

**Universidad Nacional de Ingeniería**  
**Facultad de Ingeniería Geológica Minera y Metalúrgica**




TESIS

**Optimización del ciclo de producción de chimeneas con equipo**  
**Alimak**

Para obtener el título profesional de Ingeniero de Minas


Elaborado por

Álvaro Augusto Herrera Huachuhuilca

 0000-0003-2686-0802

Asesor

MBA. Eder León Salazar Dulanto

 0000-0002-1400-3144

LIMA – PERÚ

2023

---

Citar/How to cite	Herrera Huachuillca [1]
Referencia/Reference	[1] A. Herrera Huachuillca, " <i>Optimización del ciclo de producción de chimeneas con equipo Alimak</i> " [Tesis de pregrado]. Lima (Perú): Universidad Nacional de Ingeniería, 2023.
Estilo/Style: IEEE 2020)	

---



---

Citar/How to cite	(Herrera, 2023)
Referencia/Reference	Herrera, A. (2023). <i>Optimización del ciclo de producción de chimeneas con equipo Alimak</i> . [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio institucional Cybertesis UNI.
Estilo/Style: APA (7ma ed.)	

---

### ***Dedicatoria***

Esta tesis se la dedico a mis padres Mario y  
Leonarda por estar siempre conmigo  
apoyándome incansablemente para lograr las  
metas que me he propuesto en el ámbito  
académico y personal.

## **Agradecimientos**

En primer lugar, agradezco a Dios por siempre cuidar de mí y mi familia. En segundo lugar, agradezco a mis profesores por las enseñanzas impartidas en las aulas y por el apoyo e interés en el presente trabajo de investigación, particularmente al MBA. Ing. Salazar Dulanto, Eder León y al Ing. Víctor Hernández Díaz, por sus apoyos con su experiencia para este trabajo y disponibilidad para atender las consultas que se pudieron presentar, para lograr esta memoria.

Por último, pero no menos importante, a mi familia sin la cual no podría estar donde estoy hoy. A mis padres, por sus enseñanzas, cariño y conversaciones interesantes.

## Resumen

El presente trabajo de tesis presenta un análisis técnico – económico comparativo de los métodos de construcción convencional y mecanizado con plataforma trepadora Alimak para una chimenea de ventilación, en cuya construcción se realizó para una mina subterránea. La investigación se realizó a partir de la siguiente interrogante: ¿Qué método de construcción de chimeneas se realizará en minería subterránea, y cuál es el más idóneo para su aplicación?, Estableciendo como objetivos: describir los métodos de construcción de chimeneas que se vienen aplicando actualmente en minas subterráneas, como son las labores de preparación, desarrollo y seleccionar el más adecuado para su aplicación en mineras subterráneas. Teniendo como hipótesis: el método de construcción de chimeneas mecanizado con plataforma trepadora Alimak, es el más adecuado para su aplicación en minería subterránea; en cuanto a la investigación el método es científico, de tipo aplicada y descriptiva, de diseño descriptivo. Se concluye que la ejecución de chimeneas por el método mecanizado con plataforma trepadora Alimak es la más indicada y segura, de acuerdo a los factores técnicos, seguridad en el trabajo y económicos.

Palabras claves — Chimeneas, Alimak, plataforma trepadora, minería subterránea.

## **Abstract**

This thesis work presents a comparative technical-economic analysis of the conventional and mechanized construction methods with Alimak climbing platform for ventilation a chimney, taking as a practical case the construction of a double compartment chimney, in which case is for a subsurface mining. The research was carried out based on the following question: Which chimney construction method will be applied in subway mining, and which is the most adequate for its application in subsurface mining, establishing as objectives: to detail the chimney construction methods that are currently being applied in subway mines, such as preparation works, and to select the most adequate for its application in subsurface mining. Having a hypothesis: the mechanized chimney construction method with Alimak climbing platform is the most adequate for its application in subsurface mining; as for the research, the method is scientific, applied, descriptive and evaluative, of descriptive design. It is concluded that the construction of chimneys by the mechanized method with Alimak climbing platform is the most suitable, according to technical, work safety and economic factors.

Keywords — Chimneys, Alimak, Creeper platform, Subsurface mining.

## Tabla de Contenido

	Pág.
Resumen .....	v
Abstract .....	vi
Introducción .....	xiii
Capítulo I. Parte Introdutoria del trabajo.....	1
1.1. Generalidades .....	1
1.2. Descripción del problema de investigación .....	2
1.2.1. Problema principal de Investigación.....	2
1.2.2. Problemas Específicos.....	3
1.3. Objetivos del estudio.....	3
1.3.1. Objetivo General .....	3
1.3.2. Objetivos Específicos.....	3
1.4. Formulación de la Hipótesis .....	3
1.4.1. Hipótesis General .....	3
1.4.2. Hipótesis Específicas .....	3
1.5. Antecedentes.....	4
1.5.1. Antecedentes internacionales .....	4
1.5.2. Antecedentes nacionales .....	5
1.6 Matriz de Consistencia.....	7
Capítulo II. Marcos teórico y conceptual.....	8
2.1. Método de construcción de las chimeneas.....	8
2.1.1. Método convencional de construcción de chimeneas.....	8
2.1.2. Construcción de chimeneas con plataforma trepadora Alimak .....	9
2.2. Las chimeneas en el Perú.....	13
2.3. Ventilación subterránea en minas .....	14
2.3.1. Necesidades de la ventilación.....	14
2.3.2. Composición del aire en la mina .....	15

2.4. Marco Conceptual.....	16
2.4.1. Definición de términos básicos.....	16
2.4.2. Geología general .....	16
Capítulo III: Desarrollo del trabajo de investigación .....	18
3.1. Recolección de datos.....	18
3.1.1. Técnica de recolección de datos:.....	18
3.1.2. Instrumento de recolección de datos:.....	18
3.2. Procesamiento de información.....	19
3.2.1. Procesamiento de datos para la chimenea .....	24
3.2.2. Procesamiento de datos para equipo Alimak .....	30
3.3. Geología regional.....	44
3.3.1. Estratigrafía .....	44
3.3.2. Rocas intrusivas.....	45
3.3.3. Estructuras.....	46
3.4. Geología local.....	46
3.4.1. Litología .....	46
3.4.2. Intrusivo .....	46
3.4.3. Alteración.....	46
3.4.4. Mineralización .....	47
3.4.5. Zonamiento.....	47
3.4.6. Controles de mineralización .....	48
3.5. Geología económica.....	48
3.6. Reservas de mena y recursos minerales .....	50
3.7. Geografía de la región minera.....	52
3.7.1. Ubicación geográfica.....	52
3.7.2. Accesibilidad .....	53
3.7.3. Clima .....	54
3.7.4. Medio ambiente biológico .....	55



3.8. Objeto y tipos de chimenea.....	56
3.9. Método de construcción de chimeneas .....	57
3.10. Construcción convencional de chimeneas .....	57
3.11. Construcción mecanizada de chimeneas con equipo Alimak .....	58
3.11.1. Consideraciones en la elección del equipo Alimak para chimeneas.....	58
3.11.2. Recomendación del uso del equipo Alimak en operación .....	59
Capitulo IV. Análisis y discusión de resultados .....	62
4.1. Discusión de resultados .....	62
4.1.1. Hipótesis General .....	62
4.1.2. Hipótesis específicas.....	63
4.2. Cuadro comparativo de los tiempos de ejecución .....	65
4.3. Cuadro comparativo de los costos .....	65
Conclusiones .....	68
Recomendaciones .....	69
Referencias bibliográficas.....	70

## Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1: Matriz de consistencia.....	7
Tabla 2: Ciclos de operación.....	20
Tabla 3: Datos de campo en los tiempos de subida.....	20
Tabla 4: Datos de campo en los tiempos de bajada.....	21
Tabla 5: Número de carril vs tiempo de subida .....	22
Tabla 6: Espaciamiento de los taladros.....	25
Tabla 7: Factor de roca.....	25
Tabla 8: Factor de carga.....	26
Tabla 9: Distribución de explosivos para volar rocas .....	27
Tabla 10: Distribución de personal para la chimenea.....	28
Tabla 11: Costo unitario de excavación de chimenea de 1.20 x 2.40 m.....	29
Tabla 12: Componentes de la plataforma trepadora Alimak.....	33
Tabla 13: Distribución de explosivos.....	36
Tabla 14: Rendimientos de la perforación de los taladros.....	37
Tabla 15: Carguío de taladros.....	37
Tabla 16: Rendimientos de las voladuras .....	37
Tabla 17: Etapas al efectuarse la voladura en equipos Alimak .....	38
Tabla 18: Distribución de personal para la plataforma Alimak.....	38
Tabla 19: Costo unitario de excavación de chimenea de 2.50 x 2.50 m.....	39
Tabla 20: Características de la plataforma Alimak modelo STH – 5E .....	40
Tabla 21: Cuadro de resumen de los beneficios del equipo Alimak .....	42
Tabla 22: Cuadro comparativo: método convencional vs. equipo Alimak .....	44
Tabla 23: Relación entre toneladas métricas secas y rango de potencias .....	50
Tabla 24: Resumen de recursos minerales.....	51
Tabla 25: Resumen de reservas de mena .....	51
Tabla 26: Accesibilidad a la mina.....	53

Tabla 27: Caudales máximos alcanzados.....	55
Tabla 28: Ventajas del equipo Alimak .....	59
Tabla 29: Contrastación de la hipótesis general.....	62
Tabla 30: Contrastación de la hipótesis específica 1.....	63
Tabla 31: Contrastación de la hipótesis específica 2.....	64
Tabla 32: Tiempo de ejecución para equipo convencional.....	65
Tabla 33: Tiempo de ejecución para equipo Alimak.....	65
Tabla 34: Costos para equipo convencional .....	66
Tabla 35: Costos para equipo Alimak .....	66
Tabla 36: Costo con equipo Alimak, chimeneas con diámetros de 1.80 m.....	66

## Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1: Fases de construcción de las chimeneas con equipo Alimak .....	10
Figura 2: Construcción de las chimeneas con equipo Alimak.....	12
Figura 3: Construcción de chimeneas empleando equipo Alimak .....	13
Figura 4: Tiempo de subida con equipo Alimak.....	21
Figura 5: Tiempo de bajada con equipo Alimak .....	21
Figura 6: Esquema de una chimenea de doble compartimento.....	24
Figura 7: Partes de una plataforma trepadora Alimak .....	30
Figura 8: Malla cuadrada de 2.5 x 2.5 m.....	34
Figura 9: Unidad propulsora por motor eléctrico Modelo STH – 5.....	41
Figura 10: Plataforma de trabajo.....	42
Figura 11: Rango de potencias por toneladas métricas secas .....	49
Figura 12: Exploración, recursos minerales y reservas de mena .....	50
Figura 13: Minera Contonga – Localización geográfica.....	52

## Introducción

La tesis titulada: “Mejoramiento del ciclo de trabajo de las chimeneas con equipo Alimak”, se ha desarrollado con el fin de mejorar los procesos que realizan las chimeneas empleando para ello el equipo Alimak.

La presente tesis para efectos prácticos está conformada en cuatro (4) capítulos: en el capítulo I, Generalidades, se desarrolla los antecedentes tanto internacionales como nacionales, la descripción del problema, los objetivos y las hipótesis; el capítulo II es eminentemente el marco teórico – conceptual del trabajo de tesis donde se enfoca en la búsqueda de información ya sea en libros, revistas y/o tesis de pregrado o posgrado concerniente al tema tratado en la presente tesis. Del mismo modo, en cuanto al marco conceptual, se hizo la búsqueda de conceptos referidos a la terminología empleada en el trabajo de investigación. El capítulo III tiene como tema central el desarrollo del trabajo de investigación, el cual consiste en el análisis geológico a nivel regional, local, económico, los yacimientos minerales, entre otros aspectos. Asimismo, se hace la descripción de la mina, es decir, conocer su ubicación, accesibilidad, clima y el medio ambiente que lo rodea. Finalmente, en el capítulo IV se redacta los análisis y resultados está. Posterior a ello, se redacta las conclusiones y recomendaciones (posibles soluciones en la optimización de las chimeneas).

# Capítulo I. Parte Introductoria del trabajo

## 1.1. Generalidades

La presente tesis titulada “Mejoramiento del ciclo de trabajo de las chimeneas con equipo Alimak” tiene como alcance de estudio de investigación aplicada la cual busca la solución de una problemática la cual es la deficiencia de las chimeneas que actualmente se usan en algunos campamentos mineros, lo que a menudo conlleva a un mal funcionamiento de los equipos de chimeneas y su probable actualización por parte de la tecnología. Las chimeneas en los yacimientos mineros son vitales para que se prosigan las operaciones en mina; sin embargo, en minas subterráneas, no siempre ha ocurrido del todo bien, dado que ha generado pérdidas económicas y, sobre todo, problemas en la toma de decisiones para elegir un equipo u otro. Asimismo, este estudio trata de explicar las razones porque se debe emplear la tecnología Alimak y sus beneficios no solo a nivel financiero – económico, sino también en el aspecto de la seguridad y salud ocupacional de los trabajadores durante las operaciones de minado. Esta dificultad que sufre la empresa minera en Huari, se da producto de una mal eficiencia en los equipos de chimeneas dentro de las minas lo cual hace cuesta arriba realizar operaciones dentro de los yacimientos. A través del empleo de la plataforma trepadora Alimak para las chimeneas se busca encontrar una reducción de los costos de operación, mejores eficiencias de trabajo y, sobre todo, que sea un aporte para futuras investigaciones que tengan las mismas dificultades y se encuentren en los mismos o parecidos escenarios. La tesis busca que, de un aporte a futuras investigaciones, analizando la raíz del problema, y que soluciones son las más viables, como el empleo de la tecnología Alimak, que sean rentables, es decir, proyectos económicamente viables que permita la financiación completa del proyecto y de la instalación de los equipos y, por último, que no generen un impacto en la economía y finanzas de la compañía minera. La presente tesis espera que sea un aporte valioso de información para futuros egresados de ingeniería de minas y afines.

## **1.2. Descripción del problema de investigación**

Las operaciones de mina que se hacen en el subsuelo conllevan a diversos riesgos que las empresas mineras afrontan día a día. Para ello, el empleo de equipos convencionales puede no ser tan efectiva como se espera debido a que se deben de cumplir los trabajos en las operaciones de minado. Del mismo modo, estos al ser mal empleados traen como consecuencia mayores gastos operativos para la empresa. A su vez, los equipos convencionales para las chimeneas no han estado resultando como se esperaba, afectando las finanzas de la compañía. Más aun esto puede empeorar si el estudio geológico realizado no es lo suficientemente aceptable. La mina en cuestión ha tenido dificultades con el empleo de chimeneas convencionales dado que las operaciones con estas eran bastante riesgosas, demandando tiempo y esto a la larga causaba retrasos en sus proyectos. También, existió el riesgo de que falle y como tal, puede generar un problema en la integridad física de los trabajadores que laboran ahí, como por ejemplo la falla de los equipos de ventilación o también la falla de suministro de agua o quizá por el acceso que debe tener. Por otro lado, ha estado existiendo fallas e incumplimiento de las labores mineras subterráneas con los equipos de chimeneas que se han empleado. Las labores mineras han generado retrasos en los tiempos de ejecución de las obras, todas estas causados por las chimeneas que no funcionan de forma adecuada y eficiente. Las chimeneas convencionales, por tanto, han generado un detrimento en las operaciones mineras, por lo cual se necesita mejorar y/u optimizar los procesos para que, de esta forma, la compañía no se perjudique en el aspecto financiero. Asimismo, ha existido el riesgo latente, muy aparte en los incumplimientos y retrasos en la ejecución de chimeneas, las condiciones de trabajo, la seguridad y la velocidad o rapidez en la ejecución de proyectos han empeorado e incluso han causado problemas en la mina.

