares. La plataforma se eleva utilizando un carril guía curvado y se impulsa mediante motores de aire comprimido, eléctricos o diésel. Para asegurar el carril a la pared de rocas, se emplean un sistema de anclaje mediante pernos, además el agua y el aire se distribuyen usando tuberías que se necesiten para las labores

de perforación, ventilación y riego, estas tuberías deben estar ubicadas para su protección dentro del carril guía.

**Figura 1.** Vista de una chimenea Alimak



### **Seguridad en chimeneas Alimak**

Uno de los aspectos primordiales es la seguridad en las operaciones de construcción y funcionamiento de las chimeneas Alimak. Se implementan diversas medidas de seguridad para asegurar un entorno laboral seguro para el personal involucrado. Algunas de estas medidas incluyen:

- **Formación:** Se proporciona una formación adecuada a los trabajadores, instruyéndoles sobre el uso correcto de la plataforma trepadora Alimak, para que puedan cumplir con los procedimientos de seguridad e identifiquen los posibles riesgos.
- **Equipos de protección personal:** Se requiere usar equipamiento de protección personal, como cascos, arneses de seguridad, gafas protectoras y calzado adecuado, con el objetivo de minimizar el riesgo de lesiones.
- **Inspecciones regulares:** Se llevan a cabo inspecciones periódicas de los equipos y las instalaciones para detectar posibles fallos o condiciones inseguras. Cualquier problema identificado se aborda de manera inmediata.

- **Mantenimiento adecuado:** Se realiza un mantenimiento regular de los equipos de manera que su funcionamiento se encuentre asegurado y así poder disminuir el riesgo de fallos o accidentes.
- **Evaluación de riesgos:** Antes de iniciar cualquier tarea en la chimenea Alimak, se realiza una evaluación exhaustiva de los posibles riesgos y se implementan medidas preventivas para mitigarlos.
- **Comunicación y señalización:** Se establecen protocolos claros de comunicación entre los trabajadores, y se utilizan señales visuales y avisos para indicar zonas peligrosas o condiciones de trabajo específicas.

Estas medidas de seguridad contribuyen a mantener un entorno de trabajo seguro y permiten la reducción de los riesgos que se asocian con la construcción y utilización de las chimeneas Alimak en operaciones mineras subterráneas (Yepes, 2013).

#### **2.2.5. Perforación y voladura en Chimeneas Alimak**

Estas etapas esenciales en la construcción de chimeneas Alimak. Estos procedimientos implican la creación de perforaciones en la roca y la detonación controlada de explosivos para facilitar la excavación y el avance de la chimenea. Algunos aspectos destacados de la perforación y voladura en chimeneas Alimak incluyen:

- **Diseño de perforación:** Se realiza un diseño meticuloso de las perforaciones, considerando la geología y las características de la roca. Esto implica determinar la ubicación, el diámetro y la orientación de los barrenos de perforación.
- **Equipos de perforación:** Se utilizan máquinas perforadoras especializadas, como perforadoras neumáticas o hidráulicas, para llevar a cabo las perforaciones de acuerdo con el diseño establecido. Estas máquinas están diseñadas para operar en espacios reducidos y facilitar el acceso vertical.

**Figura 2.** Equipo Raise Climber STH-5E



- **Cargas explosivas:** Se eligen los explosivos y las cargas apropiadas para lograr una voladura controlada. Las cargas explosivas se colocan en los barrenos de perforación siguiendo un patrón de carga específico.
- **Detonación controlada:** Se activan los explosivos en un orden y secuencia predefinidos para lograr una voladura secuencial y controlada. Esto permite fragmentar eficazmente la roca y facilitar la remoción del material excavado.
- **Monitoreo y seguridad:** Durante el proceso de perforación y voladura, se llevan a cabo monitoreos continuos para asegurar la estabilidad de la estructura y prevenir riesgos. Se implementan acciones de seguridad, como emplear barreras de protección y el cumplimiento de los protocolos de seguridad establecidos.(Yepes, 2013).

### **Raise Climber**

La jaula trepadora viene hacer una superficie de trabajo que está diseñado para desplazarse por la chimenea, ya sean vertical o con inclinación, en operaciones mineras.

El método es versátil ya que los trabajos se realizan desde una plataforma sólida que se puede ajustar fácilmente a la altura y el ángulo deseados. Toda herramienta, materiales y equipos pueden cargarse en la

plataforma hacia arriba o hacia debajo de la chimenea (T&H Mining S.A.C., 2021).

**Figura 3. Raice Climber**

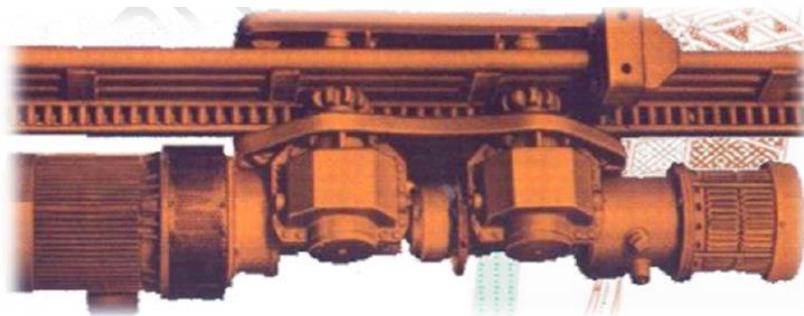


Elementos de Raice Climber

### **Riel Guía**

La jaula trepadora se mueve por un circuito de cremallera y piñón por la longitud de un riel guía ( carril de avance), disponible en longitudes de 1018 mm y 1998 mm, que se fija a la roca utilizando pernos de expansión o mecánicos (T&H Mining S.A.C., 2021).

**Figura 4. Riel Guía**

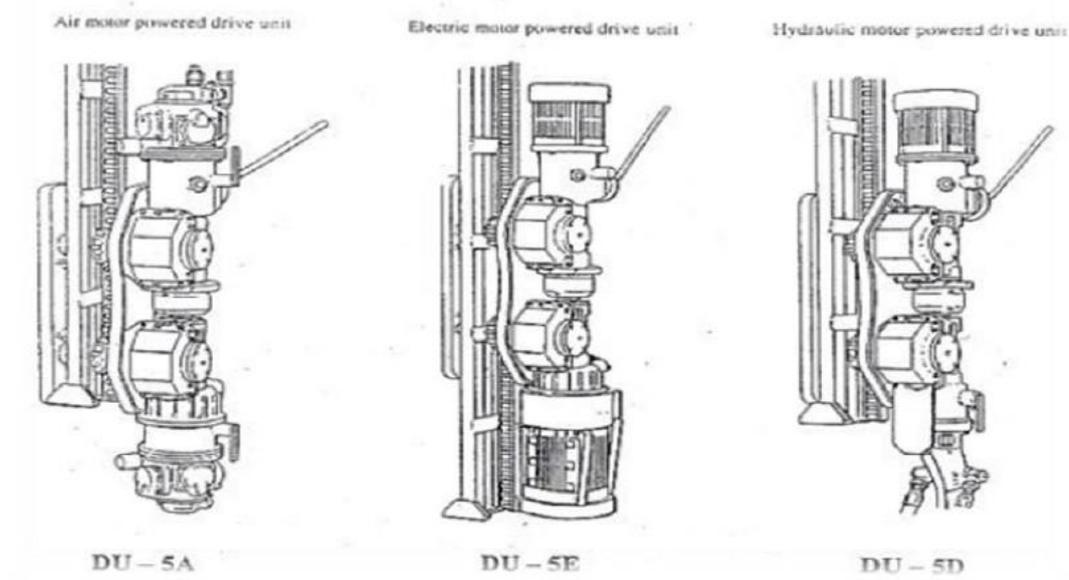


**Unidad de traslado con piñones acoplados al engranaje del riel guía**

- Este tipo de unidades pueden ser impulsadas por motores eléctricos, aire o diésel.

- Es importante indicar el freno centrífugo de una unidad tiene por objetivo servir de limite a la velocidad de la jaula, cuando esta descienda.
- Un conjunto de estructura con rodillos y un freno de emergencia, el que se activa automáticamente y detiene el equipo si la velocidad supera el límite seguro preestablecido de 0.9 m/s.
- Plataforma de trabajo, techo o cubierta de seguridad y jaula para el traslado del personal. (T&H Mining S.A.C., 2021).

**Figura 5. Unidades de transmisión**



### **Conjunto de estructura con rodillos y sistema de freno de emergencia**

Es necesario verificar el estado de la viga "H", ya que una viga doblada o dañada puede comprometer el rendimiento del equipo. Lo mismo aplica para el freno de seguridad y los rodillos de 72 mm y 124 mm deben estar en óptimas condiciones (T&H Mining S.A.C., 2021).

**Figura 6.** Armazón con rodillos



Nota. \* Fuente: Manual alimak Perú t&h mining 2021

### **Plataforma de trabajo, techo de seguridad y jaula para el personal**

El techo protector o de seguridad es un parámetro No Negociable y siempre debe ser usado durante las actividades en la chimenea según el ángulo de inclinación. En chimeneas menores de 70° de inclinación puede prescindir de este dispositivo (T&H Mining S.A.C., 2021).

**Figura 7.** Plataforma de trabajo

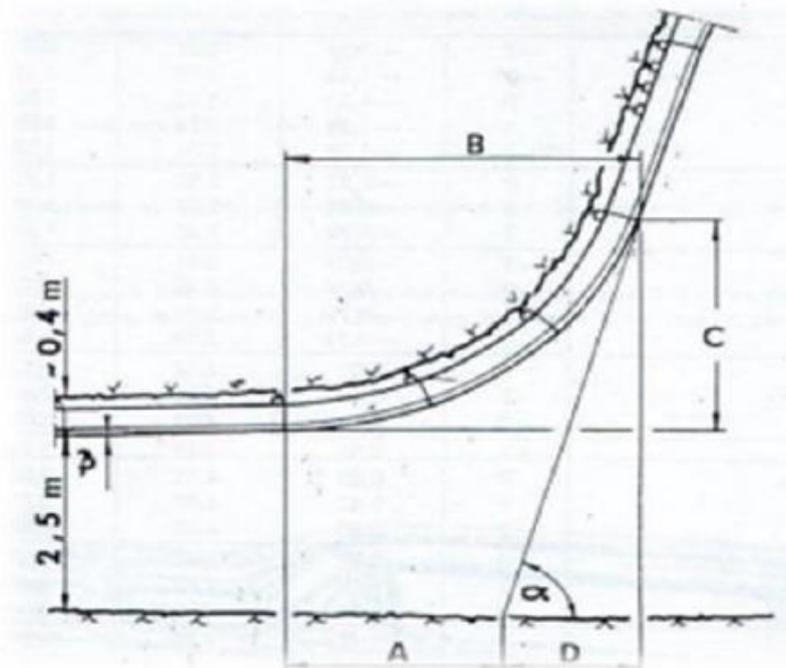


### **Montaje de rieles en la cámara**

Uno de los aspectos más importantes de la estación ALIMAK es la estabilidad del equipo, que debe alcanzar un funcionamiento en óptimas condiciones de seguridad. Para garantizar el correcto anclaje de la curva se debe verificar en campo la calidad de la masa rocosa; así mismo la distancia entre la

chimenea piloto y los carriles curvos; según la separación entre los carriles y el techo de la labor se definirá los DISTANCIADORES a usar en el anclaje, no se deben colocar rieles de 3°, 7° o de 2 metros directamente sobre el riel de 25°. Primero deben instalarse los rieles de 8° para la entrada y la salida (8° in – 8° out) (T&H Mining S.A.C., 2021).

**Figura 8.** Instalación Rieles Alimak



**Figura 9.** Rieles Alimak

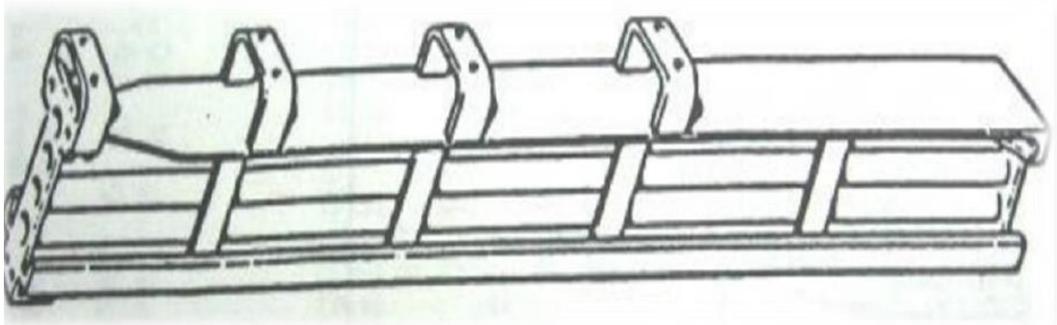


### **Riel de seguridad**

El riel o carril de seguridad está compuesto por cuatro soportes para anclarlo en cuatro puntos diferentes. Su instalación en roca sólida es cada 50

metros y posterior a la instalación de los rieles en curva; si la roca es de mala calidad, se debe instalar cada 16 a 20 metros (T&H Mining S.A.C., 2021).