Por tanto, se puede plantear lo siguiente:

### ***1.2.1. Problema principal de Investigación***

¿En qué medida el inadecuado avance de las chimeneas incide en los avances de los frentes de desarrollo y deficiente ventilación de la mina?

### **1.2.2. Problemas Específicos**

¿Cuáles son las causas y consecuencias de un incumplimiento en los tiempos de ejecución de una chimenea?

¿En qué medida un inadecuado incumplimiento de avances de las chimeneas incide en el bajo rendimiento de los equipos?

### **1.3. Objetivos del estudio**

A continuación, se detallan los objetivos tanto general como los específicos que se desean alcanzar en el desarrollo de la presente tesis.

#### **1.3.1. Objetivo General**

- Mejorar el ciclo de avance de las chimeneas con equipo Alimak.

#### **1.3.2. Objetivos Específicos**

- Mejorar los tiempos de ejecución de las chimeneas mediante el sistema mecanizado (equipo Alimak).

- Mejorar los avances de chimeneas Alimak para el cumplimiento de la producción de la mina.

### **1.4. Formulación de la Hipótesis**

A continuación, se detallan las hipótesis tanto generales como específicas que se desean comprobar mediante el desarrollo de la presente tesis.

#### **1.4.1. Hipótesis General**

- Con la utilización de los equipos Alimak, influirá en mejorar los ciclos de avance en las chimeneas.

#### **1.4.2. Hipótesis Específicas**

- Con la utilización del equipo mecanizado (equipo Alimak), mejorará los tiempos de ejecución de las chimeneas.

- Con el cumplimiento de ejecución de chimeneas Alimak influirá en el cumplimiento de la producción de la mina.

Identificación y clasificación de las variables:



La presente tesis tiene como variables de estudio, según la investigación llevada a cabo las siguientes:

- Variable independiente: Equipo Alimak.

Dado que el eje de estudio es sobre el empleo del equipo mecanizado de construcción de chimeneas Alimak, este resulta ser la variable independiente.

- Variables dependientes: Ciclo de avance, tiempos de ejecución y producción de la mina

Mejorar el ciclo de producción es la variable dependiente pues resulta de la comparación entre el empleo del equipo mecanizado Alimak (de mayor eficiencia) con respecto al equipo convencional (de menor eficiencia).

## **1.5. Antecedentes**

### ***1.5.1. Antecedentes internacionales***

Bayas V. et al (2015), "Análisis geomecánico del macizo rocoso para la construcción de la chimenea Glory Hole mediante el sistema Alimak" tuvo como objetivo hacer un sistema de excavación para una chimenea a través de un sistema mecánico de levantamiento Alimak para transportar los minerales en Ecuador. El material transportado era calizo y considerando para ello los patrones de seguridad adecuada que se rigen en la política interna de la empresa. La recolección de datos a nivel geotécnico, las pruebas de ensayo de resistencia de materiales, sus correspondientes interpretaciones de sus resultados y el mismo diseño de excavación fueron útiles en cuanto a cumplir con los objetivos de investigación trazado y de esa forma resolver la problemática deficiencia en esos materiales de chimeneas que hasta ese entonces se usaban. Como recomendación, es necesario realizar un mapeo geotécnico conforme se esté llevando a cabo la excavación y de esa forma hacer que los soportes donde se apoyan la construcción sean los más seguros.

Jiménez R. (2016), "Construcción de la chimenea de equilibrio en el proyecto hidroeléctrico Quijos mediante el método Alimak", tuvo como objetivo general evaluar el proceso de construcción de la chimenea empleando tecnología Alimak para un proyecto

hidroeléctrico Quijos en Napo, Ecuador. Para ello, se llevó a cabo un sondeo vertical hecho en la chimenea con el fin de evaluar la parte geomecánica y geotecnia de los materiales empleados, y a la vez para el análisis y clasificación de los macizos rocosos. Todo esto conllevó a determinar cuáles serían los parámetros para un adecuado sostenimiento en las diversas litologías que se encontraron. De ese modo, se llega a describir como la tecnología Alimak es aplicable, considerando parámetros técnicos para la construcción de chimeneas. También se evaluó los diseños de la malla perforación, la voladura y perforación misma, los ciclos de carga y transporte de material mineralizado y/o rocoso, entre otros aspectos, siendo el más resaltante, los de seguridad en la construcción y protección al medio ambiente. Como conclusión, la aplicación de la metodología Alimak para la construcción y diseño de chimenea fue útil para rocas tipo II, III, IV y V, cumpliéndose todos los estándares de trabajo minado y la eficiencia de trabajo y de las operaciones.

#### ***1.5.2. Antecedentes nacionales***

Huamani H. et al (2012), "Construcción de chimeneas por método convencional y plataforma Alimak en la mina Raúl, 2011 perteneciente a la empresa minera condestable S. A. C.", tuvo como objetivo elaborar una comparación en la construcción de la chimenea por métodos tradicionales con una empleando la tecnología Alimak (plataforma trepadora Alimak), de donde se evaluó la metodología de la misma construcción, los diseños, alcances, costos, eficiencias de trabajo para cada equipo, y sobre todo, las limitaciones que esto conllevó. Los resultados arrojaron que lo que se buscaba pretender es elegir cual es el mejor equipo, ya sea el convencional o de Alimak, lo cierto fue que, al evaluarse y compararse, para ello debió ser el proyecto más viable enfocándose en los tiempos de ejecución, seguridad, y, sobre todo, los costos operativos que esto conlleva. Como antecedentes de estudio, este proyecto se basó en las excavaciones de chimeneas de forma ascendente empleando el equipo Raise Climber. La conclusión fue que el mejor proyecto fue la construcción de chimeneas empleando tecnología Alimak.

Chiroque Y. et al (2012), "Sistema electromecánico para recuperación de chimeneas Raise Borer, chimenea RB12" tuvo como objetivo la recuperación de chimeneas de tipo Raise Borer con el fin de mejorar la ventilación dentro de la mina, así como también la iluminación eléctrica, neumática y tuberías de agua y de relleno hidráulico dado que con esos mejoran la actividad minera. Dado que se requiere ventilación dentro de la mina, se diseña el proyecto de ventilación llamado Raise Borer RB 12, lo cual permite circular el aire y se extiende a 700 m verticales cuya inversión llega a la suma de 1.2 millones de dólares. Las dimensiones de la chimenea RB – 12A construida empleando el equipo Raise Borer son: Longitud de 230 m, diámetro de 2.4 m, superficies curvas, entre otros. Dada esta problemática, se llevó a cabo el sistema electromecánico para recuperar la chimenea RB 12, llegándose a cumplir los objetivos y sin ningún tipo de accidente e incidente laboral. Todo este proyecto tuvo un costo de 70 mil dólares lo cual cubrió el diseño, fabricación, instalación y sostenimiento para un tiempo de 4 meses. Como antecedentes de estudio, este proyecto se basó en la aplicación del sistema electromecánico que permite recuperar y sostener las chimeneas Raise Borer RB 12. 1.6.

## 1.6 Matriz de Consistencia

Tabla 1

Matriz de consistencia

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	Metodología
<b>Problema General</b>	<b>Objetivo General</b>	<b>Hipótesis General</b>			<b>Enfoque de investigación:</b>
¿En qué medida el inadecuado avance de las chimeneas incide en los avances de los frentes de desarrollo y deficiente ventilación de la mina?	Mejorar el ciclo de avance de las chimeneas con equipo Alimak.	Con la utilización de los equipos Alimak, influirá en mejorar los ciclos de avance en las chimeneas.	<b>Variable 1: (Variable independiente)</b> El equipo Alimak.	<b>Técnica de recolección de datos:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Observación directa.</li> <li>▪ Entrevistas no estructuradas.</li> <li>▪ Revisión documental.</li> </ul>	Cuantitativo
<b>Problemas Específicos</b>	<b>Objetivos Específicos</b>	<b>Hipótesis Específicas</b>			<b>Tipo de investigación:</b>
¿Cuáles son las causas y consecuencias de un incumplimiento en los tiempos de ejecución de una chimenea?	Mejorar los tiempos de ejecución de las chimeneas mediante el sistema mecanizado (equipo Alimak).	Con la utilización del equipo mecanizado (equipo Alimak), mejorará los tiempos de ejecución de las chimeneas.	<b>Variable 2: (Variables dependientes)</b> Ciclo de avance Tiempos de ejecución producción de la mina	<b>Instrumento de recolección de datos:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Lista de cotejos.</li> <li>▪ Trabajo de campo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Según la orientación: Investigación Aplicada.</li> <li>▪ Según el alcance de investigación: Investigación descriptiva – explicativa.</li> </ul>
¿En qué medida un inadecuado incumplimiento de avances de las chimeneas incide en el bajo rendimiento de los equipos?	Mejorar los avances de chimeneas Alimak para el cumplimiento de la producción de la mina.	Con el cumplimiento de ejecución de chimeneas Alimak influirá en el cumplimiento de la producción de la mina.			<b>Diseño de investigación:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Experimental.</li> <li>▪ Semi experimental</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia.

## Capítulo II. Marcos teórico y conceptual

### 2.1. Método de construcción de las chimeneas

#### *2.1.1. Método convencional de construcción de chimeneas*

De acuerdo a Zuni (2015), el método convencional es un procedimiento de construcción donde se lleva a cabo a través de puntales que son como líneas de avanzada sobre el cual deben extenderse unas tablas que sirven como apoyo, es decir, suelen ser las plataformas. Para realizar este tipo de chimeneas convencionales, se emplea para la perforación una máquina neumática stopper, barrenas de alrededor entre 4 a 6 pies con brocas trepadoras de hasta 40 mm de diámetro. Cuando se realiza este tipo de procedimiento, la longitud que debe tener la chimenea debe ser de 20 m, considerando el hecho de que se puede realizar la construcción de chimeneas más profundas, pero a medida que la profundidad va creciendo, se requiere 2 chimeneas gemelas, esencialmente por razones de seguridad.

Por otro lado, el aire comprimido empleado a través de mangueras de a lo sumo 30 m de 1 pulgada de diámetro es esencial. Del mismo modo, cuando la longitud de la chimenea se superior a 30 m es necesario considerar la instalación de tuberías de 1 pulgada. (Zuni, 2015).

Para el suministro de agua, se requiere mangueras de ½" de diámetro y cuya longitud debe ser hasta los 30 m; sin embargo, cuando la longitud de la chimenea resulta ser mucho mayor de los 30 m, se usa tuberías de 1 pulgada.

Cuando no se tiene agua suficiente para la perforación y/o la presión no es suficiente se utiliza botellas de agua, que son recipientes metálicos ubicados en la galería, donde se llena de agua y luego se conecta la manguera de aire comprimido para impulsar hasta la perforadora. (Zuni, 2015).

Por otro lado, es fundamental tener en cuenta el Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería (DS No 055-EM-2010), de lo cual en su artículo 258°, indica que para realizar la perforación de chimeneas convencionales superiores a 20 metros de

longitud se realizará empleando para ello 02 compartimientos independientes: El primer compartimento será para el tránsito de personal (obreros e ingenieros), y el segundo compartimento, será para el echadero, es decir, de los desperdicios de los materiales rocosos, rocas mineralógicas, entre otras. Asimismo, se exceptúan las chimeneas preparadas con medios mecánicos en este caso especial; sin embargo, para las chimeneas cuyas formas sean como el "H", el procedimiento a seguir, según el aspecto ingenieril, debe llevarse a cabo comunicándose cada 20 metros, es decir, que cada 20 metros habrá un pase de comunicación entre ambos compartimentos. (Franco, 2019).

**2.1.1.1. Diseños técnicos en chimeneas convencionales.** Siguiendo la misma línea y con ello cumplir con los aspectos técnicos para las chimeneas empleando el método convencional, en general, debe realizarse este procedimiento a lo sumo cuando se alcance los 50 metros de profundidad y medidas longitudinalmente, dado que si se realiza el método convencional para profundidades mayores a 50 metros, el costo será muy elevado tanto que el rendimiento de las actividades mineras subterráneas decaerá, considerándose que debe limpiarse en todo momento el compartimento que se utiliza para los echaderos. Esto se acrecienta más si supera los 100 m de profundidad por lo que debe construirse chimeneas mellizas tipo o en forma de H (chimeneas en H), en el cual se puede decir que son chimeneas simples de un solo compartimento todas de las cuales se encuentran separadas de 10 a 15 metros, comunicándose cada 20 m mediante un pasaje o también conocido, como subnivel. Es por ello que tiene 2 compartimentos, así como también para avanzar se requiere colocar un tapón o ramfla.

Asimismo, según Franco (2019), para diseñar chimeneas convencionales se hace necesario conocer ciertos parámetros tales como: La longitud de la chimenea, la sección areal de la misma, el buzamiento de la veta de mina, y no menos importante, el tipo de roca a considerar que se encuentra en dicha zona geológica.

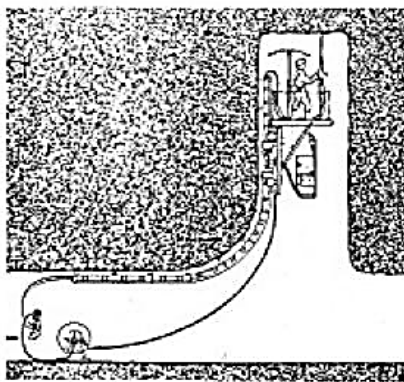
### **2.1.2. Construcción de chimeneas con plataforma trepadora Alimak**

De acuerdo a Yepes (2013), la plataforma trepadora ALIMAK inicio sus operaciones en el año de 1957, cuando se realizaban perforaciones de chimeneas en terrenos donde

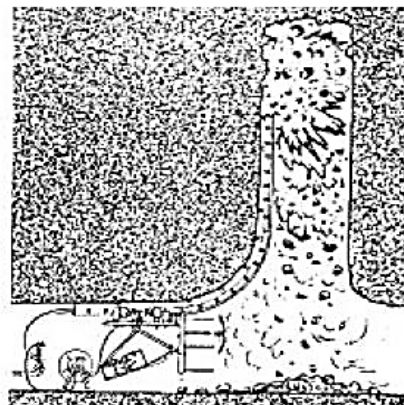
el acceso era difícil. Para ello, se requirió un nivel de trabajo justo en el subsuelo. La plataforma trepadora Alimak es un instrumento donde la metodología de aplicación es flexible como también económico, de hecho, está conformado por las siguientes partes: plataforma de trabajo, carril guía, motores, jaula y elementos auxiliares. Para elevar la plataforma se necesita hacerlo mediante el carril guía accionados por motores de accionamiento. Luego, el carril se fija a la roca a través de pernos de anclaje; las tuberías de agua y aire, la ventilación y el riego se encuentran en la parte interna del carril guía con el fin de protegerlos, pero, ¿Cómo se construyen las chimeneas? En efecto, estas tienen unas fases en la construcción mostradas líneas abajo y con su correspondiente imagen.

**Figura 1**

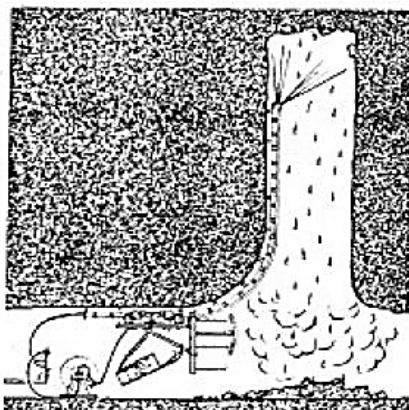
*Fases de construcción de las chimeneas con equipo Alimak*



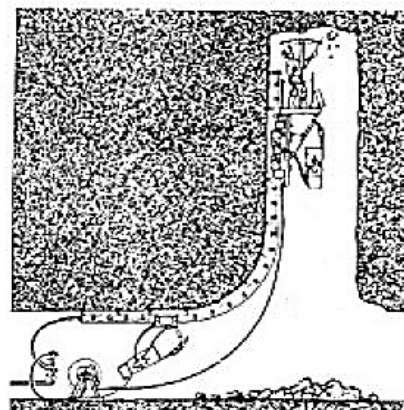
**1. Perforación y carga de barrenos**



**2. Descenso de la plataforma y voladura**



**3. Ventilación y riego**



**4. Elevación de la plataforma y saneo del techo**

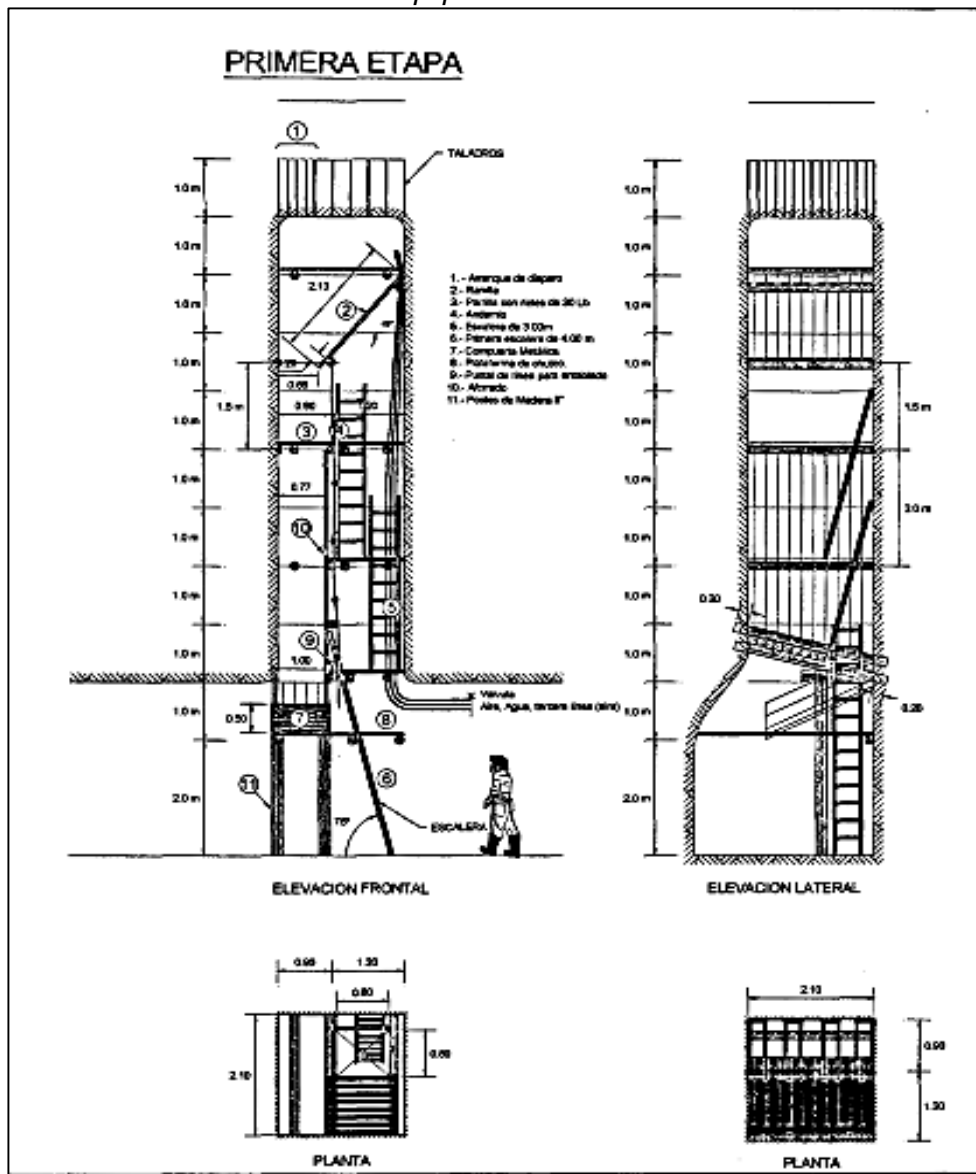
Fuente: <https://victoryepes.blogs.upv.es/2013/11/08/plataforma-trepadora-alimak/> (Construcción de chimeneas mediante la plataforma trepadora Alimak)

**2.1.2.1. Características de la chimenea con equipo Alimak.** La máquina Alimak es una plataforma o jaula trepadora que sube la chimenea por una cremallera empernada a la pared y debido a su gran flexibilidad, economía y velocidad se utiliza para la excavación de chimeneas y piques. Es habitual encontrar chimeneas cuando se realizan a profundidades inclinadas entre 60° hasta 90°. Por otro lado, en minerías subterráneas, la jaula trepadora Alimak, es muy útil a la fecha, más aún cuando no se tiene acceso superior. Para la construcción de la chimenea propuesta y en función a las características que este presenta y de la geología, se eligió una plataforma trepadora Alimak, modelo STH-SE de propulsión eléctrica, que consta de dos unidades propulsoras con un motor eléctrico cada una. (Franco, 2019).



Figura 2

Construcción de las chimeneas con equipo Alimak



Fuente: <https://repositorio.unsa.edu.pe/server/api/core/bitstreams/e75435af-66dd-4441-85c8-ce42b45fad26/content> (Construcción de chimenea de equilibrio con plataforma elevadora Alimak)

Entonces, las fases de la construcción son 4, según Yepes (2013):

1. Perforación y carga de las barrenas.
2. Descenso de la plataforma y voladura.
3. Ventilación y riego.
4. Elevación de la plataforma y saneo del techo.

### Figura 3

*Construcción de chimeneas empleando equipo Alimak*



Fuente: <https://victoryepes.blogs.upv.es/2013/11/08/plataforma-trepadora-alimak/> (Construcción de chimeneas mediante la plataforma trepadora Alimak)

## 2.2. Las chimeneas en el Perú

De acuerdo a Soria (2013), en el Perú la explotación por Chimeneas ha estado aplicándose por varios años, así por ejemplo se puede mencionar en la mina Atacocha, ubicada el noreste de Cerro de Pasco. En este caso, aplicando este método de explotación en esa mina, particularmente evaluar los macizos rocosos y mineralizados de esa zona, se llegó a la conclusión de que son favorables debido principalmente por las características tantas geomecánicas y geológicas. Para esta mina, el tipo de explotación fue empleando el “Raise Mining” o explotación por chimeneas de donde se usó taladros largos y horizontal,

pero lo dificultoso fue en ingresar a una geología irregular debido a la sedimentación de los macizos rocosos. En tal sentido, se procuró cumplir las condiciones de la mina Atacocha, siendo lo siguiente, según Soria (2013):

- Procurar una mayor seguridad durante las operaciones de mina.
- Mejorar y tener supervisado los controles de la dilución en niveles esperados.
- Obtener bajos de inversión y en la preparación de la misma.
- Tener una producción elevada y mucho más rápida de lo que se tenía inicialmente.

### **2.3. Ventilación subterránea en minas**

De acuerdo a Seguridad Minera, se tiene que:

La ventilación de una mina consiste en el proceso de hacer pasar un flujo de aire considerable y necesario para crear las condiciones óptimas para que los trabajadores se encuentren en una atmósfera agradable, limpia y sin gases. (Seguridad Minera, 2020, párr. 2)

Las minas subterráneas deben contemplar el hecho de que estas deben estar ventiladas para que la supervivencia en esas zonas sean las más óptimas posible. Para ello, lo importante es hacer que fluya aire dentro y también su expulsión.

#### ***2.3.1. Necesidades de la ventilación***

Para mayor comodidad en la mina, se requiere que exista una mayor circulación de aire dentro de la mina subterránea debido a las siguientes razones que deben de tomarse en cuenta:

- Presencia de oxígeno en el entorno de la mina subterránea como mínimo para que las personas puedan respirar en el interior.
- Expulsar los gases o diluirlos, especialmente aquellos que sean tóxicos o asfixiantes, incluso también pueden incluirse los que son gases explosivos.
- Es necesario ventilar las minas subterráneas para hacer que dicha zona se aclimate dado que mientras más profunda es, la temperatura aumenta,

considerando que las maquinarias y equipos empleados hacen que el entorno también se caliente.

### ***2.3.2. Composición del aire en la mina***

La atmósfera de la mina debe tener una composición, temperatura, grado de humedad, entre otros, óptimos para desarrollar una labor con seguridad, salud y que se obtengan altos rendimientos de los trabajadores. (Seguridad Minera, 2020).

El aire de la atmósfera está constituido de:

- N<sub>2</sub>: 78% Volumen.
- O<sub>2</sub>: 20.86% Volumen (21%).
- CO<sub>2</sub>: 0.20% Volumen.
- Argón: 0.93% Volumen.
- Otros gases: 0.01% Volumen.

Otras impurezas que contiene el aire provienen de:

- Humos y gases de voladura.
- Gases de las mismas formaciones geológicas.
- Polvo de las labores mineras.

Los principales contaminantes de la atmósfera minera son:

- CO Monóxido de carbono.
- CO<sub>2</sub> Gas carbónico.
- CH<sub>4</sub> Metano.
- H<sub>2</sub>S Ácido sulfhídrico.
- NO -NO<sub>2</sub> Gases nitrosos.
- SO<sub>2</sub> Anhídrido sulfuroso.
- Polvos de roca.
- Radón y minerales radiactivos.

## **2.4. Marco Conceptual**

### **2.4.1. Definición de términos básicos**

- a. Geomecánica: Mecánica y comportamiento de las rocas.
- b. Sostenimiento: Refuerzos para dar estabilidad a la roca en minas subterráneas.
- c. Altiplano: Geoforma de origen erosivo y llano.
- d. Chimenea: Equipo trepador ayuda en las operaciones mineras subterráneas.
- e. Horno: Horno de cuba vertical para la producción de hierro.
- f. Descarpe: Limpieza de material de arrastre o rodado por la veta.
- g. Cirenita: Material rocoso piro plástico formado por ceniza volcánica en medio continental.
- h. Polimetálico: Presencia de minerales diferentes en una roca.
- i. Dragar: Excavación bajo el agua de un depósito aluvial.
- j. Eón: Unidad geocronológica de mayor intervalo de tiempo geológico.
- k. Facies: Cambio lateral de una unidad estratigráfica
- l. Piñón: Ruedas dentadas, insertados dentro mecanismos de engranajes y ruedas que permiten el movimiento del Alimak sobre los rieles.
- m. Potencia: Distancia vertical entre el techo y la base de un cuerpo rocoso mineralizado.
- n. Veta: Cuerpo de roca tabular o laminar que atraviesa cualquier roca, generalmente para intrusiones ígneas como los cuarzos o las calcitas.

### **2.4.2. Geología general**

La Unidad Primaria Contonga Nyrstar S.A. es un yacimiento Polimetálico tipo skarn de reemplazamiento metasomático de contacto, con mineralización de Cobre, Zinc, como sulfuros y minerales accesorios de plomo, bismuto, plata y molibdeno, donde a su vez se explota dichos minerales.

En el área de Contonga, existen stocks cuarzo monzoníticos y dacíticos de edad Miocénica que instruyen a las calizas del Cretáceo, en cuyos contactos se forma mineralización polimetálica de Zn - Pb - Ag – Cu, reemplazando con ello a los calcosilicatos

y en brechas hidrotermales. Asimismo, la mineralización de Pb - Ag se ha emplazado en los niveles superiores del yacimiento, mientras que en profundidad incrementa la mineralización de Zn – Cu, lo cual resulta favorable para la empresa minera.

## **Capítulo III: Desarrollo del trabajo de investigación**

### **3.1. Recolección de datos**

#### ***3.1.1. Técnica de recolección de datos:***

La técnica a emplear es la observación directa, dado que se recabará información a las acciones o actividades mineras dentro de la mina subterránea, es decir, a la acción de presenciar las actividades en las labores mineras, de este modo, se recopilará los datos y características en la construcción de las chimeneas, donde es aplicable el sistema mecanizado Alimak.

Del mismo modo, también fueron necesarios las entrevistas no estructuradas donde se entrevistó al personal de trabajo con la meta de obtener la información suficiente sobre las actividades mineras realizadas en campo.

Por otro lado, también se hizo una revisión documental apoyándose en referencias bibliográficas e informes documentarios todo con el fin de conseguir la mayor información posible.

#### ***3.1.2. Instrumento de recolección de datos:***

El instrumento a emplear es una lista de cotejos donde a través de la formulación de preguntas previamente evaluadas y diseñadas, se procede a corroborar que tan cierto es en la realidad. Se realiza mediciones de cómo está funcionando el sistema mecanizado Alimak, así como también de la eficiencia de trabajo de estos equipos son medidos y verificados para ponerlos a punto; lo que significa se hacen pruebas experimentales de campo de cómo deberían implementar las chimeneas Alimak y cómo trabajan bajo esas condiciones de clima en el trabajo.

La data se recolectó a través de la observación directa, las entrevistas y de la revisión documental de reportes documentarios, para ello fue necesario el uso del Office tales como el Microsoft Excel, Word y también el AutoCAD para la elaboración del informe, tablas y gráficos.

El procedimiento que conllevó a recoger la información fue a través del trabajo de campo, donde se enfocaba en obtener información y registro de datos que realiza las máquinas Alimak dentro de la mina subterránea y de la construcción del equipo mecanizado Alimak, empleando los equipos necesarios para su construcción y su mismo funcionamiento.

Finalmente, se hizo un trabajo de oficina o de gabinete donde consistió en la elaboración experimental de los datos obtenidos y recogidos previamente y su correspondiente evaluación y redacción del informe.

### **3.2. Procesamiento de información**

La Unidad Minera Contonga - Empresa minera los Quenuales S.A como todas las empresas mineras viene laborando en minas subterráneas en donde el cual la investigación se realizó entre ciertos niveles de profundidad para probar los equipos mecanizados Alimak, siendo esta zona la que cuenta con las condiciones favorables en geomecánico y estructuras para la instalación de estos equipos. Desde ese lugar, se obtuvo la data necesaria que será procesada para su correspondiente análisis.