**Figura 10. Riel de seguridad**



### **Guiadores de cable**

Estos dispositivos cumplen la función de prevenir que el motor eléctrico aumente el amperaje y afecte el cable. Con esa finalidad deben ser instalados por lo menos 3 guiadores, específicamente en las curvas. En el caso de que el cable entre en constante contacto con la roca la energía será desconectada por medio de un relé del panel eléctrico por medio de un aumento de la corriente, deteniendo el equipo en su posición. Por ello, es crucial instalar los guiadores, mantener limpios los rieles en las curvas y asegurar el buen estado de los rodillos de los guiadores de cable (T&H Mining S.A.C., 2021).

**Figura 11. Guiadores**



### **Cable eléctrico**

El cable eléctrico presentara un marcado desgaste en caso no se emplea los guidores de cable, lo que puede ocasionar una rotura prematura como consecuencia del contacto constante con la roca, y compromete el motor eléctrico al aumentar su amperaje y provoca interrupciones en el suministro de energía.

Además, si la funda del cable eléctrico no es adecuada, se producen frecuentes roturas con lo cual se compromete la adecuada operatividad del equipo. (T&H Mining S.A.C., 2021)

**Figura 12.** Cable eléctrico



### **Estación principal o cámara**

La construcción de un muro en la sección de curva es una alternativa a considerar cuando exista la posibilidad de que el desmonte entre en la cámara. Se tiene la experiencia en otras operaciones que instalar una puerta de malla para puede prevenir un mal manejo del equipo, y en otros casos es adecuado colocar una llave de seguridad (lock out) para los paneles eléctricos. Las dimensiones recomendadas para la estación en los manuales son las mínimas, y es importante asegurarse de que el desmonte no entre en la cámara principal (T&H Mining S.A.C., 2021).

**Figura 13. Cámara principal**



### **La Importancia de la jaula de servicio**

Se debe considerar que esta jaula soporta como máximo el peso de 3 personas o su equivalente en 350 kg. Normalmente llevan un piñón único y presentan una velocidad de descenso impulsada por la gravedad que alcanza entre 25 y 30 metros por minuto. Cuando la jaula está descendiendo el protocolo recomienda activar el freno cada 10 a 15 metros de manera que no se alcance demasiada aceleración con causa de las fuerzas dinámicas. El lapso adecuado para cambiar el freno de la jaula es de cuatro años. Además, es recomendable tener una jaula de servicio de repuesto con un riel de 2 metros que permita una rápida instalación. En casos emergencia, esta jaula lleva un tope de parada conocido como Bottom Stop complete que evita se salga por fuera de los rieles y que se instala en el primer riel (T&H Mining S.A.C., 2021).

**Figura 14. Jaula de servicio**



### **2.3. Definición de términos conceptuales**

#### **Armazón:**

Este elemento se compone de dispositivos de seguridad y de rodillos con el objetivo de frenar de manera automática la trepadora cuando al descender la velocidad sobrepase el límite fijado de seguridad.

#### **Cabezal de perforación o lubricación:**

En la labor de perforación este dispositivo es determinante, se ubica montado en el último carril, y generalmente se usa para suministrar servicios básicos en la perforación; cuenta con una capacidad de dos Máquinas perforadoras.

#### **Carriles:**

Este dispositivo es usado como guía cuando la jaula ascienda o descienda.

#### **Chimenea:**

De acuerdo con SERNA (2012), se trata de una abertura en la superficie que puede presentar una orientación vertical o inclinada, El sistema constructivo para ejecutarlo puede ser convencional o mecanizado.

### **Construcción de chimeneas:**

Según PALMSTROM, A. (2002), una chimenea puede ser construida en la sección de caja piso o en veta, su orientación puede ser inclinada o vertical. está diseñada para recibir toda la carga del disparo que se concentrará en la sección del piso o en los buzones. El material será reunido en estos lugares será extraído y deriva o hacia los echaderos de mineral o desmonte.

### **Gases.**

De acuerdo con PALMSTROM, A. (2002), Se trata de fluidos informes producidos por en funcionamiento de los motores Diesel, explosivos, también puede ser de origen natural. es normal que al ser expulsados ocupen cualquier espacio que se encuentre disponible.

### **Geomecánica.**

Se trata de una parte de la ingeniería minera net cada a estudiar a nivel práctico y teórico el perfil mecánico de los cuerpos de rocas. En términos básicos para el estudio de este perfil se debe tener en cuenta aspectos como: el nivel de resistencia rocoso, nivel de facturación de la roca, la resistencia de las discontinuidades

### **Guarda cabeza:**

Al formar parte del sistema de seguridad este componente es de gran importancia porque su función es evitar el desprendimiento de rocas que pueden ocasionar daños en las labores, el equipamiento y las personas.

### **Jaula:**

Se trata del componente principal del sistema Alimak, es el elemento que se usa para transportar distintos tipos de carga que pueden ser material equipamiento o personal. Normalmente su capacidad de alcanza para el traslado 3 personas.

### **Jaula Jora**

Este es un método específico que fue diseñado por Atlas Copco, consta de una plataforma de trabajo, la jaula transportadora, sistema de elevación y el carril guía.

### **Jaula trepadora raise climber**

Este tipo de jaulas están diseñadas para ofrecer una superficie de trabajo, de manera que puedan guiarse por la orientación de las chimeneas en las labores subterráneas.

### **Plataforma de Trabajo:**

Es la sección donde los trabajadores pueden armar el carril, además de realizar perforaciones, cargas y emparejados.

### **Raise Boring**

Es parte de sistema constructivo usado en la ejecución de pozos o chimeneas, se lo ubica entre los niveles de una mina u otras obras de ingeniería. Normalmente los niveles están ubicados por debajo de la superficie, aunque el nivel superior puede ubicarse en la superficie.

### **Tambora:**

Es el mecanismo que se usa para contener el cable eléctrico, se acciona por medio de un motor neumático que permite mientras desciende o asciende envolver o desenvolver el cable según sea necesario. (AB, 2003).

### **Tambor de enrollamiento:**

Mecanismo de acción automática que controla el cable o manguera en el momento del ascenso o descenso de la jaula trepadora.

### **Unidad Propulsora:**

Piñones que se engranan en la cremallera de linterna del carril guía para propulsarla por una fuente eléctrica, su elemento principal es el freno centrífugo que sirve para limitar la velocidad cuando por acción de la gravedad desciende la plataforma trepadora.

### **Válvula múltiple:**

Este dispositivo está diseñado para suministrar agua y aire a las perforadoras.

### **Formulación de la hipótesis**

#### ***Hipótesis General***

El diseño óptimo de un proyecto de ejecución de una chimenea Alimak para sistemas de ventilación industrial considerando aspectos técnicos, estructurales permitirá ejecutar su ejecución en una forma más adecuada, en La Empresa Minera AGROMIN La Bonita S.A.C.

#### ***Hipótesis específicas***

- a. Si se tiene en cuenta las condiciones geotécnicas del macizo rocoso facilitará la correcta ejecución de la chimenea Alimak en La Empresa Minera AGROMIN La Bonita S.A.C.
- b. Determinando los parámetros técnicos óptimos como el diámetro, la altura, la inclinación y la distribución de las aberturas de extracción de aire dará como resultado una chimenea Alimak más eficiente, en La Empresa Minera AGROMIN La Bonita S.A.C.

### **Identificación de variables**

#### **Variables para la hipótesis general**

- a. **V.I.** Diseño óptimo de chimeneas Alimak
- b. **V.D.** Ejecución adecuada

#### **Variables para la hipótesis específicas**

##### ***Variables para la hipótesis específica a***

- a. **V.I.** Condiciones geomecánicas
- b. **V.D.** Ejecución correcta

##### ***Variables para la hipótesis específica b***

- a. **V.I.** Parámetros técnicos óptimos
- b. **V.D.** Chimeneas más eficientes

#### **2.4. Enfoque Filosófico – Epistemológico**

Al enmarcar la presente propuesta de tesis dentro de una aproximación de tipo científico desde distintos puntos de análisis es posible abordar una problemática específica del campo minero como lo es el Diseño y evaluación de chimeneas alimak para sistemas de ventilación industrial en la mina. Aun así, los resultados que obtengamos de esta problemática nos podrán parecer distintos si realizamos su aplicación en otras circunstancias o desde otras especialidades.

Este contraste demuestra que nuestra actitud científica puede ser enfocada desde una perspectiva distinta de la cual inicialmente la planteamos. En esas circunstancias deberemos considerar un juicio o una evaluación distinta a nuestra manera de abordar el problema inicialmente.

Esta situación argumentativa nos muestra que la labor científica puede resultar compleja si se la emprende desde un punto de vista restringido. Es por ello que en la siguiente investigación debemos ocupar el lugar del investigador científico más cercano al área del desarrollo de nuestro tema, es decir al área minera y sus necesidades específicas.

En ese sentido para abordar la problemática específica que nos presenta la actividad minera tenemos de nuestro lado, como la herramienta más eficiente a nuestros fines académicos y empresariales, al quehacer científico, aunque siempre debemos ser conscientes de que existen distintos modos para aproximarnos a una problemática y cada uno de ellos pueden ser legítimos y mostrar resultados efectivos y satisfactorios para determinados requerimientos.

A partir de esta compleja estructuración de los saberes y los puntos de vista debemos ser conscientes de que el camino científico no es el único que nos ayudará a entender los fenómenos del mundo, sin embargo, este camino nos puede ofrecer métodos para corroborar y validar nuestras evidencias y sobre todo pensar nuestro lugar dentro de la problemática específica.

Es por ello por lo que el método científico cobra importancia vital para este tipo de investigaciones debido a que nos permite ubicarnos por encima de nuestros juicios personales e incluso sociales y culturales para poder establecer conocimientos o principios argumentativos que puedan apoyar juicios ser aceptados por su carácter neutral y abstracto que además respondan directamente a las cuestiones que una problemática específica plantea.

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGIA Y TECNICAS DE INVESTIGACION**

#### **3.1. Tipo de Investigación**

En esta ocasión presentamos una investigación APLICADA que implica la construcción de un prototipo de chimenea Alimak y proporcionando datos empíricos y resultados concretos sobre la ejecución de la chimenea Alimak., como dice (BAENA , 2017). “debido a que busca concretar las propuestas teóricas en soluciones prácticas con la intención de responder a problemas y necesidades específicas de la sociedad”.

#### **3.2. Nivel de investigación**

El nivel, será de un nivel descriptivo, analítico; porque vamos a describir y analizar el proceso de ejecución de una chimenea mediante el metodo Alimak Como indica “Los diseños transeccionales descriptivos tienen la finalidad de investigar de qué manera y en qué forma inciden las variables dentro de una población. Por esa razón, se tratan de propuestas enteramente descriptivas, perfil que alcanza a las hipótesis que establecen, cuando la ofrecen en términos de cifras o valores” (HERNANDEZ, FERNANDES, BAPTISTA, 2014)

#### **3.3. Características de la investigación**

Determinar la metodología que se utilizará para el diseño de la chimenea Alimak. Esto incluye enfoques analíticos, modelos matemáticos, simulaciones

computacionales, realizando mediante el método científico, apoyados en los métodos específicos inductivo deductivo; basándonos en “esta metodología de inferencia basada en la lógica y enfocada en el estudio de hechos particulares, aunque presenta un sentido deductivo (parte de lo general a lo particular) y en sentido contrario también es inductivo (va de lo particular a lo general) (BERNAL, 2010) .

### **3.4. Diseño de investigación**

Debido a que no se realizará ninguna variación de las variables de la investigación y solo nos avocaremos a observar y recoger datos de la construcción de la chimenea alimak el diseño que se usará será el no experimental, siguiendo lo señalado por: “Estas propuestas se ejecutan en un determinado momento con el fin de evaluar un fenómeno que está sucediendo en el presente” (SANCHEZ, REYES, MEJIA, 2018)

### **3.5. Procedimiento de muestreo**

#### **3.5.1. Población**

El universo para esta investigación está constituido por las labores enfocadas a la ventilación que se ubique al interior de la compañía minera Agromin La Bonita S.A.C que siendo una mina subterránea es imperativo contar con chimeneas de ventilación.

#### **3.5.2. Muestra**

Para seleccionar la muestra de manera no probabilística y por conveniencia para el estudio se centrará en el desarrollo de la chimenea 720 realizada por J & R MINING S.A.C.

### **3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **3.6.1. Técnicas**

**Análisis Documental:** La información se obtiene de fuentes primarias a diferencia de otras técnicas de obtención de datos, por medio ficha de registro de datos es lo más común, con el cual se reforzará.

**Observación de Campo no Documental:** Este método se usa con el fin de reforzar del conocimiento para el comportamiento exploratorio.

**Observación Experimental:** En este caso los datos se elaboran mediante condiciones medianamente controladas por el investigador.

### **3.6.2. Instrumentos**

Tenemos:

- Guía de observación
- Ficha de registro
- Documentos escritos

### **3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

El análisis de la información y la obtención de resultados se realizará mediante los instrumentos Excel, Word.

### **3.8. Orientación ética**

En la investigación tendremos en cuenta los aspectos éticos, manteniendo la veracidad, confidencialidad, responsabilidad.

## CAPITULO IV

### PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1. Presentación, análisis e interpretación de resultados

##### 4.1.1. Aspectos generales de la Unidad minera

###### Ubicación

Estas operaciones se localizan en el distrito de Bella Unión, que pertenece a la Provincia de Caravelí, en la región de Arequipa. Se encuentra a unos 1600 metros de altura.

**Tabla 1.** Coordenadas UTM (WGS84 - 18S)

Ítem	UP	Coordenadas		Altitud (msnm)
		ESTE	NORTE	
01	La bonita	536336.28	8312608.57	1715

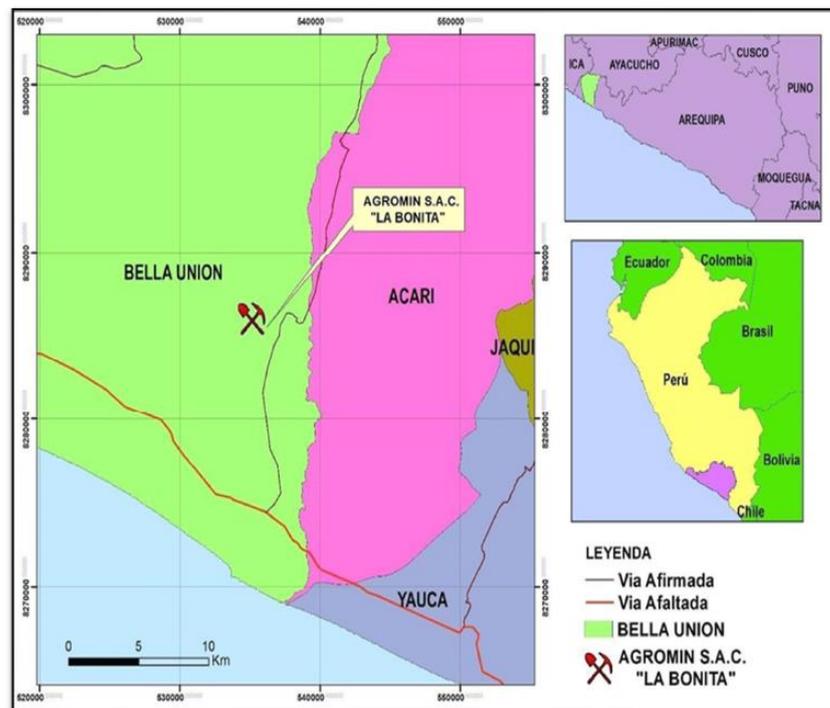
###### Accesibilidad

A continuación, mostramos las rutas de acceso a la unidad minera.

**Tabla 2.** Accesibilidad

RUTA	DISTANCIA
Lima – desvío de Acarí, Panamericana Sur	556km
Desvío Acarí – Acarí, carretera asfaltada.	23km
Distrito de Acarí – Otapara.	17Km
Otapara – Mina La Bonita.	13Km

**Figura 15. Ubicación de la Mina**



### **Clima y relieve**

Las condiciones climáticas en la zona de operaciones se caracterizan por ser cálidas y secas durante todo el año. Se debe destacar que en el verano está marcado por una aridez marcada, aunque esta temporada no está exenta de precipitaciones por causa de la corriente del niño. Hay dos factores a tomar en cuenta para caracterizar las condiciones climáticas de la zona, por un lado, el nivel altitudinal que registra unos 1600 m.s.n.m. en promedio, y por otro lado el desierto de arena que no ofrece condiciones para el desarrollo de una vegetación importante.

### **Operaciones mineras**

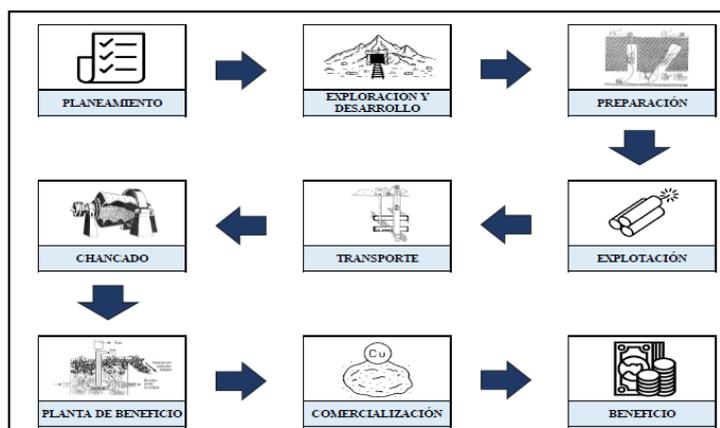
U.M. AGROMIN La Bonita S.A.C. concentra las operaciones denominadas: Anita, Purísima y Gavilán. La primera se ubica en el nivel 1385, en la que se explota cobre principalmente de la veta Purísima. La segunda se ubica en el nivel 1395, en la que se explota cobre principalmente de las vetas Purísima y Victoria.

En estas operaciones se emplea el método corte y relleno ascendente sin ninguna variación entre ellas. Se utiliza material detrítico como relleno, como es usual en este método, el que proviene de las estocadas laterales en los tajeos.

### Diagrama de procesos

En esta unidad minera el proceso de explotación se divide en las siguientes etapas: planeamiento, exploración y desarrollo; posteriormente se ejecuta la preparación, después de lo cual se procede a explotar los tajeos. Los tajeos deben romperse durante la etapa de explotación con la finalidad de que el mineral pueda ser extraído. El material obtenido se debe trasladar a la chancadora y después a la planta de beneficio, en la que se produce el concentrado de cobre, para finalmente ser comercializado, terminando, así como el proceso minero y económico.

**Figura 16. Etapas de procesos minero**



Nota. La figura muestra las etapas del proceso minero que se realiza en la U.M. AGROMIN La Bonita S.A.C.

#### 4.1.2. Planificación del proyecto

Para asegurar un adecuado diseño del sistema de ventilación usando el método Alimak Se debe comenzar por evaluar las condiciones a nivel estructural y geológico de la zona donde se ejecutará la obra. esta manera se pueden identificar la presencia de potenciales fallas, la estructural litológica y de mineralización.

La siguiente etapa es realizar los estudios de laboratorio para evaluar la mecánica de las rocas con el fin de conocer los niveles de resistencia a los esfuerzos de compresión que puede presentar el macizo rocoso, esta muestra debe ser extraída de la zona en la que se ejecutará el pique. Posteriormente de conocer el resultado de esta evaluación se debe calcular el RQD, RMR y Q de Barton, que permita una adecuada evaluación geomecánica del emplazamiento.

Cuando se hayan cumplido las etapas anteriores se puede elaborar el diseño para la chimenea, en este caso se debe realizar una evaluación específica para el ángulo de inclinación, el metraje y la sección, así como los compartimientos. Luego, se procederá a seleccionar los equipos de perforación, materiales pertinentes que permita la ejecución de la chimenea. En este apartado se evaluarán los parámetros o elementos necesarios del equipo alimak.

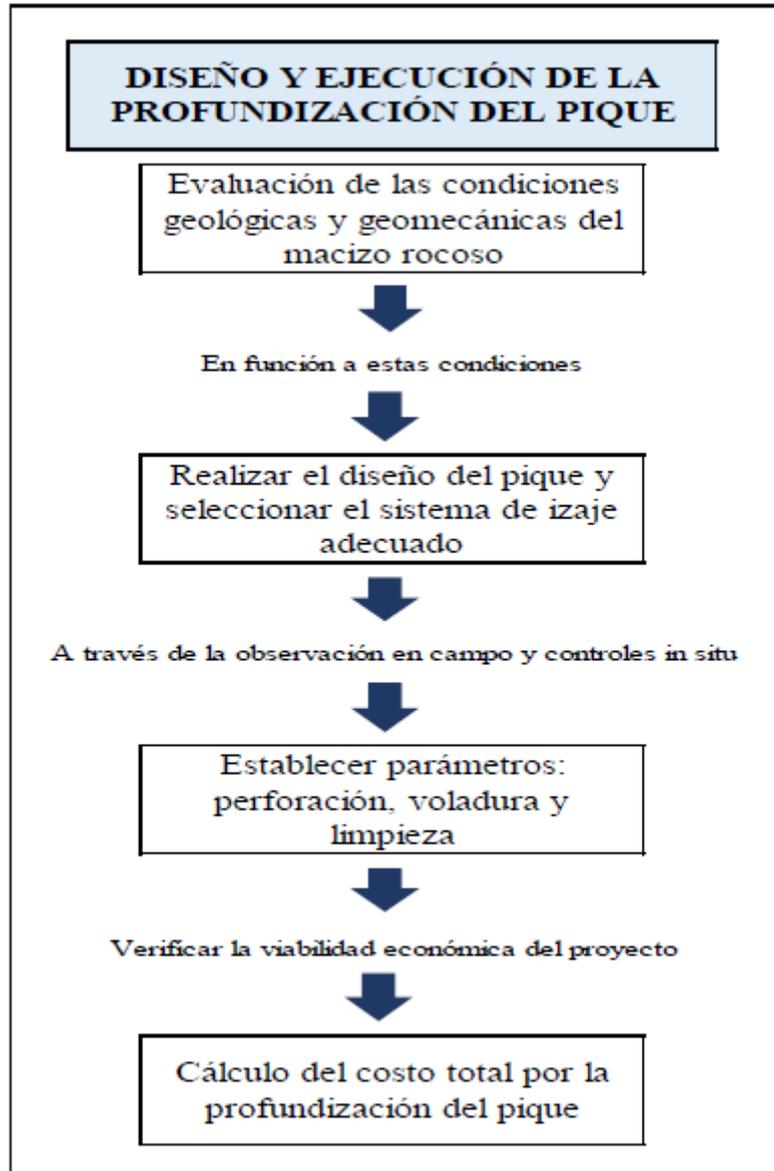
Por otro lado, se debe calcular el tiempo y la cantidad de material explosivo empleado con el objetivo de establecer los parámetros para cada una de estas labores específicas. El área de geomecánica deberá brindar la malla de perforación Buscando establecer los niveles operativos para evitar voladuras con resultados deficientes, así como un consumo excesivo del explosivo. Cada una de estas operaciones unitarias debe ser controlada de forma continua, lo que permite utilizar la información recopilada para calcular distintos indicadores como consumo de explosivos voladura, número tal/voladura, factores de potencia, factores de carga, factor de avance y ton/hombre guardia.

Por último, se calcula el costo unitario que supone ejecutar la chimenea con el fin de realizar una evaluación comparativa de cada uno de los costos de estas labores unitarias, para cada cálculo se debe establecer una unidad de costeo específica. También se debe realizar el cálculo de la utilización de equipos e insumos empleados. Cuando es información no establecida se puede realizar el cálculo total de la chimenea. Cada 1 de estos cálculos es relevante

debido a que a partir de ello se puede analizar los resultados a nivel cuantitativo para cada 1 de los indicadores de la construcción de la chimenea.

En la figura 17 se expone lo explicado líneas arriba.

**Figura 17.** Planificación del proyecto de profundización de pique.



#### 4.1.3. Especificaciones técnicas de la chimenea CH-720

El desarrollo de excavación de chimenea con equipo RAISE CLIMBER ALIMAK para la mejora de la ventilación de la mina tendrá las siguientes especificaciones.

**Tabla 3.** Especificaciones técnicas de la chimenea CH - 720

<b>ESPECIFICACIONES PROYECTO CHIMENEA CH - 720</b>	
<b>PARAMETRO</b>	<b>DIMENCIONES</b>
Inicio	NV 1385
Longitud	270 metros
Sección	2.0 m x 2.0 m.
Área	4.0 m <sup>2</sup>
Inclinación	90 °
Estocadas	8
Estocadas 1	EST-720 (1) – Nv. 1420
Estocadas 2	EST-720 (2) – Nv. 1450
Estocadas 3	EST-720 (3) – Nv. 1470
Estocadas 4	EST-720 (4) – Nv. 1490
Estocadas 5	EST-720 (5) – Nv. 1510
Estocadas 6	EST-720 (6) – Nv. 1530
Estocadas 7	EST-720 (7) – Nv. 1570
Estocadas 8	EST-720 (8) – Nv. 1610

#### **4.1.4. Condiciones geomecánicas de la chimenea CH – 720**

##### **a) Condiciones geológicas**

La identificación de zonas mineralizadas en la Operación Gavilán GL 757 S se realiza de forma sistemática a partir de muestras seleccionadas especialmente para este fin. en estas muestras se puede identificar material mineral económicamente relevante para estas operaciones. específicamente se trata de calcosina (Cu<sub>2</sub>S), bornita (Cu<sub>5</sub>FeS<sub>4</sub>). Tomando como base estudios sobre la potencia promedio de la veta el análisis geológico puede determinar si la mineralización de la veta tiene una profundidad adecuada en el área de operaciones que permita una continuidad de la estructura de mineralización desde el nivel superior hasta alcanzar el nivel GL 757 S (1395).