Para tal fin, toda esta información se procesó en programas estadísticos para obtener las tablas y gráficos correspondientes para los análisis respectivos, procurando el cuidado y de los manejos de los resultados obtenidos, todas estas recopiladas en las tablas y los gráficos, para su evaluación.



**Tabla 2***Ciclos de operación*

<b>TIEMPOS</b>	Min.	Max.
Ventilación Cámara CH-079	15	20
Limpieza y carga de Herramientas sobre el Alimak	15	30
Encendido de motor	5	10
Subida con Alimak	12	16
Desatado de Rocas Sueltas	10	25
Anclado de Carril	40	60
Sostenimiento con Split Set	45	60
Perforación de taladros	170	240
Bajada con Alimak	10	15
Subida con Alimak más explosivos	12	16
Carguío de Explosivos y Accesorios	40	60
Bajada con Alimak	10	15
Chispeo	2	5
<b>TIEMPO TOTAL (Minutos)</b>	<b>386</b>	<b>572</b>
<b>TIEMPO EFECTIVO (Horas y minutos)</b>	<b>6 h 26 min.</b>	<b>9 h. 32 min.</b>

Fuente: Elaboración propia.

## Observaciones:

- El rango de tiempo medido para subida y bajada con el Alimak es para un número de [55-70] carriles.
- Estos tiempos considérense efectivos, se obvian los tiempos muertos (almuerzo, descanso breve, problemas de aire).
- La hora de comienzo en Labor CH-079 (sin retraso por capacitación o inducción) varía entre las 7:40 a 8:20 am.

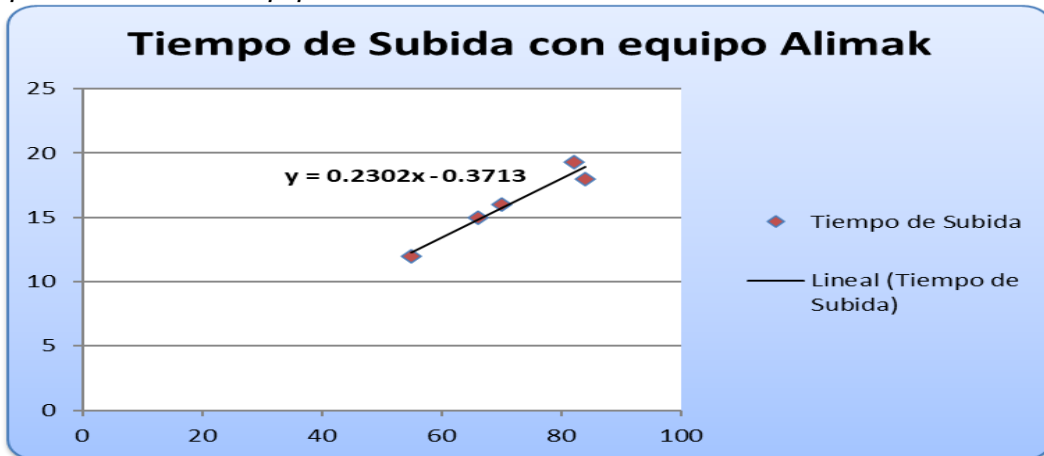
**Tabla 3***Datos de campo en los tiempos de subida*

<b>N° de Carril</b>	<b>Tiempo de Subida</b>
55	12
66	15
70	16
82	19.33
84	18

Fuente: Elaboración propia

**Figura 4**

*Tiempo de subida con equipo Alimak*



$$y = 0.2302x - 0.3713$$

Esta ecuación de tiempo de subida se cumple para  $(90 > x > 18)$  carriles)

**Tabla 4**

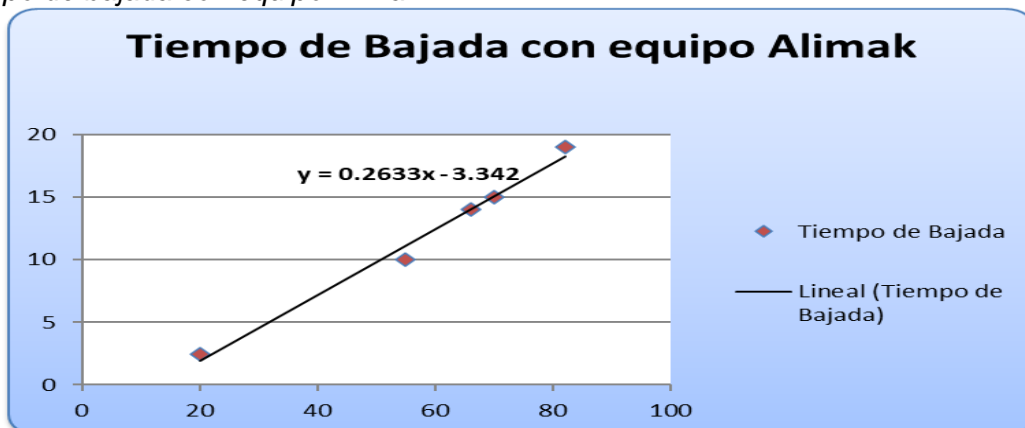
*Datos de campo en los tiempos de bajada*

Nº de Carril	Tiempo de Subida
20	2.45
55	10
66	14
70	15
82	19

Fuente: Elaboración propia

**Figura 5**

*Tiempo de bajada con equipo Alimak*



$$y = 0.2633x - 3.342$$

Esta ecuación de tiempo de bajada se cumple para  $(90 > x > 20)$  carriles)

**Tabla 5***Número de carril vs tiempo de subida*

N° de Carril	Tiempo de Subida	Tiempo de bajada
5	0.78	-2.0255
6	1.01	-1.7622
7	1.24	-1.4989
8	1.47	-1.2356
9	1.70	-0.9723
10	1.93	-0.709
11	2.16	-0.4457
12	2.39	-0.1824
13	2.62	0.0809
14	2.85	0.3442
15	3.08	0.6075
16	3.31	0.8708
17	3.54	1.1341
18	3.77	1.3974
19	4.00	1.6607
20	4.23	1.924
21	4.46	2.1873
22	4.69	2.4506
23	4.92	2.7139
24	5.15	2.9772
25	5.38	3.2405
26	5.61	3.5038
27	5.84	3.7671
28	6.07	4.0304
29	6.30	4.2937
30	6.53	4.557
31	6.76	4.8203
32	7.00	5.0836
33	7.23	5.3469
34	7.46	5.6102
35	7.69	5.8735
36	7.92	6.1368
37	8.15	6.4001
38	8.38	6.6634
39	8.61	6.9267
40	8.84	7.19
41	9.07	7.4533
42	9.30	7.7166
43	9.53	7.9799
44	9.76	8.2432
45	9.99	8.5065
46	10.22	8.7698
47	10.45	9.0331
48	10.68	9.2964
49	10.91	9.5597
50	11.14	9.823
51	11.37	10.0863
52	11.60	10.3496
53	11.83	10.6129
54	12.06	10.8762
55	12.29	11.1395
56	12.52	11.4028
57	12.75	11.6661
58	12.98	11.9294
59	13.21	12.1927
60	13.44	12.456
61	13.67	12.7193
62	13.90	12.9826
63	14.13	13.2459
64	14.36	13.5092

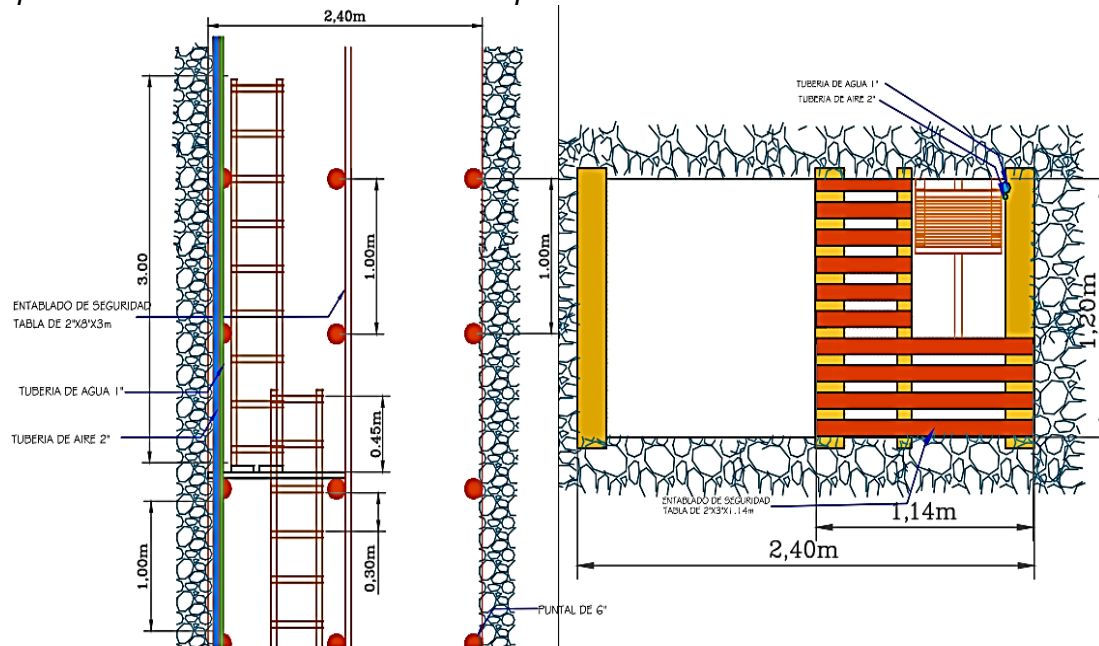
N° de Carril	Tiempo de Subida	Tiempo de bajada
65	14.59	13.7725
66	14.82	14.0358
67	15.05	14.2991
68	15.28	14.5624
69	15.51	14.8257
70	15.74	15.089
71	15.97	15.3523
72	16.20	15.6156
73	16.43	15.8789
74	16.66	16.1422
75	16.89	16.4055
76	17.12	16.6688
77	17.35	16.9321
78	17.58	17.1954
79	17.81	17.4587
80	18.04	17.722
81	18.27	17.9853
82	18.51	18.2486
83	18.74	18.5119
84	18.97	18.7752
85	19.20	19.0385
86	19.43	19.3018
87	19.66	19.5651
88	19.89	19.8284
89	20.12	20.0917
90	20.35	20.355
91	20.58	20.6183
92	20.81	20.8816
93	21.04	21.1449
94	21.27	21.4082
95	21.50	21.6715
96	21.73	21.9348
97	21.96	22.1981
98	22.19	22.4614
99	22.42	22.7247
100	22.65	22.988
101	22.88	23.2513
102	23.11	23.5146
103	23.34	23.7779

Fuente: Elaboración propia.

Para el diseño de chimeneas convencionales, esta considera los parámetros: longitud, sección, buzamiento de la veta y/o inclinación deseada y el tipo de roca. Para el presente estudio la chimenea tendrá una sección de 4' x 8' (1.20 m x 2.40 m), es decir una chimenea doble compartimiento y tendrá una longitud máxima de 50 m. La chimenea en este caso servirá como ventilación, por lo tanto, se dividirá en dos partes mediante entablado como puede verse en la figura 6.

**Figura 6**

*Esquema de una chimenea de doble compartimento*



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería (DS N° 023 - 2017 EM) indica que la perforación de chimeneas convencionales de más de 20 m de longitud deberá hacerse utilizando dos compartimentos independientes: uno para el tránsito del personal y otro como echadero. Exceptuando las chimeneas realizadas por medios mecánicos. Por estándar, la chimenea por método convencional en general es hasta 50 m de longitud. Para longitudes mayores el método resulta costoso y de bajo rendimiento, además del mantenimiento constante del entablado en el lado del echadero.

### **3.2.1. Procesamiento de datos para la chimenea**

La chimenea es perforada con perforadora neumática stopper, usando barrenos de 4 pies de longitud, diámetro de 38 mm y una longitud de 50 m. Tratándose de roca dura, el trazo de perforación es el corte quemado y cuya malla obedece al siguiente cálculo:

Calculo teórico del número de taladros:

$$P = (S)0.5 \times 4$$

$$Nt = P / dt + (C \times S)$$

Donde:

Nt: Número de taladros

P: Perímetro de la sección (m<sup>2</sup>)

S: Sección de la chimenea a excavarse (m)

dt: Espaciamiento de los taladros del perímetro

C: Coeficiente o factor de roca.

Asimismo, se muestra el espaciamiento de los taladros y el factor de roca.

**Tabla 6**

*Espaciamiento de los taladros*

Espaciamiento (dt)	Tipo de roca
0.50 – 0.55	Roca dura
0.60 – 0.65	Roca intermedia
0.70 – 0.75	Roca suave

Fuente: Unidad Minera Contonga

**Tabla 7**

*Factor de roca*

Coeficiente (C)	Tipo de roca
2.0	Roca dura
1.5	Roca intermedia
1.0	Roca suave

Fuente: Unidad Minera Contonga

Como la sección transversal de una chimenea de doble compartimiento tiene forma rectangular, esto resulta ser:

$$S = \text{Ancho} \times \text{Alto}$$

$$S = 1.2 \times 2.4 = 2.88 \text{ m}^2$$

Pero con roca dura, esto resulta ser:

$$P = 2.88 \times 4 = 11.52 \text{ m}$$

$$dt = 0.5$$

$$C = 2$$

$$Nt = (11.52 / 0.5) + (2 \times 2.88) = 23.04 + 5.76 = 28.8 \approx 29 \text{ taladros}$$

Más 10 % de los taladros de contorno:

$$\text{Taladros adicionales} = 10 \% \times 20 = 2 \text{ taladros}$$

$$\text{Número total de taladros} = 20 + 2 + 1 \text{ (Taladro de alivio)} = 23 \text{ taladros}$$

### Tabla 8

#### Factor de carga

Tipo de roca	Factor de carga (Kg / m <sup>3</sup> )
Muy difícil	1.50 - 1.80
Difícil	1.30 - 1.50
Fácil	1.10 - 1.30
Muy fácil	1.00 - 1.20

Fuente: Unidad Minera Contonga

Para calcular del número de cartuchos por taladro, consideramos un factor de carga para una roca muy difícil ( $f_c = 1.8 \text{ Kg / m}^3$ ).

Cálculo de la cantidad de explosivo por disparo ( $Q_c$ ):

$$\text{Volumen} = 2.88 \times 1.2 = 3.46 \text{ m}^3$$

$$Q_c = 1.8 \times 3.46 = 6.23 \text{ Kg explosivo}$$

Cantidad de explosivo por taladro ( $Q_t$ ):

$$Q_t = 6.23 / 22 = 0.28 \text{ Kg explosivo}$$

Cantidad de cartuchos por taladro, considerando cartuchos de dinamita semexa 65

% de 7/8" 7":

$$\text{Peso por cartucho} = 0.081 \text{ Kg}$$

$$\text{Numero de cartuchos / taladro} = 0.28 / 0.081$$

$$\text{Número de cartuchos / taladro} = 3.45$$

$$\text{Número de cartuchos / taladro} \approx 4 \text{ cartuchos / taladro}$$

**Tabla 9***Distribución de explosivos para volar rocas*

Para roca dura		Cartucho / Taladro 65 %	Taladros	Dinamita (Kg)
Nomenclatura	Fanel	7/8" 7"		
Alivio			1	
Corte	1R	5	4	1.62
Primera ayuda	2R	4	4	1.30
Segunda ayuda	3R	3	4	0.97
Taladros laterales	4R	3	2	0.49
Taladros contorno	5R	2	12	1.94
Total			27	6.32

Fuente: Elaboración propia

Para la iniciación se empleará cordón detonante 3P más guía de seguridad y fulminante N° 6.