**Figura 18.** Condición geológica en la U.M. AGROMIN La Bonita S.A.c.



Nota. En la imagen se observa el macizo rocoso contiene calcosina, bornita y calcopirita en sus niveles superiores.

Se debe efectuar un análisis de tipo estructural para poder identificar las posibles fallas y el tipo de roca que predomina en la zona de operaciones. con ese objetivo Se deben revisar los planos de estructura que corresponden a los niveles superiores. tomando como referencia esos planes se debe interpretar la evaluación geológica para poder identificar la continuidad de dichas fallas trazando su rumbo y buzamiento. Para el caso de la roca que predomina en el macizo se debe identificar la tipología a la que pertenece.

**b) Condiciones geomecánicas**

RQD: El departamento de geomecánica debe facilitar este dato para poder realizar el cálculo de RMR sobre el macizo rocoso en el que se está ejecutando la profundización del pique. Adicionalmente se está utilizando el 76% del RQD para desarrollar el TSP.

Q de Barton: En la siguiente tabla se muestran los datos utilizados para el cálculo de este factor. Estos datos deben ser proporcionados por el área de geomecánica.

**Tabla 4.** Datos utilizados para el cálculo de Q de Barton

VARIABLE	VALOR
RQD	76
Jn índice diaclasado	4
Jr índice de rugosidad	4
Ja alteración de discontinuidades	2
Jw presencia de agua	1
SRF Condiciones tensionales	2.5

Nota. Se pueden observar los datos proporcionados por el área de geomecánica para calcular el Q de Barton.

A continuación, se muestra la fórmula utilizada para calcular el valor de Q de Barton.

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

$$Q = \left( \frac{76}{4} \right) * \left( \frac{4}{2} \right) * \left( \frac{1}{2.5} \right)$$

$$Q = 15$$

RMR: Para calcular este dato sobre el macizo rocoso se debe realizar la prueba de compresión para establecer su nivel de resistencia en un laboratorio. Otros datos necesarios para establecer el RMR se pueden obtener directamente de la observación y evaluación del macizo rocoso.

En la figura que se muestra a continuación Se puede observar la zona donde el pique se profundiza.

**Figura 19. Macizo rocoso de la zona a profundizar**



**Figura 20. Valores según la tabla RMR**

PARÁMETROS		VALORES					TOTAL		
1	ENSAYO CARGA PUNTUAL	>10 (15)	10-4 (12)		4-2 (7)		2-1 (4)	12	
	COMPRESIÓN SIMPLE (Mpa)	>250 (15)	250-100 (12)	100-50 (7)	50-25 (4)	25-5 (2)	5-1 (1)		<1 (0)
2	RQD	90%-100% (20)	75%-90% (17)	50%-75% (13)	25%-50% (8)	<25% (3)		17	
3	SEPARACIÓN ENTRE DIACLASAS	>2m (20)	0.5-2m (15)	0.2-0.5m (10)	0.05-0.2m (8)	<0.05 (5)		10	
4	ESTADO DE LAS DISCONTINUIDADES	LONG. DISCONTINUIDADES	<1 (6)	1-3m (4)	3-10m (2)	10-20m (1)	>20m (0)		4
		ABERTURA	Nada (6)	<0.1mm (5)	0.1-1.0mm (4)	1-5mm (1)	>5mm (0)		4
		RUGOSIDAD	Muy rugosa (6)	Rugosa (5)	Ligeramente rugosa (3)	Ondulada (1)	Suave (0)		5
		RELLENO	Ninguno (6)	Relleno duro <5mm (4)	Relleno duro >5mm (2)	Relleno blando <5mm (2)	Relleno blando >5mm (0)		2
		ALTERACIÓN	Inalterada (6)	Ligeramente alterada (5)	Moderadamente alterada (3)	Muy alterada (1)	Descompuesto (0)		5
5	AGUA FREÁTICA	CAUDAL POR 10M DE TUNEL	Nulo (15)	<10 L/min (10)	10-25 L/min (7)	25-125 L/min (4)	>125 L/min (0)		15
		PRESIÓN AGUA/TENSIÓN MAYOR	0 (15)	0-0.1 (10)	0.1-0.2 (7)	0.2-0.5 (4)	>0.5 (0)		
		ESTADO GENERAL	Seco (15)	Ligeramente húmedo (10)	Húmedo (7)	Goteando (4)	Agua fluyendo (0)		
6	ORIENTACIÓN DE DISCONTINUIDADES	DIRECCIÓN Y BUZAMIENTO	Muy favorable	Favorable	Medias	Desfavorables	Muy desfavorables		5
		TÚNELES Y MINAS	0	-2	-5	-10	-12		
		CIMENTACIONES O FUNDICIONES	0	-2	-7	-15	-25		
		TALUDES	0	-5	-25	-50	-60		
CLASIFICACIÓN RMR	PUNTUACIÓN	(81-100)	(61-80)	(41-60)	(21-40)	<(20)		79	
	CLASE	Tipo I	Tipo II	Tipo III	Tipo IV	Tipo V		Tipo II	
	CALIDAD	Muy buena	Buena	Medie	Mala	Muy mala		Buena	

Nota. En la tabla anterior podemos observar los datos que se utilizaron para calcular el RMR del macizo rocoso en la zona donde se está ejecutando el pique en la U.M. AGROMIN La Bonita S.A.C.

**Tabla 5. Parámetros geomecánicos del área de la chimenea**

<b>Parámetros del macizo rocoso del área donde se ejecutará la chimenea</b>	
RQD	76 %
Q de Barton	15
RMR	79

#### **4.1.5. Consideraciones para la construcción de la chimenea alimak**

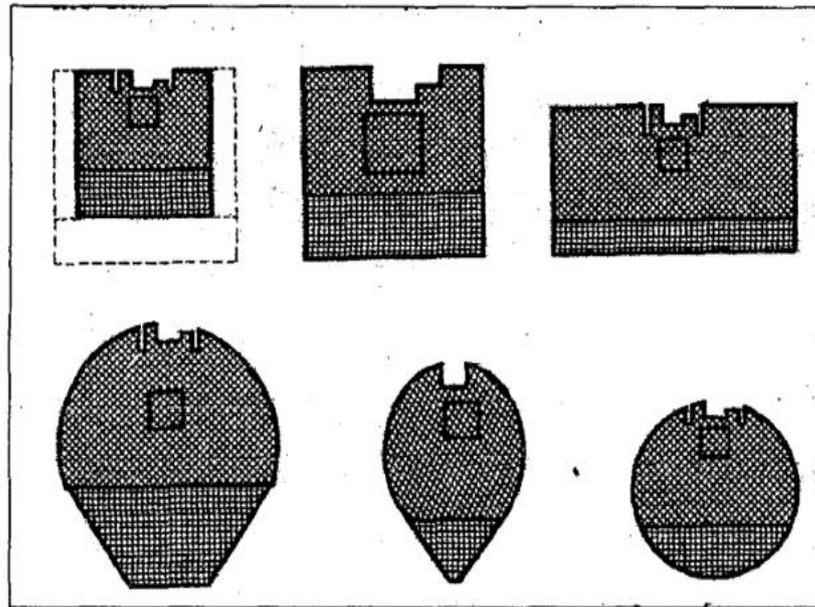
- La construcción de la CH-720 debe realizarse en la roca encajonante, teniendo solo 2 tipos de roca en esa zona: IIA y IIIB.
- La calidad del macizo rocoso debe ser de regular a buena; entonces la CH-720 debe ubicarse en la zona con tipo de roca II-A, ya que la longitud del proyecto es de 270 m.
- Se recomienda tener una inclinación de 90°, debido a que será para la ventilación de la minera.

#### **Geometría óptima de la chimenea Alimak**

Debido a que se realizara la chimenea CH-720 con equipo Alimak, se tiene planteado las siguientes geometrías para el proyecto de acuerdo al diseño de la plataforma alimak:

- Forma cuadrada.
- Forma rectangular (para chimeneas de doble compartimento)
- Forma ovoide.
- Forma circular.

**Figura 21. Diseño de plataformas alimak**



Fuente: Recuperado de: "Construcción de chimenea de equilibrio, con plataforma elevadora Alimak, en las obras subterráneas del proyecto hidroeléctrico Misicuni Cochabamba – Bolivia" (p.36)

### **Evaluación de geometría**

Al tener un proyecto de sección 2m x2m de un solo compartimento, tenemos 2 opciones viables a considerar, sección circular y cuadrada, para el tema de ventilación es más viable la forma circular pero los trabajos de la construcción, sostenimiento y adaptabilidad de la labor en un futuro permite que la forma cuadrada sea más accesible.

**Tabla 6. Evaluación de la sección de la chimenea**

<b>Características</b>	<b>Sección circular</b>	<b>Sección cuadrangular</b>
Resistencia a colapso	Muy Buena	Regular
Condiciones para transporte del aire	Muy buena	Regular
Construcción de chimenea	Regular	Fácil
Sostenimiento posterior	Regular	Fácil
Adaptabilidad	Regular	Muy Buena

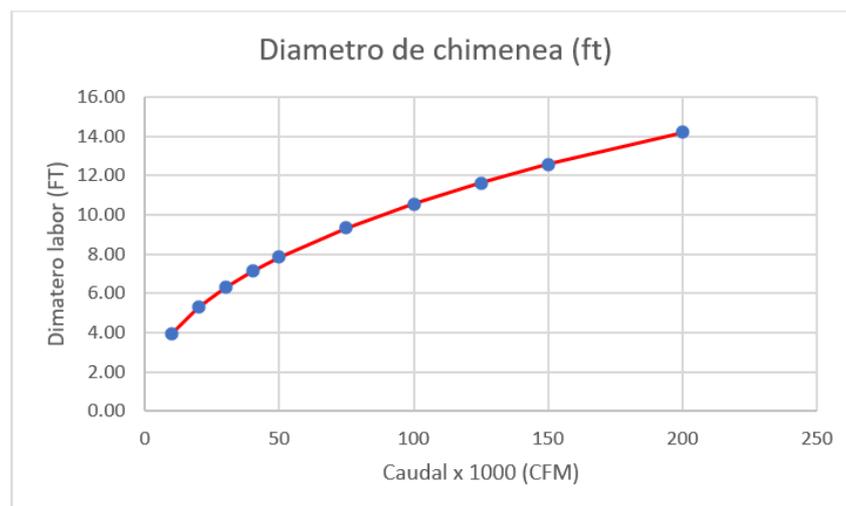
Al tener un proyecto de sección 2m x2m de un solo compartimento, tenemos 2 opciones viables a considerar, sección circular y rectangular, para el tema de ventilación es más viable la forma circular pero los trabajos de la construcción, sostenimiento y adaptabilidad de la labor en un futuro permite que la forma cuadrada sea más accesible.

Como tendremos una sección 2.0 m x 2.0 m (6.5 ft), el flujo de aire dentro del proyecto estará en un rango de 30 K – 40 K CFM para una sección circular pero próximo a una sección cuadrada.

**Tabla 7.** Relación de flujo de aire y sección en una chimenea

Caudal (Qx1000) CFM	Sección (ft)
10	3.94
20	5.30
30	6.30
40	7.13
50	7.83
75	9.34
100	10.56
125	11.62
150	12.56
200	14.21

**Figura 22.** Comportamiento del flujo en la chimenea según el diámetro



#### **4.1.6. Cumplimiento normativo y regulatorio relacionado con el diseño y construcción de la chimenea Alimak**

Para la construcción de una chimenea como el proyecto CH-720 de 270 m de longitud no es recomendable el método convencional debido al tema de seguridad, se considera como trabajos en altura y espacio confinado y no se tendría equipos de seguridad adecuados y estaríamos en contra del DS 0.24-2016EM y modificatoria DS 023-2017EM, el método mecanizado por raise borer sería el más adecuado, pero no se cuenta con un presupuesto económico inicial para realizar el trabajo y mano de obra especializada, por lo cual se determina la ejecución por medio del equipo Alimak ya que se tiene antecedentes de esta actividad en la minera, se cuenta con personal en la unidad que puede realizar la actividad y el costo por metro de avance es la mitad que el método por raise borer.