El material volado cae hacia el buzón por el lado de la chimenea que sirve como echadero, previamente está entablado. Del buzón el material es descargado a los carros mineros para su traslado hacia superficie y/o sirve como relleno detrítico, dependiendo del contenido metálico, puesto que la chimenea de doble compartimiento se construye sobre veta. Para el avance de la chimenea se coloca puntales en avance que a su vez sirve de sostenimiento, en caso de encontrarse roca incompetente se sostendrá con cuadros completos, toda la sección de la chimenea. Después de realizado el disparo, la chimenea se ventilará mediante aire comprimido, para cuyo efecto la manguera de aire se dejará a 5 m del tope y luego del encendido de los taladros cargados se abrirá la válvula respectiva. El equipo de perforación consta de una máquina perforadora stopper y barrenos integrales de 3 y 6 pies, además se tendrá las respectivas mangueras de aire de 1" de diámetro y de agua de 1/2" de diámetro. La perforadora antes de la voladura se trasladará debajo de la ramfla para evitar que sea dañado por el disparo. Para la colocación de puntales se dispondrá de una patinadora neumática y que será operado por el maestro perforista.

El personal que opera en la chimenea de doble compartimiento es:



**Tabla 10**

*Distribución de personal para la chimenea*

Ocupación	Cantidad
Maestro perforista	1
Ayudante perforista	1
Capataz	1
<b>Total</b>	<b>3</b>

Fuente: Unidad Minera Contonga

Los rendimientos obtenidos en el avance de la chimenea mediante el método convencional son los siguientes:

$$\text{Longitud de perforación} = 1.20 \text{ m}$$

$$\text{Longitud real de avance/disparo} = 1.14 \text{ m}$$

$$\text{Eficiencia de la voladura} = 1.14 / 1.20 = 95\%$$

$$\text{Factor de carga} = 6.32 \text{ Kg} / 3.46 \text{ m}^3 = 1.83 \text{ Kg/m}^3$$

Cálculo del factor de potencia:

$$\text{Factor de potencia} = \text{Kg de explosivo} / \text{Tonelaje volado}$$

$$\text{Tonelaje volado} = 3.46 \text{ m}^3 \times 2.7 \text{ TM} / \text{m}^3 = 9.34 \text{ TM}$$

$$\text{Factor de potencia} = 6.32 \text{ kg} / 9.34 \text{ TM}$$

$$\text{Factor de potencia} = 0.68 \text{ Kg} / \text{TM}$$

Los costos unitarios, para la construcción de una chimenea de doble compartimiento, se detallan en la tabla siguiente:

**Tabla 11**

*Costo unitario de excavación de chimenea de 1.20 x 2.40 m*

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio US\$	Parcial US\$	Total, US\$
<b>1. MANO DE OBRA</b>					
Maestro perforista	HH	8.00	2.80	22.40	
Ayudante Perforista	HH	8.00	2.00	16.00	
Maestro enmaderador	HH	4.00	2.80	11.20	
Ayudante enmaderador	HH	4.00	2.00	8.00	
Bodeguero	HH	1.00	1.50	1.50	
Capataz	HH	2.00	3.00	6.00	65.10
<b>2. BARRENOS Y BROCAS</b>					
Barreno helicoidal de 3 pies	M	13.11	0.18	2.36	
Barreno helicoidal de 4 pies	M	13.11	0.24	3.15	
Broca de botones de 38 mm	M	26.22	0.19	4.98	10.49
<b>3. EXPLOSIVOS Y ACCESORIOS</b>					
Dinamita 65 %	Kg	6.32	1.90	12.01	
Faneles con microretardo	Pieza	22.00	1.28	28.16	
Cordón detonante	M	4.60	0.15	0.69	
Guía de seguridad	M	2.00	0.10	0.20	
Fulminante N° 6	Und	1.00	0.12	0.12	41.18
<b>4. EQUIPO DE PERFORACIÓN</b>					
Máquina perforadora Stopper	HM	6.00	10.00	60.00	
Maquina patinadora	HM	1.50	3.00	4.50	
Manguera jebe 1"	M	1.20	0.15	0.18	
Manguera jebe 1/2"	M	1.20	0.10	0.12	
Compresora neumática de 1000 CFM	HM	4.00	30.00	120.00	184.80
<b>5. SOSTENIMIENTO</b>					
Puntales de madera de 6"	M	7.20	5.00	36.00	
Tablas de 2" x 8 "	M	8.00	6.00	48.00	
Escalera de madera	M	1.00	20.00	20.00	104.00
<b>6. OTROS</b>					
Equipos de protección personal	Tarea	1.00	0.90	0.90	
Lámparas mineras	Tarea	1.00	2.90	2.90	
Herramientas manuales	%MO	5.00	5.37	26.85	30.65
<b>TOTAL</b>					<b>436.22</b>
<b>Metros de avance / Disparo</b>					<b>1.14</b>
<b>COSTO POR METRO (US\$ / M)</b>					<b>382.65</b>

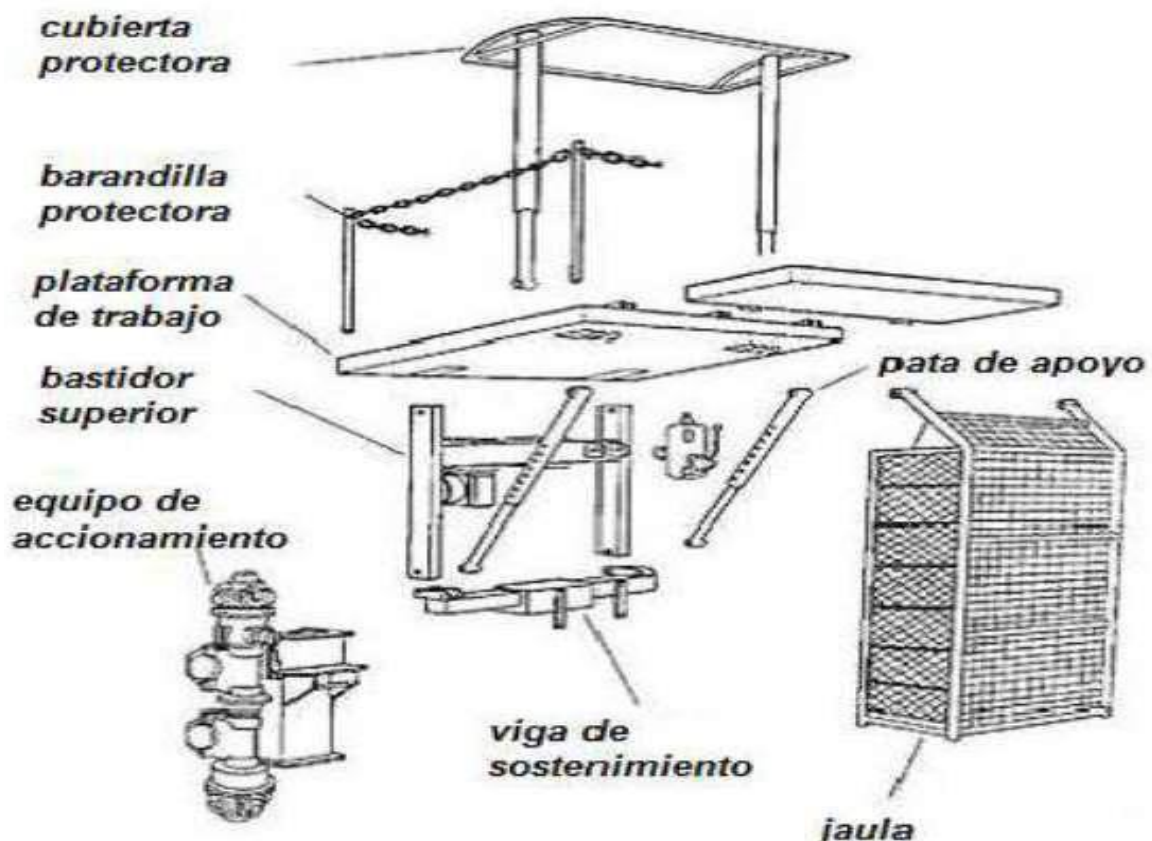
Fuente: Elaboración propia

### 3.2.2. Procesamiento de datos para equipo Alimak

Los equipos Alimak constan de ciertas partes tales como los frenos de la plataforma trepadora (sistema de zapatas que al accionar actúan sobre la transmisión del motor para poder controlar su velocidad), los radios (medio de comunicación entre el personal que está en la plataforma principal y la cámara de montaje); el tablero de control (instalado cerca de la plataforma trepadora, comprende mandos para la conexión y desconexión de la corriente principal); y el regulador automático de tensión (al realizar la excavación resulta difícil obtener la tensión suficiente para el motor eléctrico debido a la caída de tensión, causando problemas de arranque del motor, por ello es necesario tener una elevada tensión y luego reducirlo depara no dañar el motor). Ver figura 7.

**Figura 7**

*Partes de una plataforma trepadora Alimak*



Fuente: Manual Alimak

En el presente estudio, se toma como muestra la Chimenea 079, fue realizada con equipo Alimak de sección 2.5 x 2.5 m y longitud 206 m.

Se ubica entre los niveles 100 y (-) 100. En su comunicación del nivel 50 tiene instalado un ventilador extractor secundario de 30000 CFM y en el nivel 100 se instaló otro ventilador de 30000 CFM, los cuales ambos extraen el aire viciado de la profundización y lo direcciona a las chimeneas RB3 y RB2 de sus receptivos niveles. Adicionalmente se tiene una comunicación en los niveles (-) 50 y (-) 75 para la extracción de aire viciado de los tajeos. El limitante de esta chimenea es que solo llega al nivel 100, y para usarla se utilizaran ventiladores extractores que con manga o ayuda de tapones comuniquen a las chimeneas RB2 y RB3, y poder extraer el aire viciado por estos circuitos. Su diseño debe contar con una infraestructura de instalación, desplazamiento de personal y recepción de la carga en la base de la chimenea. Las cámaras pueden diseñarse y construirse en una galería o crucero, o en un subnivel. Las cámaras serán independientes y servirán para el tránsito del personal y para la limpieza de la carga producto de la voladura de la chimenea mediante un scoop.

Cálculo de los componentes para la ejecución de la chimenea

Cálculo del número de carriles de 2 m:

$$N^{\circ} \text{ carriles} = (L_{ch} - L_{ee} - \text{Cantidad de carril de seguridad} \times L_{es}) / 2$$

Donde:

L<sub>ch</sub>: longitud de la chimenea = 50 m

L<sub>es</sub>: longitud del carril de seguridad = 2 m

Cantidad de carriles de seguridad = 2 carriles

$$N_0 \text{ carriles} = (50 - 2 - 2 \times 2) / 2 = 22$$

Cálculo del número de orines:

Como son 22 carriles, va existir 21 uniones de carril a carril, en cada unión ingresa 4 orines.

Por lo tanto:

$$N_0 \text{ de orines} = (4 \times 21) / \text{carril} + (4 \times 2) / \text{carril} = 92$$

Considerando imprevistos la cantidad de orines será de 100.

Cálculo de la cantidad de pernos galvanizados de ¾" x 5"

Estos pernos sirven para realizar el anclaje entre la unión de carriles rectos de 2 m.

Para el carril de seguridad que es:

$$8 \text{ pernos / unión} \times 2 \text{ uniones en carril de seguridad} = 16$$

Para carril de 2 m:

$$4 \text{ pernos / unión} \times 21 \text{ uniones} = 84$$

Cantidad total de pernos galvanizados de  $\frac{3}{4}$ " x 5" = 100 pernos

Considerando imprevistos la cantidad de pernos será de 110.

Cálculo de la cantidad de pernos galvanizados de  $\frac{3}{4}$ " x 3"

Pernos empleados para el anclaje de los pernos de expansión y los ángulos. El total es de 22 uniones e ingresa 2 pernos por cada unión:

$$2 \text{ pernos / unión} \times 22 \text{ uniones} = 44 \text{ pernos}$$

Considerando imprevistos, la cantidad total de pernos es 48.

Cálculo de la cantidad de pernos galvanizados de  $\frac{3}{4}$ " x 2"

Sirve para anclar la unión entre espaciadores en cada unión entra 6 pernos.

$$N^{\circ} = 6 \text{ pernos / unión} \times 22 \text{ uniones} = 132 \text{ pernos}$$

Considerando imprevistos del 10%, la cantidad total de pernos es 145.

Las cámaras se construirán sobre una galería, que servirá para el tránsito de personal, además, para la limpieza de la carga con el scoop. La instalación de la plataforma trepadora Alimak está referido a su ensamblado en la cámara y chimenea y que comprenden los componentes que se muestran a continuación:

## Tabla 12

### *Componentes de la plataforma trepadora Alimak*

---

- Componentes y sus designaciones.
- Unidades propulsoras.
- Instalación de la trepadora en el carril guía.
- Sistema de aire STH - 5L.
- Instalación del techo protector de la operación neumática.
- Ensamblado bajo techo de poca altura.
- Instalación de los motores Diesel, hidráulico o eléctrico.
- Palanca de freno para STH - 5EE y STH - 5DD.
- Mando de operaciones de la STH - 5D / DD.
- Diagramas de conjunto para conexión de aire, agua y electricidad.
- Instalación de la central múltiple de aire y agua.
- Instalación de la bomba de alta presión.
- Instalación del tambor para cable.
- Instalación del equipo eléctrico para STH-5E / EE.
- Instalación del equipo eléctrico en la jaula STH-5E / EE.
- Fijación del cable eléctrico STH-5E / EE.
- Instalación del equipo de comunicación.

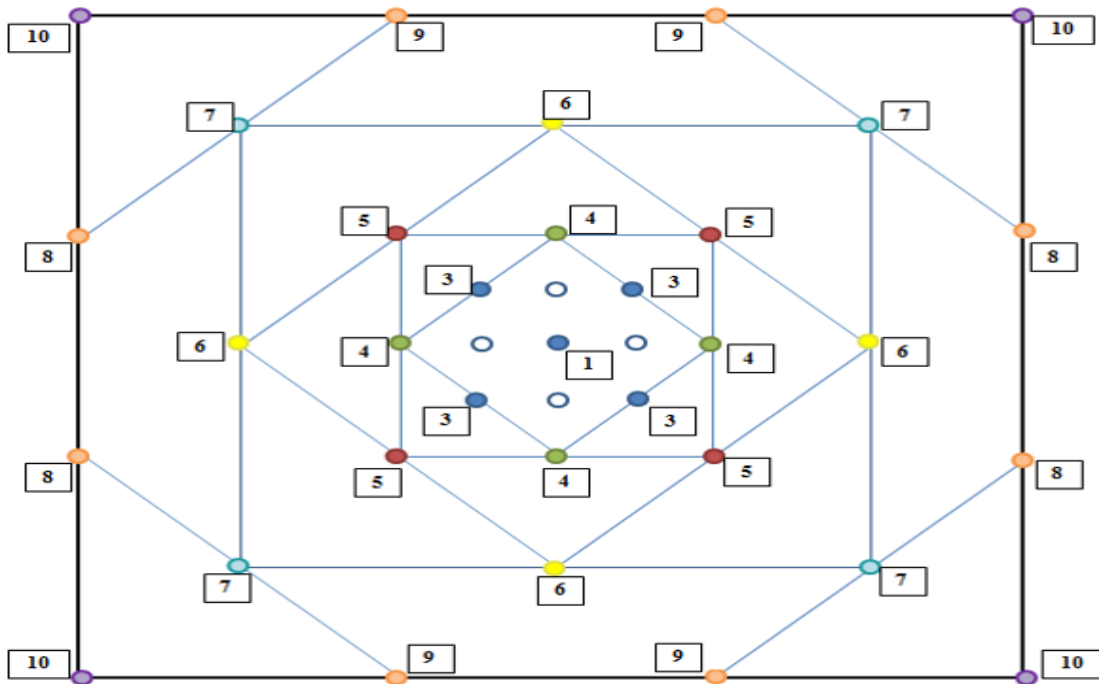
---

Fuente: Elaboración propia.

Instalado la plataforma se da inicio con la perforación de la chimenea mediante máquina stopper. El trazo que se emplea es corte quemado con 3 o 4 taladros de alivio y la longitud de perforación de 8 pies, diámetro de 41 mm. Como puede apreciarse en la figura 8, donde para una sección de 2.50 x 2.50 m y roca con un RMR de 65, se tiene perforado 37 taladros.

**Figura 8**

Malla cuadrada de 2.5 x 2.5 m



Fuente: Elaboración propia

En esta etapa se evaluará la calidad de roca desde el punto de vista geomecánico, para realizar el sostenimiento con pernos helicoidales o split set.

Cálculo teórico del número de taladros:

$$N_t = P / dt + (C \times S) \quad P = (S)0.5 \times 4$$

Donde:

N<sub>t</sub>: Número de taladros.

P: Perímetro de la sección (m<sup>2</sup>).

S: Sección de la chimenea a excavar (m).

dt: Espaciamiento de los taladros del perímetro.

C: Coeficiente o factor de roca.

Como la sección transversal de la chimenea es cuadrada, calcularemos la sección multiplicando el ancho por el alto de esta, de la siguiente manera:

$$S = \text{Ancho} \times \text{Alto}$$

$$S = 2.5 \times 2.5 = 6.25 \text{ m}^2$$

Considerando el tipo de roca dura, se tienen los siguientes resultados:

$$P = 6.250.5 \times 4 = 10 \text{ m}$$

De la tabla 6 y tabla 7 obtenemos los valores para el espaciamiento de los taladros del perímetro y el factor de roca, en función del tipo de roca (RMR de 65).

Se sabe:  $dt = 0.5$  y  $C = 2$

$$Nt = (10 / 0.5) + (2 \times 6.25) = 32.50 \approx 33 \text{ taladros}$$

$$Nt = 33 + 4 (\text{Taladro de alivio}) = 37 \text{ taladros}$$

A continuación, se muestran los detalles de la perforación de los taladros, carguío de taladros y la distribución de explosivos:



**Tabla 13***Distribución de explosivos*

Ítems	Nombre del Taladro	Condición	N° de taladros	Cartucho taladro	Total, cartuchos	Kg de explosivo
				Emulnor 11 / 8 x 8 (3000)	Emulnor 11 / 8 x 8 (3000)	Emulnor 11 / 8 x 8 (3000)
0	Alivio	Vacío	4	0	0	0.00
1	Arranque	Cargado	5	11.5	57.5	8.45
2	Ayuda	Cargado	4	11.5	46	6.76
3	1er Cuadrante	Cargado	4	11.5	46	6.76
4	2do Cuadrante	Cargado	4	11.5	46	6.76
5	Destroce Hastiales	Cargado	4	11.5	46	6.76
6	Destroce Cajas	Cargado	8	11.5	92	13.52
7	Cuadradores	Cargado	4	11.5	46	6.76
TOTAL			37		380	55.8

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 14***Rendimientos de la perforación de los taladros*

PERFORACION Y VOLADURA			
Longitud de Perforación		8.00	pies
		2.44	metros
Longitud del taladro	95%	7.60	pies
		2.32	metros
Longitud de Voladura	90%	6.84	pies
		2.08	metros

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 15***Carguío de taladros*

CARGUIO 2/3 DEL TALADRO			%	Long. Final
Diámetro del taladro		41 mm		
Longitud del Cartucho	E 1 1 / 8" x 8"	8.00 pulgadas		
		20.32 cm	75 %	15.24
Longitud de Carguío		1.54 metros		
		154.43 cm		

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 16***Rendimientos de las voladuras*

		Volumen (m <sup>3</sup> )	13.72
Densidad	2.5 ton / m <sup>3</sup>	Toneladas (ton)	34.29
		Rendimiento: Kg / m	26.76
	Factor de Carga	Rendimiento: Kg / m <sup>3</sup>	4.07
	Factor de Potencia	Rendimiento: Kg / ton	1.63

Fuente: Elaboración propia

Antes que se efectúe la voladura, la plataforma Alimak debe bajarse solo por gravedad (puesto que la corriente eléctrica ha sido cortada), para lo cual la velocidad está limitada por los frenos centrífugo superior e inferior (velocidad de descenso de 18 m /min), además del freno de mano y un freno de pie. También cuenta con el sistema de seguridad GA-5 que es el paracaídas, algo similar a las leonas en las jaulas de un pique.

Como medida de seguridad, el operador antes de descender la plataforma debe revisar todos los accesorios como: fijación, contra corredera y reajuste del dispositivo de seguridad, piñones, correderas, juntas, frenos, equipo telefónico. Durante el descenso revisar el carril guía y verificar que la plataforma no se atore con el muro de roca.

**Tabla 17**

*Etapas al efectuarse la voladura en equipos Alimak*

**Ventilación**

Después de cada disparo, se ventilará la chimenea con aire comprimido, soltando desde la válvula múltiple y en la salida existe el cabezal de disparo que tiene la función de expandir. El tiempo de ventilación debe ser como mínimo de 20 minutos.

**Limpieza**

El material producto de la voladura de la chimenea, se deposita en la cámara de almacenamiento cuya fragmentación es variado y la limpieza es efectuada mediante un scoop.

**Desmontaje**

Concluida la ejecución de la chimenea, se realiza un chequeo minucioso en lo que respecta a seguridad y se inicia la recuperación de los carriles de la parte superior, todo en forma descendente y la integridad de las partes es recuperable y se vuelve a utilizar en una próxima chimenea, además se debe verificar algunas piezas que tengan cierto deterioro para su reparación y darle de baja.

Fuente: Elaboración propia

La cantidad de personal requerido para la operación de la plataforma Alimak es la siguiente:

**Tabla 18**

*Distribución de personal para la plataforma Alimak*

Ocupación	Cantidad
Operador de Alimak	1
Perforista	1
Valvulero	1
<b>Total</b>	<b>3</b>

Fuente: Unidad Minera Contonga

El costo de construcción de la chimenea de 2.50 x 2.50 m construido con la plataforma trepadora Alimak se detalla en la siguiente tabla:

**Tabla 19***Costo unitario de excavación de chimenea de 2.50 x 2.50 m*

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio US\$	Parcial US\$	Total, US\$
<b>1. MANO DE OBRA</b>					
Líder Alimak	HH	6.00	8.00	48.00	
Operario Alimak	HH	6.00	4.60	27.60	
Valvulero Alimak	HH	6.00	4.00	24.00	
Mecánico	HH	2.00	4.10	8.20	
Bodeguero	HH	3.00	3.50	10.50	118.30
<b>2. BARRENOS Y BROCAS</b>					
Barra cónica de 2 pies	M	22.20	0.32	7.10	
Barra cónica de 4 pies	M	22.20	0.33	7.33	
Barra cónica de 6 pies	M	22.20	0.42	9.32	
Barra cónica de 8 pies	M	22.20	0.45	9.99	
Broca descartable	M	88.80	0.15	13.32	
Manguera jebe 1", 100 psi	M	0.20	5.00	1.00	
Manguera jebe 1/2", 100 psi	M	0.20	3.00	0.60	
Plataforma Alimak DE 0 - 150	HM	6.00	64.00	384.00	
Perforadora stopper	HM	2.00	10.00	20.00	
Compresora neumática de 1000 CFM	HM	2.00	40.00	80.00	532.66
<b>3. EXPLOSIVOS Y ACCESORIOS</b>					
Emulsión	Kg	55.80	1.90	106.02	
Faneles con microretardo	Und	33.00	1.40	46.20	
Cordón detonante	M	9.00	0.16	1.44	
Fulminante eléctrico	Und	2.00	0.38	0.76	
Cable de disparo	M	1.00	1.50	1.50	155.92
<b>6. OTROS</b>					
Equipos de protección personal	Tarea	2.06	0.90	1.85	
Lampas mineras	Und	5.00	2.90	14.50	
Herramientas manuales	%MO	5.00	11.70	58.50	74.85
<b>TOTAL</b>					<b>881.74</b>
<b>Metros de avance / Disparo</b>					<b>2.08</b>
<b>COSTO POR METRO (US\$ / M)</b>					<b>423.91</b>

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación:

Se puede considerar que el costo por metro cuadrado en dólares americanos es de 423.91 para los explosivos y accesorios; 532.66 para los barrenos y brocas de perforación; y de la mano de obra que opera los equipos Alimak, son de 118.30.

La máquina Alimak es una plataforma / jaula que sube la chimenea por una cremallera empernada a la pared y debido a su gran flexibilidad, economía y velocidad se utiliza para la excavación de chimeneas y piques. Este equipo está especialmente diseñado para la construcción de chimeneas desde 90° hasta 65°, los cuales pueden ser con sistema neumático, eléctrico o Diésel.

En la minería subterránea, actualmente la plataforma Alimak, se ha convertido en un equipo muy usado, especialmente donde no existe ningún nivel de acceso superior, además tiene varias aplicaciones. Para la construcción de la chimenea propuesta y de acuerdo a sus características, se ha elegido una plataforma trepadora Alimak, modelo STH-5E de propulsión eléctrica, que consta de dos unidades propulsoras con un motor eléctrico cada una. La plataforma descenderá por gravedad y las características de este modelo, según la tabla 20, son:

**Tabla 20**

*Características de la plataforma Alimak modelo STH – 5E*

Nº	Característica	Unidad
1	Área aproximada de chimenea vertical	7 m <sup>2</sup>
2	Área máxima aproximada de chimenea inclinada a 45°	10 m <sup>2</sup>
3	Altura máxima de excavación	400 m
4	Longitud máxima de excavación	900 m
5	Velocidad ascendente a 50 ciclos	0.3 m / s (18 m / min)
6	Velocidad ascendente a 60 ciclos	0.36 m / s (21.6 m / min)
7	Velocidad de descenso por gravedad	0.4 - 0.5 m / s (25 - 30 m / min)
8	Capacidad del motor	7.5 kw
9	Cable eléctrico especial	3 x 10 + 3 x 1.5 + 2

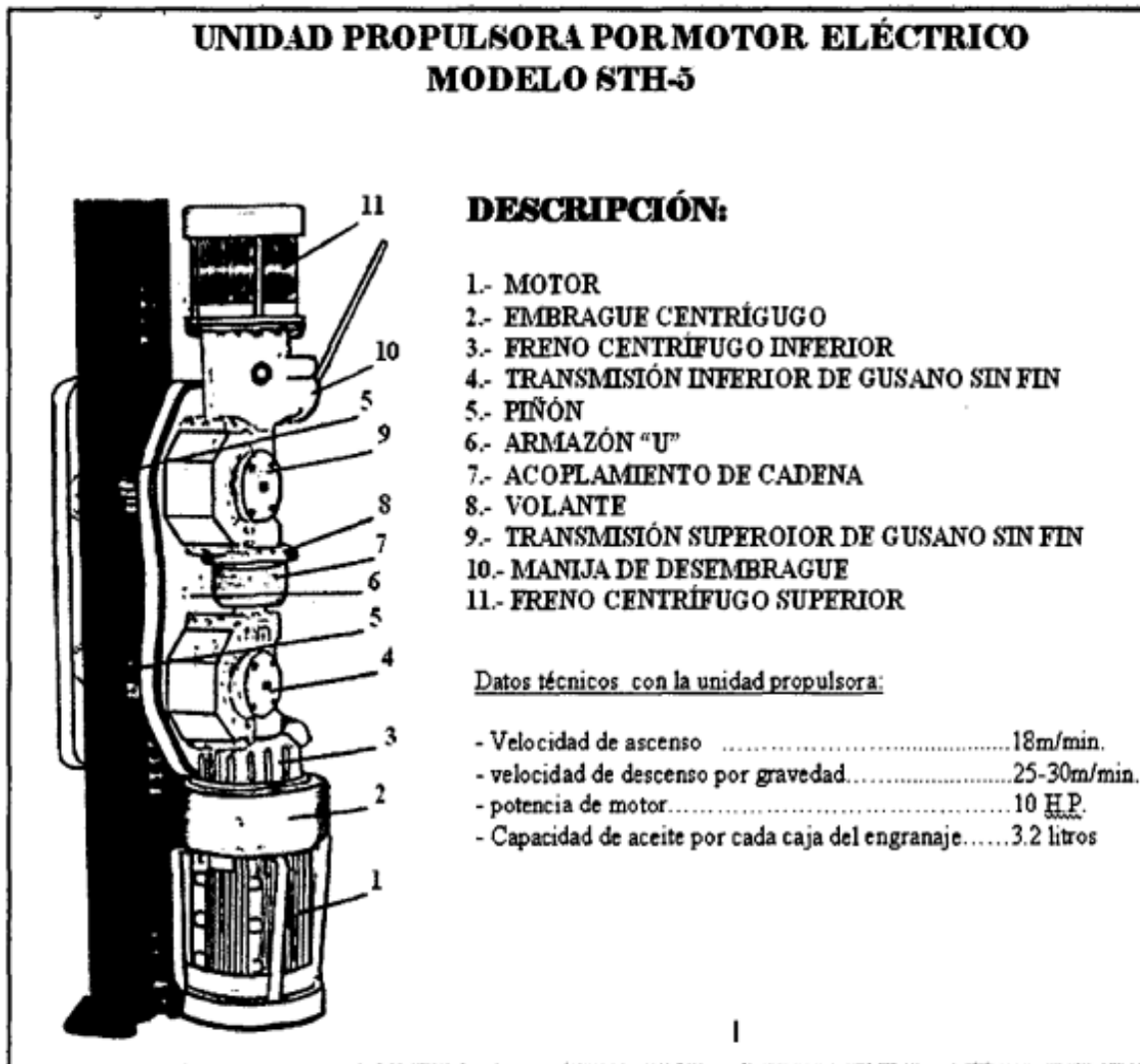
Fuente: Elaboración propia

Las características de la plataforma Alimak son las siguientes: La primera, la unidad propulsora (funciona con accionamiento eléctrico y limita o regula la velocidad de la plataforma), ver figura 9. La segunda, el armazón (rodillos o dispositivos de seguridad que frena a la plataforma si la velocidad de descenso excede a la velocidad límite de

seguridad). La tercera, la plataforma de trabajo (se realiza el armado del carril, la perforación, la carga, entre otras). La cuarta, el tambor enrollable (cable empleado cuando la plataforma asciende o desciende). Válvula múltiple (tuberías de agua y aire). Bomba de alta presión, trepador de servicio, cabezal de perforación, cabezal de disparo y carriles guías.