**Tabla 8.** Comparación de métodos de ejecución de chimeneas

<b>Comparación de métodos de ejecución de chimeneas</b>			
<b>Parámetro a comparar</b>	<b>Equipo convencional</b>	<b>Mecanizado Alimak</b>	<b>Mecanizado Raice Borer</b>
Seguridad	Sistema menos seguro	Sistema más seguro	Sistema más seguro
Manipulación de explosivo	Mayor uso de explosivo	Uso regular de explosivo	No requiere
Rendimiento	Menor rendimiento (avance/disparo)	Regular rendimiento (avance/disparo)	alto rendimiento (avance/hora)
Sostenimiento	El personal se expone a áreas no sostenidas	El personal se encuentra protegido por el equipo Alimak	Se realiza de manera mecanizada
Ambiente de trabajo	Presencia de gases	Polvo	Polvo
Principal riesgo por seguridad	Uso de explosivo	Cambio de broca	Pie de RB como lugar crítico durante rimado
Ruido – vibración	Alto	Alto	Bajo
Impacto ambiental	Difícil aceptación	Nivel medio de aceptación	Nivel medio de aceptación
Contaminación evitable	No es posible	No es posible	Es posible
Nivel económico	Económico, recomendable en tramos hasta 50 m.	Económico recomendable desde 100 m.	Costoso, recomendable desde 100 m.

**El D.S. 024 – 2016 – EM** En esta regulación ministerial le consignan cuáles son las obligaciones que los titulares de las operaciones mineras tienen que cumplir para salvaguardar la integridad de las personas involucradas en dichas operaciones. Esta regulación tiene por objetivo ser una garantía para que los trabajos mineros se ejecuten en condiciones de seguridad apropiadas, Utilizando para este fin métodos y prácticas laborales orientadas hacia la seguridad de los trabajadores, cuyo objetivo es determinar e identificar los posibles factores de riesgo asociados a las actividades normales en una

empresa minera para poder prevenirlos y evitar accidentes o algún tipo de enfermedad vinculada a estas actividades.

Por otro lado, el marco normativo vinculado a las condiciones de seguridad en el trabajo está determinado por la Ley 29783 – “Ley de seguridad y salud en el trabajo”. estas regulaciones se enfocan en brindar nos aspectos principales que aseguran una ejecución del trabajo con condiciones de seguridad, para ello muestran los factores adecuados y criterios básicos para elaborar las condiciones adecuadas asociadas a la seguridad en actividades mineras. (Congreso de República del Perú, 2016, Ley 29783).

En lo relacionado a la regulación legal concerniente a la construcción de chimeneas Indica que por tratarse de operaciones en entornos confinados también debe cumplir con aspectos y criterios que prioricen la seguridad operativa de los trabajadores. En se sentido la regulación específica está recogida en el D.S. 023 – 2017 – EM que se enfoca específicamente en la construcción de una chimenea (Congreso de República del Perú, 2017):

**Artículo 129:** este artículo indica que el responsable de las actividades mineras debe indicar claramente cuáles son los procedimientos y estándares que deben ser cumplidos para realizar las operaciones de alto riesgo, sobre todo si éstas se llevan a cabo en condiciones de confinamiento, trabajos en altura u otros escenarios similares. En este sentido la oficina SSOMA de la U.M. AGROMIN La Bonita, vive elaborar las herramientas de gestión Necesarias para poder realizar un control adecuado de las actividades que forman parte de la construcción de la chimenea.

**Artículo 130:** En el caso específico de la construcción de una chimenea pertenece por tratarse de un trabajo de alto riesgo al grupo de actividades que deben consignar un PETAR para poder ejecutarse. este formulario debe llevar la autorización y firma de un supervisor además del jefe encargado del área y del turno donde se ejecutará el trabajo.

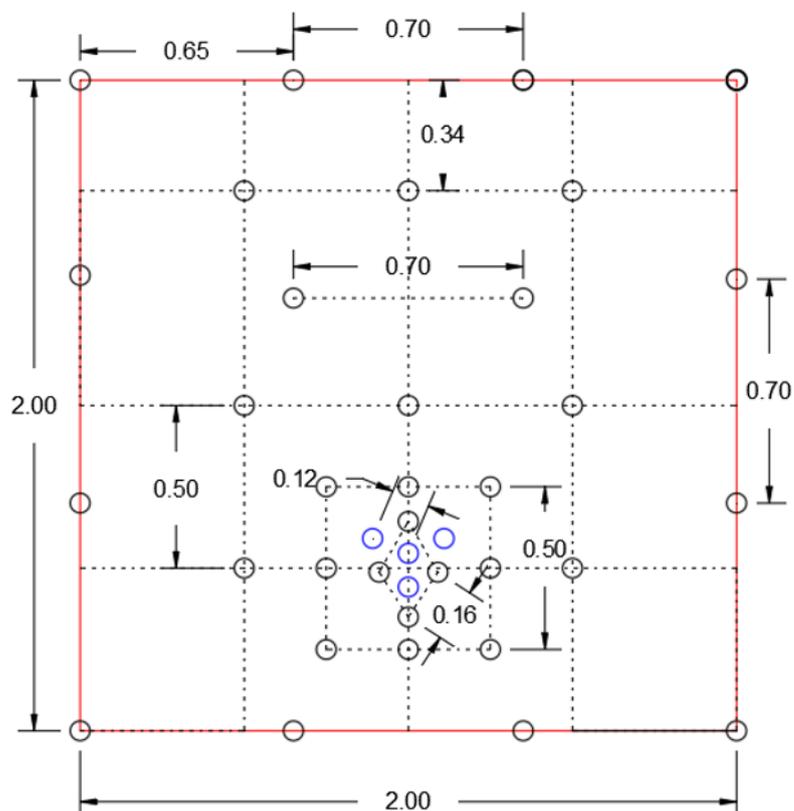
**Artículo 132:** Por tratarse de una actividad ejecutada no en un entorno confinado los monitoreos deben estar a cargo de un supervisor del área cuya tarea será verificar la presencia de gas para poder ventilar la zona de trabajo si es necesario. adicionalmente cada uno de los trabajadores debe usar el equipamiento de protección personal (EPP) de forma adecuada además de sus equipos de comunicación pertinentes, por último, debe tener en todo momento visible el permiso de trabajo llenado.

#### 4.1.7. Diseño de la chimenea Alimak

##### Perforación

En chimeneas se realizará la perforación con máquinas tipo Jack leg con barrenos de 6 y 8 pies. Su malla de perforación consta de 38 taladros para chimenea de sección 2.0 x 2.0 m, de los cuales 4 taladros son de alivio (no cargados) y 34 taladros son cargados.

**Figura 23.** Diseño de malla de perforación



## Voladura

El explosivo a utilizarse en todas las voladuras será la emulsión encartuchada 1000 1x8 y Dinamita Semexa 65% 7/8 x7 y como accesorio de voladura se utiliza el carmex. Los taladros que conforman el arranque y la 1ra, 2da, 3ra ayuda son cargados con dinamita siendo 34 taladros y 144 cartuchos, los demás taladros son cargados con emulnor 1000 siendo 21 taladros y 119 cartuchos

**Tabla 9. Distribución de carga**

Taladro	N° Taladro	N° de cartuchos	Total, de cartuchos
Arranque	4	9	36
Primera ayuda	4	9	36
Segunda ayuda	4	8	32
Tercera ayuda	5	7	35
Auxiliares	5	7	35
Cuadradores	8	7	56
Esquinas	4	7	28
Alivios	4	0	0
Total,	38		258

**Tabla 10. Peso del explosivo (kg/unid)**

Explosivo	Dimensiones	Peso caja (kg)	Unidades	Kg/Unid
SEMEXA	7/8" x 7"	25	308	0.08
EMULNOR	1" x 8 "	25	230	0.11

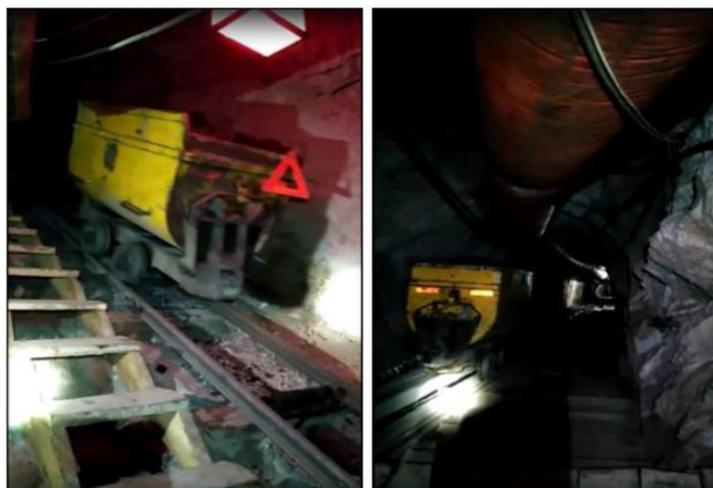
**Tabla 11.** Consumo de explosivo por disparo

Taladro	N° Taladro	Kg/taladros
Arranque	4	2.92
Primera ayuda	4	2.92
Segunda ayuda	4	2.60
Tercera ayuda	5	3.25
Auxiliares	5	3.80
Cuadradores	8	6.09
Esquinas	4	3.04
Alivios	4	0.00
Total,	38	24.62

### **Limpieza**

En las chimeneas la limpieza se realiza por gravedad hasta el nivel inferior donde se almacena la carga en los buzones y se acarrea con las locomotoras de capacidad de arrastre de 4 y 6 TM.

**Figura 24.** Extracción y acarreo de mineral en inclinado

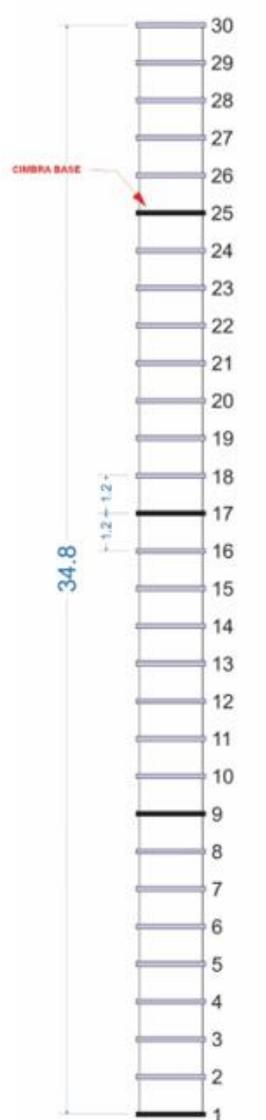


### **Sostenimiento**

Aunque en las chimeneas los cuadros de madera y puntales de avance son uno de los principales elementos para garantizar el sistema de sostenimiento

específicamente en el área de conexión y columna de CH-720 deberá ser utilizado un sistema con cimbras y malla olímpica. Esta decisión fue tomada a partir de las recomendaciones que elaboró el área de geología y supervisión de empresa AGROMIN LA BONITA. este sistema se empleará partiendo desde la conexión por un tramo de 34.8 metros.

**Figura 25.** Esquema de sostenimiento en zona de conexión



Para este sostenimiento en la comunicación se debe realizar los siguientes trabajos preliminares y la respectiva instalación detallada a continuación.

### **Trabajos preliminares:**

- Culminar con la limpieza de material cuaternario de un máximo de 4.0 metros alrededor del punto de conexión.
- Realizar un cerco perimétrico con estacas y cintas de prohibición.
- Señalización y estandarización de la misma, teniendo en cuenta accesos (recomendable colocar letreros informáticos en la ruta desde la vía principal al punto de conexión).
- Implementar zona de almuerzo o resguardo para el personal, con Listones y Malla Raschel, en el interior debe de contar con mesas y bancos.
- Implementar zona de trabajos en caliente (con lo necesario como caballetes), para acondicionar cimbras y planchas acanaladas.

### **Paso 1: Instalación de rieles de 45 lbs, fierro corrugado de Ø 1", vaciado de concreto.**

- a) En el sector superior de la conexión de la chimenea se anclarán rieles de 45 lbs, Orientadas horizontalmente utilizando para ello fierros de Ø 1" o 25 mm.
- b) **CIMBRA # 01** se instalará por medio de una soldadura encima de los rieles.
- c) la CIMBRA BASE tendrá un encofrado de 0.50 m alrededor, para crear un área de influencia de 3.0m x 3.0 m o 9.0 m<sup>2</sup>, Adicionalmente se deberá vaciar en concreto enmallado no con fierro de Ø ¾" corrugado, con un espesor mínimo de 0.3 m.

### **Paso 2: Instalación de CIMBRA # 01 (cimbra base) Zona de Conexión.**

- a) Se colocarán un Fierro de Ø 1 con 16 "L" de" para instalar la primera Cimbra en la zona de conexión, la que será fijada utilizando una resina y cembol, también se utilizaran los rieles como base de la cimbra.
- b) La manera de fijar la CIMBRA # 01 es por medio de anclajes y aprovechando el vaciado alrededor.

- c) En la parte superior se debe armar la siguiente cimbra, se utilizará material cuaternario para rellenar la carga. Según los cálculos este procedimiento garantiza una mejor estabilidad. Posteriormente, se comienza la instalación de las cimbras en la chimenea netamente. También se debe reservar una para la habilitación de las cimbras y cargar al equipo Raise Climber Alimak, los que deberán ser instalados en la columna de la chimenea.