**Figura 9**

*Unidad propulsora por motor eléctrico Modelo STH – 5*



Fuente: (Soria, 2013). Optimización de costos en la construcción de chimeneas con trepadoras Alimak Unidad Parcoy-consorcio minero horizonte 2012.

## Figura 10

### Plataforma de trabajo



Fuente: Negreiros (2014), Construcción de chimeneas con jaula trepadora Alimak Modelo STH – 5E

## Tabla 21

### *Cuadro de resumen de los beneficios del equipo Alimak*

---

- Muy empleado en las minas subterráneas.
- Puede llegar a realizar excavaciones profundas.
- Puede tener diversos motores, eléctricos, hidráulicos, entre otros.
- Puede emplearse para chimeneas de longitud corta o ancha y de cualquier inclinación.
- Las plataformas pueden ser de 3 m hasta 30 m.
- Se pueden emplear carriles curvos para lograr cambiar la dirección de la chimenea, así como su inclinación.
- Se puede emplear en operaciones de perforación horizontal.
- En terrenos que resulten en pésimas condiciones, las plataformas pueden emplearse para sostener los pernos, entre otras.
- Los que manipulan los equipos Alimak no requieren tener una especialización previa

---

Fuente: Elaboración propia.

Para realizar el análisis de los costos de construcción de una chimenea con métodos convencionales y plataforma trepadora Alimak, primero calcularemos el costo total para construir la chimenea.

Costo total de una chimenea con método convencional:

De la tabla 11 obtenemos que el costo por metro de avance para una chimenea de 1.2 x 2.4 m es de US\$ 382.65. Por lo tanto, el costo total de construcción de la chimenea, es el siguiente:

$$\text{Costo total} = 50 \times 382.65 = \text{US\$ } 19,132.5$$

El tiempo de ejecución es:

$$\text{Tiempo de ejecución} = 50 / (1.14 \times 2)$$

$$\text{Tiempo de ejecución} = 21.93 + 0.1 \times 21.92$$

$$\text{Tiempo de ejecución (Imprevistos o retrasos)} = 24.12$$

$$\text{Tiempo de ejecución} \approx 25 \text{ días}$$

Costo total de chimenea Alimak

De la tabla 19 obtenemos que el costo por metro de avance para una chimenea de 2.5 x 2.5 m es de US\$ 423.91. Por lo tanto, el costo total de construcción de la chimenea, es el siguiente:

$$\text{Costo total} = 50 \times 423.91$$

$$\text{Costo total} = \text{US\$ } 21195.5$$

Y el tiempo de ejecución es:

$$\text{Tiempo de ejecución} = 50 / (2.08 \times 2)$$

$$\text{Tiempo de ejecución} = 12.10 + 0.1 \times 12.10 \text{ (Imprevistos o retrasos)}$$

$$\text{Tiempo de ejecución} = 13.31$$

$$\text{Tiempo de ejecución} \approx 14 \text{ días}$$

Al analizar el costo comparativo de construcción entre la chimenea hecho en forma manual o convencional y el realizado con la plataforma trepadora Alimak, observamos que mediante el método convencional el costo es de US \$ 19132.5 y el tiempo de ejecución de la chimenea es de 25 días, que incluye la excavación y limpieza, en cambio mediante el método mecanizado con plataforma trepadora Alimak, el costo es de US \$ 21195.5, el cual representa un 11 % más que con el método manual, pero el tiempo de construcción es de 14 días, es decir, un 44 % menos de tiempo en comparación con un método manual.



En chimeneas cuya longitud es mayor a 50 m el método convencional no es práctico y por normas de seguridad se construirá chimeneas mellizas lo cual es costoso y lento el avance. La construcción de chimeneas mediante la plataforma trepadora, cuando la longitud es mayor a 50 m resulta ventajosa en lo que es seguridad, rapidez y seguro.

Interpretación:

A pesar de que las chimeneas hechas con equipos Alimak son algo costosas, el tiempo en el cual estas estarán listas es de vital importancia dado que en compañías mineras mientras más tiempo estén operando las maquinarias y no haya resultados, el costo para la compañía minera puede ser perjudicial.

## Tabla 22

*Cuadro comparativo: método convencional vs. Equipo Alimak*

Detalles	Metodología de excavación	
	Equipo Convencional	Equipo Alimak
Avance	De 2 a 3 m/día	De 4 a 5 m/día
Longitud máxima sugerida	De 40 a 50 m	De 200 a 400 m
Inclinación	De 0° a 90°	De 45° a 90°
Sección (rectangular)	2 m x 2 m	2 m x 2 m
Costo ponderado	Alrededor de 290 \$/m	Alrededor de 450 \$/m
Eficiencia de tiempo	60%	90%

Fuente: Elaboración propia

### 3.3. Geología regional

#### 3.3.1. Estratigrafía

La secuencia estratigráfica que aflora en la región está constituida por rocas sedimentarias cuyas edades van del Cretáceo Inferior (Valanginiano) al Cretáceo Superior (Coniaciano). Estas rocas están intruidas por stocks de rocas intrusivas de edad Terciaria.

La secuencia sedimentaria, de la más reciente a la más antigua, es la siguiente:

- Formación Celendín: Está representada por estratos de calizas de coloración grisácea y de aspecto nodular, tiene intercalaciones de horizontes delgados de lutitas grises y margas. Tiene 500 m de espesor, se correlaciona a una edad Santoniana – Coniaciana.

- Formación Jumasha: En la parte superior está constituida por estratos de calizas en bancos medianos de coloración gris clara con algunos horizontes de calizas limolíticas de coloración gris amarillenta; la parte inferior está constituida por estratos de calizas medianos a gruesos, de coloración gris oscura intercalada con horizontes delgados de lutitas gris oscuras. Tiene un espesor reconocido de 800 m; se correlaciona al Huroniano - Albiano Superior. En esta la formación está emplazada la mineralización del yacimiento Contonga.
- Formación Pariatambo: Esta formación está representada por calizas bituminosas de color gris oscura, con presencia de horizontes delgados de lutitas carbonosas. La característica de esta formación es el olor fétido que produce al golpe del martillo. Tiene un espesor de 100 a 500 m, se le correlaciona a una edad del Albiano Medio.
- Formación Chulec: Está conformada por calizas dolomíticas de coloración grisácea intercalada por horizontes delgados de lutitas y areniscas. Alcanza un espesor de 100 m; es correlacionado al Albiano Medio.
- Formación Pariahuanca: Está formada por calizas margosas de estratificación media de coloración de gris azulada. El espesor alcanza de 100 a 400 m; se le asigna una edad del Aptiano al Albiano Inferior.
- Grupo Goyllarisquizga: Este grupo se caracteriza por mostrar secuencias de areniscas de bancos delgados a medianos con intercalaciones de limonitas rojizas y lutitas gris oscuras con manchas de óxidos. Alcanza un espesor de 500 m; se correlaciona al Valanginiano - Coniaciano.

### **3.3.2. Rocas intrusivas**

Las unidades de rocas intrusivas constituyen los stocks o sills de composición cuarzo feldespático, cuarzo monzonítico, monzonítica. Estos stocks de rocas intrusivas son los que generan aureolas de alteración de diversos grados en las rocas sedimentarias y

que dieron lugar a la formación de yacimientos polimetálicos, como es el caso del stock de Antamina y Contonga.

### **3.3.3. Estructuras**

La mayoría de los episodios compresionales ocurridos durante el Cretáceo y el Cenozoico fueron coaxiales, que generaron plegamientos y fallamientos NW - SE. Estos eventos afectaron a las rocas sedimentarias del Mesozoico. Localmente se ha diferenciado fallamientos dextrales de orientación NE - SW que podrían estar relacionado al emplazamiento de rocas intrusivas.

## **3.4. Geología local**

### **3.4.1. Litología**

En la mina Contonga afloran las calizas de la Formación Jumasha que están intercaladas por horizontes limolíticas de 0.50 a 2.00 m de espesor; en esta formación se emplazan los stocks de Contonga y Taully, asimismo, las estructuras B y C. La anomalía Flor de Haba se emplaza en el techo de la formación Pariatambo, la cual está constituida por lutitas gris oscuras intercaladas con calizas de 0.15 a 0.80 m de espesor.

### **3.4.2. Intrusivo**

El stock Contonga es un intrusivo de roca compuesto, por cuarzo feldespático, constituido por fenos de plagioclasas (6 mm) 12 %, cuarzo de bordes corroídos (4 mm) 8 %, pirita (1.5 mm) 2 % y biotita (2 mm) 1 %; también incluye fenos obliterados de ortoclasa.

Con los trabajos de campo del año 2 000, se ha verificado que el stock Taully es un intrusivo monzonítico. Petrográficamente presenta una textura granular gruesa con fenos de plagioclasa - ortoclasa 12 a 15 %, cuarzo 10 %, biotita 6 %, hornablenda 2 % y pirita 1 %. A unos 4 Km al noroeste de Contonga aflora un pequeño stock dacítico de grano medio que dio origen a la anomalía Ango.

### **3.4.3. Alteración**

Las partes centrales del intrusivo presenta de débil a moderada alteración potásica, en los bordes es persistente una moderada a fuerte silicificación. En el contacto intrusivo - caliza se ha formado una estrecha banda de exoskarn, con presencia de diópsido,

andradita, grosularia y wollastonita. En forma distal, estratos de calizas con impurezas fueron alterados a hornfels o skarnoides de diópsido con diseminación de grosularia.

#### **3.4.4. Mineralización**

La mineralización ocurre como lentes de emplazamiento en calcosilicatos y a brechas hidrotermales de emplazamiento superficial. Se tiene dos tipos de mineralización, las cuales se describen a continuación:

- En primer lugar, el tipo que se desarrolla en los contactos Norte y Este mientras que las brechas mineralizadas ocurren en los contactos Oeste y Sur.
- En segundo lugar, la mineralización en el skarn, está constituida de pirita, esfalerita, galena, calcopirita, marmatita, cuarzo, calcita, bismutinita, tetrahedrita y pirrotita. En las brechas, ocurren los mismos minerales que en los calcosilicatos, con la diferencia de que hay presencia de minerales de plata como la galena argentífera y otros sulfosales.

#### **3.4.5. Zonamiento**

Como en todo yacimiento de skarn, en Contonga existe un zonamiento de calcosilicatos cuya distribución, del intrusivo a las calizas, es la siguiente: Endoskarn - Exoskarn.

- Diópsido (2 mm) - grosularia (2 mm), ocurre en anchos de 0.60 a 1.75 m, tiene hábito acicular y en agregados granulares.
- Andradita (2 mm), está en un ancho de 1.70 a 4.80 m, es de hábito masivo granular.
- Wollastonita (13 mm) - andradita, tiene anchos de 2.00 a 7.50 m, es de hábito radial acicular y en agregados granulares. La concentración de la esfalerita ferrífera (marmatita) y calcopirita, claramente se relaciona a las dos últimas franjas de calcosilicatos; la galena más es de ocurrencia periférica.

El zonamiento vertical de la mineralización aún no está suficientemente estudiado, sin embargo, se puede indicar que el cobre incrementa de valores desde la cota 4310 hacia

abajo, en contraposición de los mayores valores de plomo y plata, que se concentran cerca de superficie.

#### **3.4.6. Controles de mineralización**

Los yacimientos de reemplazamiento metasomático están relacionados a la presencia de rocas ígneas que intruyen rocas carbonatadas (control lito - estructural) en cuyo contacto se producen aportes de sílice, hierro, aluminio y otros elementos menores. Los cambios físico-químicos van a producir calcosilicatos en forma de skarn o skarnoides (control de alteración) que van favorecer el reemplazamiento con minerales de zinc, plomo, plata, cobre, bismuto y otros.

#### **3.5. Geología económica**

El yacimiento se encuentra ubicado en el flanco oriental de la Cordillera Blanca, en el cerro Contonga, distrito de San Marcos, provincia de Huari, departamento de Ancash, a una altitud que varía entre 4000 y 4500 msnm. Las coordenadas geográficas son: longitud  $77^{\circ} 04' 20''$  y latitud  $09^{\circ} 29' 40''$ .

En el área de la mina las rocas sedimentarias están fuertemente plegadas, buzando de  $60^{\circ}$  a  $70^{\circ}$  al Sur y pertenecen al flanco sur de un anticlinal cuyo eje está más al norte de la laguna Contonga. Existen 4 sistemas de fallas y fracturas preminerales, con reactivación post intrusivo y post mineralización, son los siguientes:

- Sistema N° 1 N  $45^{\circ}$  -  $60^{\circ}$  O y buzamiento  $60^{\circ}$  -  $85^{\circ}$  SO
- Sistema N° 2 N  $05^{\circ}$  -  $30^{\circ}$  O y buzamiento  $65^{\circ}$  -  $80^{\circ}$  SO
- Sistema N° 3 N  $40^{\circ}$  -  $60^{\circ}$  E y buzamiento  $70^{\circ}$  -  $85^{\circ}$  SE
- Sistema N° 4 N  $10^{\circ}$  -  $20^{\circ}$  E y buzamiento  $70^{\circ}$  -  $88^{\circ}$  SE

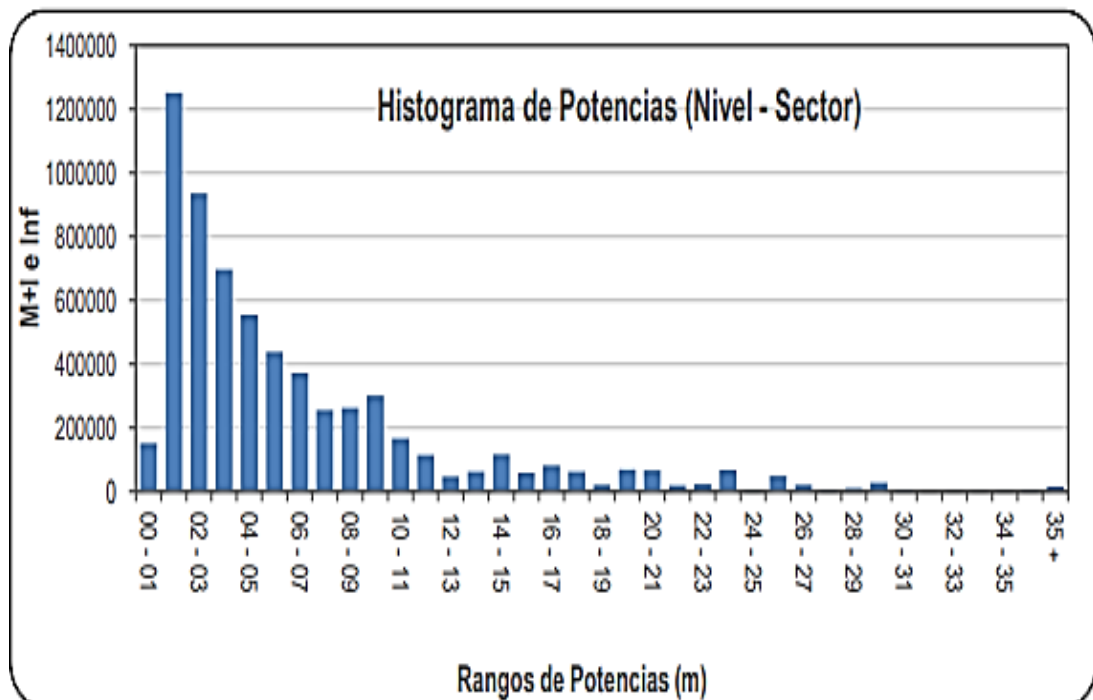
Al primer sistema corresponde las potentes zonas de brecha de los contactos Norte y Sur y las fallas que siguen paralelas a la estratificación. Éstas son de cizalla, habiéndose desplazado relativamente el bloque Sur hacia el Oeste y el bloque Norte hacia el Este. Estas zonas son las más importantes y las que han permitido el emplazamiento de mayores volúmenes de mineral (contacto Norte y Sur).