### **Paso 3: Instalación de cimbra en la Columna de Chimenea**

- a) Se instalan en roca firme cimbras de base para garantizar una correcta instalación de cimbras en la columna de la chimenea, la que deberán tener un soporte de rieles de 45 Lbs, acompañadas de patillas adecuadas que tengan mínimamente 0.40 m, cuyo anclaje se realizara con 16 pernos de 1" instalados con resina (2 unidades) y cembol (2 unidades).
- b) En toda la sección se deberán colocar planchas acanaladas, las que deberán ser acompañadas por planchas acanaladas.

### **Paso 4: Cimbra Base**

- a) Cada 8.40 metros, lo que representa cada 7 cimbras se debe instalar una cimbra base. Para ello se debe contar con una base de rieles y fierro tipo "L" de 1".

### **Paso 5: Trabajos de Soldadura**

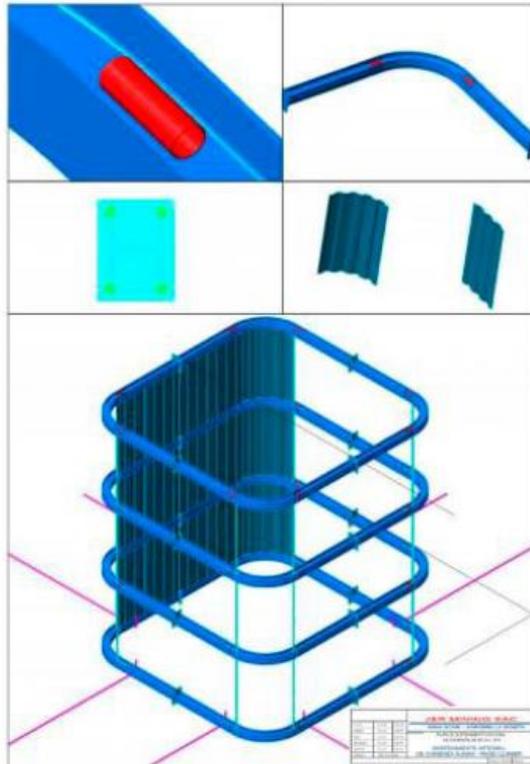
- a) Independientemente de estar sujetadas con pernos de grado. Las cimbras se asegurarán por medio de una soldadura, entre las planchas acanaladas y entre cimbras,

### **Paso 6: Instalación de Malla Olímpica**

- a) Cuando terminemos de colocar las 30 cimbras metálicas que están programados, se procederá a desmontar los carriles, y en forma de retirada se instalará malla olímpica en todo el contorno de la chimenea, con Split set sistemáticos, y garantizando su correcta sujeción a la roca.

- b) Conforme se retiren los carriles se instalará la malla olímpica. PROCESO DE INTALACION EN RETIRADA, por una altura de 20 metros más.

**Figura 26.** Diseño de instalación de cimbras



**Tabla 12.** Dosificación de materiales para armado de chimeneas

Material	Dosificación	Unidades	Descripción
Cimbras normales	26	Unid.	
Cimbra base	4	Unid.	
Fe de ¾"	8	Unid.	Por cimbra normal
Fe de 1"	16	Unid.	Por cimbra base
Cartuchos de resinas	1	Unid.	Por Fe de ¾"
	2	Unid.	Por Fe de 1"
Cartuchos de cemento	3	Unid.	Fe de ¾"
	2	Unid.	Fe de 1"
Planchas acanaladas	12	Unid.	Por cada cimbra
Oxigeno m3	2	m3	Por cada cimbra
Acetileno	0.33	m3	Por m3 de oxigeno
Soldadura	1	kg	Por cada cimbra

**Tabla 13.** Cantidad total de materiales para armado de chimenea

<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidades</b>
Cimbras normales	26	Unid.
Fe de ¾"	208	Unid.
Fe de 1"	64	Unid.
Cartuchos de resinas	336	Unid.
Cartuchos de cemento	752	Unid.
Planchas acanaladas	360	Unid.
Oxigeno m3	60	m3
Acetileno	20	m3
Soldadura	30	kg

### **Ventilación**

Entre los niveles superiores e inferiores de la UNIDAD AGROMIN LA BONITA se implementó un sistema de ventilación para las labores a base de chimeneas de integración. Esta ventilación se realiza por medio de ventiladores mecánicos de tipo axial o centrifugo de 10 000 CFM y 15 000 CFM que se ubican estratégicamente en zonas donde el aire es limpio y desde es enviado al interior.

Este sistema de ventilación está orientado a mantener constantemente un flujo de aire de 350 metros/minutos en promedio, medida que se estima evitara que el polvo se levante del piso. Este sistema en la chimenea CH-720 está calculado para mantener el nivel permitido de calidad de aire dentro para operaciones confinadas.

#### **4.1.8. Costos unitarios**

Para la ejecución de la chimenea CH-720 se tienen los siguientes en base al cual se realizó la estructura de precio unitario.

**Tabla 14. Parámetros de labor y actividad**

<b>Parámetros</b>	<b>valor</b>	<b>Unidad</b>
Rendimiento	1.8	m
Longitud de barra	2.44	m
Longitud efectiva	2.13	m
Eficiencia de voladura	85 %	%
N° de taladros perforados	38	Taladros
N° de taladros disparados	34	Taladros
Densidad de roca	2.7	tn/m3
Volumen roto	7.2	m3
Hr efectiva/guardia	10.28	Hr/gdia
Tonelaje a limpiar	19.44	tn
Sección	4	m2
Sistema de trabajo	20x10	días
Pies perforados	266	pies

Mediante la estructura de costos se calcula un costo de la ejecución de 790.72 US\$/ml en trabajos por mano de obra, materiales, perforación y voladura; sin embargo, los costos de sostenimiento están por separado ya que al ser un proyecto permanente requerirá un sostenimiento más reforzado

**Tabla 15. Estructura de costos de chimenea Alimak 2.0 m x 2.0 m**

N°	Descripción	Unidad	cantidad	% Incidenc	P.U. \$	Parcial	Sub total	Total \$/m
1.0	<b>Mano de obra</b>							<b>237.39</b>
	Mano de obra directa							
	Perforista alimak	Hh	8.0	1.29	6.45	99.51	55.28	
	Perforista	Hh	8.0	1.29	6.07	93.66	52.03	
	Operador Alimak	Hh	8.0	1.29	5.69	87.80	48.78	
	Bodeguero	Hh	8.0	1.29	4.56	70.24	39.02	
	Chofer	Hh	8.0	1.29	4.93	76.10	42.28	
	Mano de obra supervisión directa							<b>12.55</b>
Mecánico especialista	Hh	7.0	50%	6.45	22.59	12.55		
2.0	<b>Materiales</b>							<b>49.39</b>
	Barra cónica 2'	Pp	266.0	25%	0.11	7.32	4.06	
	Barra cónica 4'	Pp	266.0	25%	0.12	7.98	4.43	
	Barra cónica 6'	Pp	266.0	25%	0.17	11.31	6.28	
	Barra cónica 8'	Pp	266.0	25%	0.19	12.64	7.02	
	Broca 40 mm	Pp	266.0	100%	0.15	39.90	22.17	
	Manguera 1''	ml	10.0		0.07	0.68	0.38	
	Manguera ½''	ml	10.0		0.03	0.33	0.18	
	Grapas y accesorios	Un	8.0		0.12	0.95	0.53	
	Aceite de perforacion	Gal	0.50		15.6	7.80	4.33	
3	<b>Implementos de protección personal</b>							<b>43.12</b>
	Para perforista	Und	4.0		12.07	48.28	26.82	
	Para ayudante	Und	3.0		9.78	29.34	16.30	
4	<b>Herramientas</b>							<b>4.86</b>
	Herramientas manuales		2.0		4.37	8.74	4.86	
5	<b>Equipos y maquinas</b>							<b>202.06</b>
	Equipo Alimak	Hm	7.0		46.35	324.43	180.24	
	Perforadora Stoper	Pp	266.0		0.13	34.58	19.21	
	Lámparas mineras	Hm	47.0		0.10	4.70	2.61	
6	<b>Voladura</b>							<b>132.46</b>
	Dinamita semexa 65% 7/8 X 7	Cart	144.0		0.68	97.92	54.40	
	EMULSION 1000 1 x 8	Cart	119.0		0.57	67.83	37.68	
	CARMEX	pza	34.0		1.54	52.36	29.09	
	IGNITER CORD	m	6.0		0.25	1.50	0.83	
	FULMINANTE ELECTRICO	pza	2.0		1.68	3.36	1.87	
	CINTA AISLANTE DE ¾ x 20 mts.	rollo	1.00		1.47	1.47	0.82	
	CINTA VULCANIZANTE No. 23, DE ¾ x 3 mts	rollo	0.5		13.28	6.64	3.69	
	TUBO PVC 1/2" x 6mts P/LUZ	pza	3.0		2.45	7.35	4.08	

8	<b>ACCESORIOS DE EQUIPO ALIMAK</b>							<b>17.92</b>
	Bracket (Ángulo)	Und	1.0		30.0	30.0	16.67	
	Espaciadores		1.0		25.0	25.0	13.89	
	Pernos con tuercas (3/4"x 2,5" ,3" y 5")	Jgo	10.0		2.50	25.0	13.89	
	Pernos de Anclaje	Und.	2.0		25.0	50.0	27.78	
<b>COSTO DIRECTO (US \$/ML)</b>								<b>699.75</b>
<b>IMPREVISTOS 3.0 %</b>								<b>20.99</b>
<b>UTILIDAD 10 %</b>								<b>69.98</b>
<b>COSTO TOTAL (US \$/ML)</b>								<b>790.72</b>

#### 4.1.9. Tiempo y costo de ejecución del proyecto

##### a. Traslado, montaje y desmontaje de equipo alimak

El tiempo de traslado y montaje considera en la adenda corresponde a 3 días de capacitación y 8 días en traslado y montaje

**Tabla 16.** Traslado, montaje y desmontaje del equipo Alimak

N°		Descripción	Unid.	Cant	P.U. (\$)
1		<b>Movilización e instalación de obra</b>			
	1.1	Movilización de Jaula Trepadora - Alimak a la Obra	Gbl	1.0	0.00
	1.2	Movilización de Personal (Dirección Técnica - Obreros Especializados) a la Obra	Gbl	1.0	1,000.0
	1.3	Movilización de Jaula Trepadora - Alimak al lugar de Origen	Gbl	1.0	0.00
	1.4	Movilización de Personal (Dirección Técnica - Obreros Especializados) al lugar de Origen	Gbl	1.0	1,000.00
	1.5	Afiliación e Inducción Personal (Obrero - Empleados) (Planilla Diaria)	días	3.0	4,966.69
2		<b>TRASLADO, MONTAJE Y DESMONTE DE JAULA TREPADORA - ALIMAK POR PROYECTO</b>			
	2.1	Traslado de Equipo a la Cámara de Estación	Gbl	1.0	364.72
	2.2	Montaje de Equipo Alimak y Alicab	Gbl	1.0	1,539.06
	2.3	Desmontaje de Equipo Alimak y Alicab	Gbl	1.0	2,565.11
	Total,		Gbl	1.0	11,435.58

##### b. Tiempo y costo de laboreo de la chimenea CH-720

- Longitud del proyecto (m) = 270.0

- Rendimiento (m/disp.) = 1.8
- Guardia /día = 2
- Imprevistos = 3%

$$\frac{\text{Tiempo}}{\text{ejecucion}} (\text{dias}) = \frac{270}{1.8 * 2} * 1.03 = 77.25 \text{ dias} \approx 78 \text{ dias}$$

$$\begin{aligned} \frac{\text{Costo}}{\text{Chimenea}} (\text{USD}) &= 790.72 \frac{\text{USD}}{\text{ml}} * 270 \text{ ml} \\ &= 213,494.4 \text{ USD} \end{aligned}$$

**c. Sostenimiento de CH-720**

**Costo de sostenimiento estándar con malla**

El costo unitario para el sostenimiento con malla está en base a 45.0 m2 de sostenimiento por guardia.

$$m2 \text{ proyecto CH} - 720 = \text{Perimetro} * \text{Longitud}$$

$$m2 \text{ proyecto CH} - 720 = 2 * 4 * 270 = 2,160 \text{ m}^2$$

**Tabla 17. Costo unitario de sostenimiento con malla**

N°	Descripción	Unidad	cantidad	% Incidenc	P.U. \$	Precio Parcial	Sub total	Total \$/m
<b>1</b>	<b>Mano de obra</b>							
	Mano de Obra Directa							
	Perforista Alimak	8.0	Hh	1.29	6.45	66.34	1.47	
	Perforista	8.0	Hh	1.29	6.07	62.44	1.39	
	Operador Alimak	8.0	Hh	1.29	5.69	58.54	1.30	
	Bodeguero	8.0	Hh	1.29	4.56	46.83	1.04	
	<b>DIRECCION TECNICA Y ADMINISTRACION</b>							
	Mecánico Especialista	8.0	Hh	1.29	14.49	149.00	3.31	8.51
<b>2</b>	<b>MATERIALES</b>							
	Manguera 1"	10.0	ml		0.07	0.68	0.02	
	Manguera 1/2"	10.0	ml		0.03	0.33	0.01	0.02
	<b>Materiales de Sostenimiento</b>							
	Malla Electrosoldada 4" x 4"	45.0	m2		2.85	128.21	2.85	
	Grampas de Fe Corrugado 3/8"	45.0	piezas		1.25	56.43	1.25	0.00
<b>3</b>	<b>IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD</b>							
	Implementos de Seguridad Perforistas	4.0	unidad		12.07	48.26	1.07	
	Implementos de Seguridad Ayudantes	2.0	unidad		9.78	19.56	0.43	1.51
<b>4</b>	<b>HERRAMIENTAS</b>							
	Herramientas Manuales 4% de M. y E.	1.5	Global					0.7
<b>5</b>	<b>EQUIPOS</b>							
	Equipo Alimak	2.0	Hm	1.0	46.35	92.69	2.06	
	Lámparas Mineras	40.0	Hm	1.0	0.10	4.17	0.09	2.15
<b>COSTO DIRECTO</b>								<b>12.27</b>
<b>IMPREVISTOS 3.0%</b>								<b>0.37</b>
<b>UTILIDAD 10.0 %</b>								<b>1.23</b>
<b>COSTO DIRECTO (U.S.\$ / M2)</b>								<b>13.86</b>

$$\text{Costo de sostenimiento} = 2,160 \text{ m}^2 * \frac{13.86 \text{ USD}}{\text{m}^2} = 29,937.6 \text{ USD}$$

### Costo de sostenimiento en zona de conexión

En este ítem calcularemos el costo principalmente de la zona de conexión respecto a los materiales empleados y mano de obra a usar.

Tiempo a emplear en esta parte del proyecto corresponde será a 30 guardias, equivalente a un rendimiento de 1 cimbra/guardia.

### Costo de mano de obra

**Tabla 18.** Costo de mano de obra

ítem	Descripción	Costo \$/Hr	Costo \$/Gdia
1	Perforista Alimak Perforista	6.45	64.53
2	Operador Alimak Bodeguero	6.07	60.74
3		5.69	56.94
<b>Total, \$</b>		<b>5.85</b>	<b>58.46</b>

Costo de mano de obra =  $58.46 * 30 = 1,753.8$  USD

### Costo de jaula trepadora alimak

**Tabla 19.** Costo de jaula trepadora alimak

ítem	Descripción	Costo \$/Hr	Costo \$/Gdia
1	Equipo Alimak	46.35	463.47
<b>Total, \$</b>		<b>46.35</b>	<b>463.47</b>

Costo de Jaula trepadora Alimak =  $463.47 * 30 = 13,904.1$

### Costo de materiales para sostenimiento en zona de conexión

**Tabla 20.** Costo de materiales para sostenimiento en zona de conexión

Material	Cantidad	Unidades	P.U. (\$)	P.U. Total (\$)
Cimbras normales	30	Unid.	410	12,300
Fe de ¾"	208	Unid.	9	1,872
Fe de 1"	64	Unid.	10	640
Cartuchos de resinas	336	Unid.	2.2	739
Cartuchos de cemento	752	Unid.	2.5	1,880
Planchas acanaladas	360	Unid.	1	360
Oxigeno m3	60	m3	0.15	9
Acetileno	20	m3	0.25	5
Soldadura	30	kg	0.25	8
Total,				17,813

*Costo en zona de conexion* = 1,753.8 + 13,904.1 + 17,813 = 33,470.9 USD

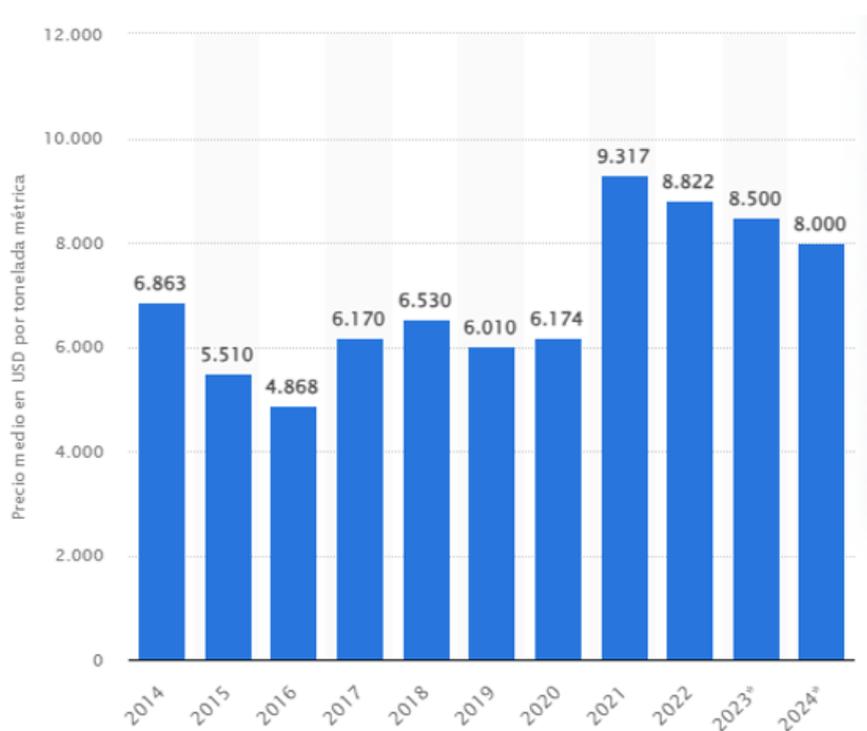
#### 4.1.10. Consideraciones para la evaluación económica

Para realizar una evaluación económica del proyecto se debe cuantificar las utilidades por lo cual es necesario conocer el precio del producto que se valorizara.

##### a. Cotización del precio del cobre

Para tener un valor con el cual considerar tomaremos un valor promedio correspondiente a los años 2022-2024 que es lo más próximo y cercano al valor actual: 8440.67 USD/TM

**Figura 27. Precio del cobre desde el 2014 -2024 (USD/TM)**



**b. Valorización de las reservas**

En el plan de minado se consideran las reservas de la veta Anita y veta Purísima teniendo los siguientes valores en toneladas métricas secas y ley.

**Tabla 21. Reservas de la veta Anita norte**

Veta Anita Norte	TMS	POTENCIA	% Cu
Reservas Probadas	90,000	0.8	4.50
Reservas Probables	300,000	0.8	4.50
Reservas Inferidas	350,000	0.8	5.00
Total Recursos	740,000	0.8	

**Tabla 22.** Reservas de la veta Anita sur

Veta Anita Sur	TMS	POTENCIA	% Cu
Reservas Probadas	8,346	1.2	3.50
Reservas Probables	17,398	1.2	3.50
Reservas Inferidas	17,398	1.2	3.50
Potencial	17,398	1.2	3.00
Total Recursos	60,540	1.2	

**Tabla 23.** Reservas de la veta Purísima

Veta Purísima	TMS	POTENCIA	% Cu
Reservas Probadas	50,000	0.8	4.50
Reservas Probables	200,000	0.8	4.50
Reservas Inferidas	250,000	0.8	5.00
Total Recursos	500,000	0.8	

**c. Vida de la mina**

Para la estimación se considera las reservas probadas y probables con el ponderado de ley obtenido del inciso anterior. La producción mensual de la minera es de 5,000 TMS (60,000 TMS anual).

**Tabla 24.** Total de reservas y ley de cobre

Veta	Reserva	TMS	% Cu
Veta Anita Norte	Reservas Probadas	90,000	4.50
	Reservas Probables	300,000	4.50
Veta Anita Sur	Reservas Probadas	8,346	3.50
	Reservas Probables	17,398	3.50
Veta Purisima	Reservas Probadas	50,000	4.50
	Reservas Probables	200,000	4.50
Total,		665,744	4.46

Fuente: Elaboración propia

$$Vida\ mina = \frac{665,744}{12 * 5000} = 11.1\ años$$

**d. Costos de operación**

Los costos de operación de la minera son en USD/TMS:

- Exploración 2.41
- Desarrollos y Preparación 3.10
- Explotación 16.94
- Costos Directos de Mina 7.30
- Beneficio 14.15
- Costos Directos de Planta 11.50
- Gastos Administrativos 5.60
- Gastos de Venta 7.80
- Gastos Financieros 5.65
- **TOTAL USD/TMS 74.45**

**e. Cálculo de ingresos por venta de concentrado**

De manera anual se tendrá una producción en rotura de 60,000 TMS, sin embargo, la recuperación metalúrgica es de 75% con una ley de 4.46% de Cu y la venta del concentrado será a 8440.67 USD/TM.

$$\frac{\textit{Produccion de concentrado}}{\textit{anual}} = 60,000 * 4.46\% * 75\% = 2,007 \textit{ TM}$$

$$\frac{\textit{Ingreso por ventas}}{\textit{anual}} = 2,007 * 8,440.67 = 16,940,424.69 \textit{ USD}$$

**f. Cálculo de costo de producción**

El costo de producción para 1 TMS es 74.45 USD, de manera anual se tendrá que invertir un monto para realizar la producción del concentrado de Cu.

$$\frac{\textit{Costo de produccion}}{\textit{anual}} = 60,000 * 74.45 = 4,467,000 \textit{ USD}$$

**Resultados económicos**

Para la evaluación económica como VAN, TIR, BC y Pay Back se realiza un flujo de caja con una tasa anual de 15%.

## Flujo de caja económico

**Tabla 25.** Flujo de caja económico

Año	Inversión proyecto (\$)	Ingresos por venta (\$)	Costo de producción (\$)	Utilidad operativa (\$)	Impuesto (\$)	Saldo final (\$)
Año 0	-288,338					-288,338
Año 1		16,940,425	4,467,000	12,473,425	3,742,027	8,731,397
Año 2		16,940,425	4,467,000	12,473,425	3,742,027	8,731,397
Año 3		16,940,425	4,467,000	12,473,425	3,742,027	8,731,397
Año 4		16,940,425	4,467,000	12,473,425	3,742,027	8,731,397
Año 5		16,940,425	4,467,000	12,473,425	3,742,027	8,731,397
Año 6		16,940,425	4,467,000	12,473,425	3,742,027	8,731,397
Año 7		16,940,425	4,467,000	12,473,425	3,742,027	8,731,397
Año 8		16,940,425	4,467,000	12,473,425	3,742,027	8,731,397
Año 9		16,940,425	4,467,000	12,473,425	3,742,027	8,731,397
Año 10		16,940,425	4,467,000	12,473,425	3,742,027	8,731,397
Año 11		16,940,425	4,467,000	12,473,425	3,742,027	8,731,397

La evaluación económica a una tasa de descuento anual de 15% da como resultado un VAN de 45,409.279 USD; una tasa interna de retorno de 3,028% y una relación beneficio costo de 3.75 a un periodo de recuperación de la inversión de 0.03 años (11 días), indicando que es rentable la construcción de la chimenea CH-720.

**Tabla 26.** Indicadores económicos de la CH-720

VAN (\$)	45,409,279
TIR (%)	3,028 %
PAYBACK (años)	0.03

### 4.2. Discusión de resultados

En relación a Aguilar (2022) en su tesis de título "Jaula trepadora alimak para mejorar la construcción de la chimenea Raise Climber 46 - NV.2870 - unidad minera San Andrés de minera Aurífera Retamas S.A. Año 2021" el diseño

de la forma de la chimenea aplicado en su proyecto es similar al planteado en la tesis, Aguilar plantea el uso de anillos de concreto en la instalación de cimbras espaciados 1.50m, mientras que el plan de construcción de la chimenea CH-720 plantea el uso de cimbras base en la secuencia de cimbras espaciados 1.20 m.

Aburto (2020) en su publicación “Eficiencia del equipo Alimak STH-5E en los costos de construcción de chimeneas en la empresa minera Sierra Antapite S.A.C.- 2019” presenta un costo de chimenea de sección 2mx2m en 437.29 USD/ml, mientras que en esta tesis se plantea un costo de 790.72 USD/ml debido a que los precios unitarios de los materiales, mano de obra y de la jaula Alimak son menores al que se tiene en la adenda de PU de la minera donde se hace la investigación, sin embargo ellos lo tienen estructurado a 150 ml mientras que la CH-720 tiene una longitud de 270 ml pero que puede ser empleado hasta 1000 ml de avance.

Según Vílchez y Vílchez (2015) en su trabajo “Estudio comparativo de construcción de chimeneas, por método convencional Ch. 340 SW y mecanizado con plataforma trepadora Alimak Ch. 480 SW, en la Zona Torre de Cristal de la Compañía Minera Raura S.A.” presentan un diseño de malla de la chimenea de 2.4mx2.4m similar al de la tesis respecto a la ubicación del arranque para la generación de la cara libre y cuidado de la zona donde se instala la jaula alimak, indicando que el uso de este método es óptimo para distancias superiores a 100 ml de ejecución de chimenea.

Medina (2020) en su publicación “Estudio comparativo técnico-económico de diseño de chimenea, caso chimenea Mina Pajonales (Manual-Alimak-Raise Boring)” indica que el uso de la jaula Alimak permite elaborar chimeneas de hasta 5m de diámetro y muestra el detalle de una chimenea de 3mx3m con un costo de 1,632.58 USD/ml que guarda relación con lo expuesto en esta tesis ya que tiene más sección al planteado; adicionalmente recomienda

la aplicación de este método y el de raise boring por seguridad, costo y rendimiento.

## CONCLUSIONES

- 1) La construcción de la chimenea se realizará en un periodo de 78 días (2.6 meses), sin embargo, el traslado, montaje y capacitación tomara 11 días, el sostenimiento reforzado en la zona de comunicación tomará un total de 15 días adicionales, teniendo una duración de 3.5 meses en total.3
- 2) La inversión correspondiente a la CH-720 es de USD 288,338 que con el actual ritmo de producción es recuperado en 0.03 años, ya que permitirá la continuidad de las operaciones de las reservas 665,744 ton en un total de 11 años de vida de la mina calculado.
- 3) El valor actual neto (VAN) que se obtendrá es de 45,409.279 USD ya que el costo de venta del cobre actual es 8440.67 USD/TM pero comparado a los años del 2020 hacia atrás está en un rango de 6,300 USD/TM lo cual no hubiera generado este indicador calculado.
- 4) La ejecución de la CH-720 es rentable con una relación beneficio / costo de 3.75 con un TIR de 3,028%.
- 5) La ejecución de la chimenea permitirá un ingreso de aire entre 30k – 40k CFM para la sección 2.0m x2.0, además la sección seleccionada como cuadrada es adaptable en caso se quiera usar como infraestructura en un futuro, ya que cuenta con sostenimiento reforzado en la zona de conexión permitiendo una durabilidad del proyecto.

## RECOMENDACIONES

- 1) Se recomienda realizar una evaluación económica con equipos alimak y materiales de operación como el presentado por Aburto con un PU que es 45% menor y que generaría una inversión menor al planteado en la tesis y mayor rentabilidad.
- 2) Se recomienda adecuar la CH-720 a una forma circular ya que esta geometría permite un mejor transporte del flujo de aire que la sección cuadrada.
- 3) Se recomienda la evaluación de otros materiales para el uso de sostenimiento reforzado en zonas de conexión más económicos como el presentado por Aguilar en su tesis utilizando anillos de concreto que le permitieron tener un espaciado de cimbras de 1.50 m comparado a un 1.20 m de espaciado propuesto en esta tesis que permitiría un menor uso en materiales.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aburto, M. (2020). *Eficiencia del equipo Alimak STH-5E en los costos de construcción de chimeneas en la empresa minera Sierra Antapite S.A.C. - 2019* [Tesis de título, Universidad Nacional San Luis Gonzaga]. Ica: Universidad Nacional San Luis Gonzaga. <http://repositorio.unica.edu.pe/handle/20.500.13028/3812>
- Aguilar, D. (2022). *Jaula trepadora alimak para mejorar la construcción de la chimenea Raise Climber 46 - NV.2870 - unidad minera San Andres de minera Aurifera Retamas S.A. Año 2021* [Tesis de título, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo]. Huaraz: Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/5249>
- BAENA , G. (2017). Metodología de la investigación. En G. E. PATRIA (Ed.).
- BERNAL, C. (2010). *Metodología de la investigación* (Tercera edición ed.). (P. Ingeoexpert. (18 de enero de 2019). *La minería subterránea: ¿En qué consiste?* Obtenido de <https://ingeoexpert.com/2019/01/18/la-mineria-subterranea-en-que-consiste/>
- HERNANDEZ, FERNANDES, BAPTISTA, R. (2014). *Metodología de la investigación* (sexta edición ed.). (M. e. S.A., Ed.)
- Jiménez, F. (2016). *Construcción de la chimenea de equilibrio en el proyecto hidroeléctrico Quijos mediante el método alimak* [Tesis de título, Escuela superior politécnica de Chimborazo]. Chimborazo: Escuela superior politécnica de Chimborazo. <http://dspace.epoch.edu.ec/handle/123456789/4923>
- Medina, C. (2020). *Estudio comparativo técnico-económico de diseño de chimenea, caso chimenea Mina Pajonales (Manual-Alimak-Raise Boring)* [Tesis de título, Universidad Andrés Bello]. Concepción: Universidad Andrés Bello. <https://repositorio.unab.cl/xmlui/handle/ria/22270>
- Ministerio de Renergia y Minas, D.S. 024 -2016. (2016). Reglamento de seguridad y salud en el trabajo. Lima: Diario El Peruano .

- MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS (MEM). (2017). Reglamento de seguridad y salud ocupacional en minería , D.S. N° 024-2016-EM, MODIFICADO POR D.S. N° 023-2017-EM.
- Ortiz, O., & Godelia, S. (2016). Espaciamiento óptimo de niveles y chimeneas en la explotación minera subterránea. *Rev. del Instituto de Investigación*, 19(37), 133-141.
- Quispe, H., & Mauricio, J. (2022). *Evaluación técnica y económica de la construcción de una chimenea nueva vs. la ampliación de pique ambos por el método Raise Climber en Minera Yanaquihua [Tesis de título, Universidad Continental]*. Huancayo: Tesis de título, Universidad Continental. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/12272>
- Quispe, M. (2020). *Evaluación geomecánica para el diseño de sostenimiento del Proyecto Chimenea Alimak en la Unidad Minera Pallancata - región de Ayacucho [Tesis de título, Universidad Nacional del Altiplano]*. Ayacucho: Universidad Nacional del Altiplano. <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3225304>
- SANCHEZ, REYES, H. (2006). *Metodología y Diseños en la Investigación Científica*. (E. V. Universitaria, Ed.) Lima.
- SANCHEZ, REYES, MEJIA, H. (2018). *Manual de terminos de investigacion cientifica, tecnologica y humanistica*. Lima.
- SUPO, CAVERO, F. (2014). *FUNDAMENTOS TEÓRICOS Y PROCEDIMENTALES DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA EN CIENCIAS SOCIALES*. (E. Universitario, Ed.)
- S&P. (17 de mayo de 2021). *Aplicación de la ventilación en la minería subterránea*. Obtenido de <https://www.solerpalau.com/es-es/blog/aplicacion-de-la-ventilacion-en-la-mineria-subterranea/>
- Vilchez, W., & Vilchez, L. (2015). *Estudio comparativo de construcción de chimeneas, por método convencional Ch. 340 SW y mecanizado con plataforma trepadora Alimak Ch. 480 SW, en la Zona Torre de Cristal de la Compañía Minera Raura*

S.A.[*Tesis de título, Universidad Nacional del centro*]. Puno: Universidad Nacional del centro. <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/3859>

Yepes, V. (08 de noviembre de 2013). *Construcción de chimeneas mediante la plataforma trepadora Alimak*. Obtenido de <https://victoryepes.blogs.upv.es/2013/11/08/plataforma-trepadora-alimak/>

## ANEXOS

### Instrumentos de Recolección de Datos

ESPECIFICACIONES PROYECTO CHIMENEA CH - 720	
PARAMETRO	DIMENSIONES
Inicio	NV 1385
Longitud	270 metros
Sección	2.0 m x 2.0 m.
Área	4.0 m <sup>2</sup>
Inclinación	90 °
Estocadas	8
Estocadas 1	EST-720 (1) – Nv. 1420
Estocadas 2	EST-720 (2) – Nv. 1450
Estocadas 3	EST-720 (3) – Nv. 1470
Estocadas 4	EST-720 (4) – Nv. 1490
Estocadas 5	EST-720 (5) – Nv. 1510
Estocadas 6	EST-720 (6) – Nv. 1530
Estocadas 7	EST-720 (7) – Nv. 1570
Estocadas 8	EST-720 (8) – Nv. 1610

Datos utilizados para el cálculo de Q de Barton

VARIABLE	VALOR
RQD	76
Jn índice diaclasado	4
Jr índice de rugosidad	4
Ja alteración de discontinuidades	2
Jw presencia de agua	1
SRF Condiciones tensionales	2.5

Cantidad total de materiales para armado de chimenea

<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidades</b>
Cimbras normales	26	Unid.
Fe de ¾"	208	Unid.
Fe de 1"	64	Unid.
Cartuchos de resinas	336	Unid.
Cartuchos de cemento	752	Unid.
Planchas acanaladas	360	Unid.
Oxigeno m3	60	m3
Acetileno	20	m3
Soldadura	30	kg

Parámetros de labor y actividad

<b>Parámetros</b>	<b>valor</b>	<b>Unidad</b>
Rendimiento	1.8	m
Longitud de barra	2.44	m
Longitud efectiva	2.13	m
Eficiencia de voladura	85 %	%
N° de taladros perforados	38	Taladros
N° de taladros disparados	34	Taladros
Densidad de roca	2.7	tn/m3
Volumen roto	7.2	m3
Hr efectiva/guardia	10.28	Hr/gdia
Tonelaje a limpiar	19.44	tn
Sección	4	m2
Sistema de trabajo	20x10	días
Pies perforados	266	pies

## Matriz de consistencia

Título “DISEÑO Y EVALUACIÓN DE CHIMENEAS ALIMAK PARA SISTEMAS DE VENTILACIÓN INDUSTRIAL EN LA MINA”.				
PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLES	METODOLOGIA
<p><b>Problema general</b> ¿Cómo debe Diseñarse un proyecto de ejecución de una chimenea Alimak eficiente y segura para sistemas de ventilación industrial considerando aspectos técnicos, estructurales en La Empresa Minera AGROMIN La Bonita S.A.C.?</p> <p><b>Problemas específicos</b></p> <p><b>Problema específico a</b> ¿Cuáles las condiciones geotécnicas del macizo rocoso para la ejecución de la chimenea Alimak en La Empresa Minera AGROMIN La Bonita S.A.C.?</p> <p><b>Problema específico b</b> ¿Cuáles son los parámetros técnicos óptimos en la ejecución de la chimenea Alimak, considerando aspectos como el diámetro, la altura, la inclinación y la distribución de las aberturas de extracción de aire?</p>	<p><b>Objetivo general</b> Diseñar un proyecto de ejecución de una chimenea Alimak eficiente y segura para sistemas de ventilación industrial considerando aspectos técnicos, estructurales en La Empresa Minera AGROMIN La Bonita S.A.C.</p> <p><b>Objetivos específicos</b></p> <p><b>Objetivo específico a</b> Determinar las condiciones geotécnicas del macizo rocoso para la ejecución de la chimenea Alimak en La Empresa Minera AGROMIN La Bonita S.A.C.</p> <p><b>Objetivo específico b.</b> Determinar los parámetros técnicos óptimos en la ejecución de la chimenea Alimak, considerando aspectos como el diámetro, la altura, la inclinación y la distribución de las aberturas de extracción de aire, en La Empresa Minera AGROMIN La Bonita S.A.C.</p>	<p><b>Hipótesis General</b> El diseño óptimo de un proyecto de ejecución de una chimenea Alimak para sistemas de ventilación industrial considerando aspectos técnicos, estructurales permitirá ejecutar su ejecución en una forma más adecuada, en La Empresa Minera AGROMIN La Bonita S.A.C.</p> <p><b>Hipótesis específicas</b></p> <p><b>Hipótesis específica a</b> Si se tiene en cuenta las condiciones geotécnicas del macizo rocoso facilitará la correcta ejecución de la chimenea Alimak en La Empresa Minera AGROMIN La Bonita S.A.C.</p> <p><b>Hipótesis específica b</b> Determinando los parámetros técnicos óptimos como el diámetro, la altura, la inclinación y la distribución de las aberturas de extracción de aire dará como resultado una chimenea Alimak más eficiente, en La Empresa Minera AGROMIN La Bonita S.A.C.</p>	<p><b>Identificación de variables</b></p> <p><b>Variables para la hipótesis general</b> <b>V.I.</b> Diseño óptimo de chimeneas Alimak <b>V.D.</b> Ejecución adecuada</p> <p><b>Variables para la hipótesis específicas</b></p> <p><b>Variables para la hipótesis específica a</b> <b>V.I.</b> Condiciones geomecánicas <b>V.D.</b> Ejecución correcta</p> <p><b>Variables para la hipótesis específica b</b> <b>V.I.</b> Parámetros técnicos óptimos <b>V.D.</b> Chimeneas más eficientes</p>	<p>-Tipo de I. aplicativo.</p> <p>-Nivel de I. Descriptivo, analítico</p> <p><b>Diseño de I.</b> no experimental</p> <p><b>muestra</b> se centrará en el desarrollo de la chimenea 720 realizada por J &amp; R MINING S.A.C.</p>