En agosto de 2003, Inteligencia Financiera SAC. (INTELFIN), administradora de los bienes de SMGB en liquidación, firma un Contrato de Opción de Transferencia del Patrimonio de la U.E.A. Contonga con BHL Perú SAC. Posteriormente, BHL del Perú cede la opción a Minera Huallanca S.A. La compañía Minera Huallanca S.A. inició con 600 TMS / día de capacidad de tratamiento de mineral en planta, posteriormente se incrementa a 900 TMS / día. En junio de 2010 Nyrstar adquiere la Mina Contonga de Cía. Minera Huallanca. Reiniciando las operaciones con los objetivos claros de incrementar las Reservas y Recursos, con exploración de labores Subterráneos y perforación diamantina.

En la actualidad la capacidad de producción de la planta concentradora Nyrstar UP Contonga es 1,200 TMS / día. Con las Potencias promedio que se muestran en el siguiente gráfico. Ver figura 11.

**Figura 11**

*Rango de potencias por toneladas métricas secas*



Fuente: Unidad Minera Contonga – Área geología

**Tabla 23**

*Relación entre toneladas métricas secas y rango de potencias*

Potencia (m)	Recursos M + I + INF tms	%
< 3.0 m	2,339,207	37%
> 3.0 m	4,011,929	63%
Total	6,351,136	100%

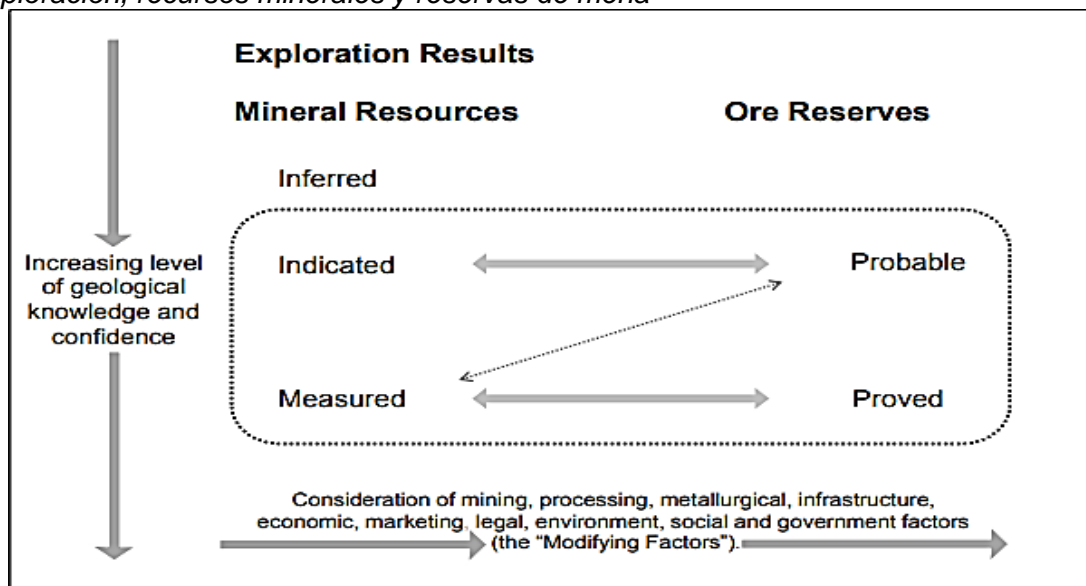
Fuente: Unidad Minera Contonga – Área geología

### 3.6. Reservas de mena y recursos minerales

El Código australiano JORC establece los estándares mínimos, recomendaciones y normas para la edición de Informes de Dominio Público sobre los resultados de las Exploraciones, Recursos Minerales y Reservas de Mena, y que fue principalmente adoptado en Australia (1999) mediante el Reglamento del Instituto Australiano de Minería y Metalurgia (AIMM).

**Figura 12**

*Exploración, recursos minerales y reservas de mena*



Fuente: [https://www.jorc.org/docs/JORC\\_code\\_2012.pdf](https://www.jorc.org/docs/JORC_code_2012.pdf) (Australasian code for reporting of identified mineral resources and ore reserves)

En la figura 12 se muestra la relación secuencial que existe entre la información de exploración, Recursos Minerales y Reservas de Mena. La clasificación de los estimados toma como referencia este marco teórico, de tal modo que podamos reflejar los diferentes niveles de confianza geológica y los grados de evaluación técnica y económica.

Conforme aumenta el conocimiento geológico, es posible que la Información de la exploración llegue a ser la suficiente como para estimar un Recurso Mineral. Conforme aumenta la información económica, es posible que parte del total de un Recurso Mineral se convierta en una Reserva Mineral. Las flechas de doble sentido indican que los cambios en los factores pueden hacer que el mineral estimado anteriormente como reserva, pueda volver a ser un recurso por causas económicas, legales y/o ambientales, como resulta ser el caso de UP Contonga Nyrstar Ancash S.A.

El estimado de recursos geológicos y reservas minerales, se basó en los análisis de muestras de los testigos de perforación y en la interpretación de un modelo geológico. Las tablas adjuntas, muestran el estimado de recursos minerales y reservas de mena respectivamente.

**Tabla 24**

*Resumen de recursos minerales*

Categoría	TM	Ag Oz / TM	% Cu	% Pb	% Zn
Medido	1039070	1.31	1.00	0.40	3.22
Indicado	2521338	1.74	0.64	0.83	3.15
Inferido	3119620	1.62	0.49	0.80	2.67
Total, general	6680028	1.62	0.63	0.75	2.94

Fuente: Unidad Minera Contonga - Área geología

**Tabla 25**

*Resumen de reservas de mena*

Categoría	TM	Ag Oz / TM	% Cu	% Pb	% Zn
Probado	1039070	1.31	1.00	0.40	3.22
Probable	5643958	1.68	0.56	0.81	2.88
Total, general	6683028	1.62	0.63	0.75	2.93

Fuente: Unidad Minera Contonga - Área geología



### 3.7. Geografía de la región minera

#### 3.7.1. Ubicación geográfica

La Unidad de Producción Contonga se ubica en los Andes Centrales del Perú, políticamente pertenece a la jurisdicción del Distrito de San Marcos, Provincia de Huari, Región de Ancash, a 470 Km, en línea recta al Noreste de Lima y a 10 Km al Norte de Antamina. Ver figura 13.

**Figura 13**

*Minera Contonga – Localización geográfica*



Fuente: <https://acortar.link/XMF58Y> (Ubicación geográfica de la minera Contonga)

Las coordenadas geográficas son: Longitud Oeste, 77° 04' 20"; Latitud Sur, 09° 29' 40"; y Altitud, 4000 y 4500 msnm

### **3.7.2. Accesibilidad**

El acceso, a la unidad de producción Contonga, desde Lima se hace por vía asfaltada de 526 Kilómetros, más 8 kilómetros de carretera afirmada, en un tiempo total de 8 horas.

La mina Contonga es de fácil acceso desde Lima, existen dos rutas, que son las siguientes:

**Tabla 26**

*Accesibilidad a la mina*

Recorridos (ciudades)	Distancia (km)
Lima – Conococha – Antamina, carretera asfaltada	434
Antamina – Contonga, carretera afirmada	10
Total	440
Lima – Conococha – Catac, carretera asfaltada	374
Catac – San Marcos – Contonga, carretera asfaltada	101
San Marcos – Contonga, carretera afirmada	24
Total	475

Fuente: <https://acortar.link/XMF58Y> (Ubicación geográfica de la minera Contonga)

### **3.7.3. Clima**

**3.7.3.1. Precipitación pluvial.** El régimen pluvial es propiamente del verano, las lluvias tienen su inicio en los meses de primavera adquiriendo mayor intensidad conforme avanza la estación, época durante la cual alcanza su máxima intensidad, durante los meses de octubre a abril, para luego decrecer durante el periodo de mayo y siguientes, en que se inicia un periodo de estiaje caracterizado por precipitaciones muy escasas o por la ausencia definitiva de éstas, específicamente durante los meses más fríos, de junio a agosto.

**3.7.3.2. Temperatura.** Con bases a los registros de la estación Querococha (3955 msnm), ubicada a una altitud similar a la zona de estudio, se puede mencionar que la temperatura media anual en la zona de la laguna Pajoshccocha es de 7.1 °C, existiendo poca variación durante el año.

**3.7.3.3. Evaporación.** La evaporación media anual en la zona de la laguna Pajoshccocha es de 1213.20 mm, ocurriendo los mayores valores en julio y agosto, con un valor promedio máximo de 1326.50 mm; el valor mínimo se presenta en febrero con 69.60 mm.

**3.7.3.4. Recursos de agua superficial.** La cuenca de la laguna Pajoshccocha está formada por las subcuencas de las lagunas Contonga y Condorcocha y por la quebrada Ango que nace del nevado del mismo nombre. He4A

**3.7.3.4. Caudales máximos.** El área de la cuenca de la laguna Pajoshccocha es de 10.8 Km<sup>2</sup>. El comportamiento hidrológico sigue el patrón característico de los ríos de la sierra peruana, cuyo ciclo anual presenta variaciones en sus descargas, como 28 respuesta lógica al régimen de lluvias y a las condiciones topográficas imperantes. Los caudales medios mensuales de agua disponibles en la quebrada Ango, antes de su ingreso a la laguna Pajoshccocha son los siguientes:

**Tabla 27****Caudales máximos alcanzados**

Caudales (Litros/segundo)	
Enero	578.7
Febrero	658.7
Marzo	644.8
Abril	375.1
Mayo	147.0
Junio	51.4
Julio	25.0
Agosto	53.2
Setiembre	160.9
Octubre	331.3
Noviembre	385.9
Diciembre	476.9

Fuente: Elaboración propia

**3.7.4. Medio ambiente biológico****3.7.4.1. Flora.**

- Pajonal de Puna: Es la formación vegetal predominante alrededor de la laguna Contonga, como ya se indicó las especies representativas son Festuca y Calamagrostis, otras especies observados fueron agrostis breviculmis, Lupinus microphyllus, Alchemilla sp., Geranium sp.
- Roquedal: Este tipo de comunidad vegetal se caracteriza por desarrollarse sobre lecho rocoso. La especie más representativa fue Chuquiraga spinosa (huamanpinta), junto con ella se observó Bidens sp., Urtica sp. (ortiga), varias especies de Senecio, Calamagrostis sp., y entre las rocas líquenes, musgos y helechos. En ninguna de las tres áreas se desarrolla agricultura.
- Bofedal: Esta comunidad vegetal normalmente ocurre en depresiones, áreas ribereñas e infiltraciones, y algunas veces contiene agua estacional estancada.

Esta asociación se caracteriza por la presencia de pastos pequeños tolerantes a alta humedad, así como plantas del tipo almohadilla.

- Pradera de Pasto Bajo: Esta asociación está dominada por pastos bajos relativamente continuos, entremezclados con formas acolchonadas (cojín o forma de almohadilla) y hierbas arroseladas.

**3.7.4.2. Recursos naturales.** Los principales animales observados en la zona fueron los introducidos por el hombre: ovinos, caballos, burros y mulas. Con respecto a animales silvestres, en la laguna Pajoshccocho está establecida una avifauna diversa, amparada por los totorales que les brindan refugio y una zona de nidificación. No se observa lo mismo en la laguna Contonga. Los pobladores afirman que en las partes altas y rocosas también se ha visto *Oncifelis colocolo* (gato montés), *Lagidium peruanum* (vizcacha), *Pseudalopex culpaeus* (zorro andino) y *Mephitis* (zorrino).

### **3.8. Objeto y tipos de chimenea**

Las chimeneas son labores verticales que se construyen en las minas subterráneas con la siguiente finalidad:

- Poder delimitar el tajeo de explotación.
- Servir como labor para la ventilación.
- Servir para el paso del relleno detrítico hacia el tajeo.
- Servir como chimenea de servicio para los caminos, pase de tubos de aire comprimido, agua, etc.
- Constituir una labor de exploración de la mineralización encima de un nivel.

Los tipos de chimeneas pueden ser clasificados por de la siguiente manera:

Según su forma:

- Circulares
- Cuadradas
- Rectangulares

Según su sección:

- Simple: Sección de 6' x 6'
- Doble Compartimiento: Sección de 6' x 12'

Según su longitud:

- Cortas: hasta 50 m
- Largas: de 50 m < L < 100 m
- De gran longitud: 100 m < L

### **3.9. Método de construcción de chimeneas**

Los métodos de construcción de chimeneas generalmente están relacionados al sistema de minado convencional y/o mecanizado. En base a estas consideraciones se tiene:

- a) Métodos convencionales: Para este tipo de chimeneas, se realiza con puntales de madera (de avance), plataforma y máquinas perforadoras verticales (stopper).
- b) Métodos mecanizados: Para estos tipos de chimenea, la construcción puede ser con plataforma trepadora Alimak y con equipo Raise Borer. Presentan mayores ventajas sobre los métodos convencionales, tales como:
  - Mayor seguridad para el personal.
  - Mejor estabilidad del terreno.
  - Mejores rendimientos de perforación.
  - Menores costos de por mejoramiento de productividad.

### **3.10. Construcción convencional de chimeneas**

Se da esta denominación cuando la construcción se efectúa colocando puntales de línea de avance de 6" de diámetro y espaciados a 1 m, sobre el cual se tienden tablas de 2" de espesor que sirven de plataforma. En este caso se utiliza para la perforación una sola máquina neumática stopper, barrenos helicoidales de 4 o 6 pies y brocas de hasta 38 mm de diámetro. La longitud de la chimenea en promedio es de 50 m pudiéndose construir

chimeneas de mayor longitud, pero deberán ser mellizas por razones de seguridad. Por otro lado, la sección es simple o doble, generalmente sobre estructura mineralizada y su inclinación puede ser vertical o inclinada. El suministro de aire comprimido es con mangueras de hasta 30 m de 1" de diámetro y cuando la altura o longitud de la chimenea supera los 30 m se instala tuberías de 1". El suministro de agua es con manguera de ½" de diámetro de longitud de hasta 30 m y cuando la longitud de la chimenea es mayor también se instala tuberías de ¾ o 1".

Las tuberías de aire y agua son protegidos con tablas contra el golpe que puedan sufrir por las rocas producto de la voladura. La manguera de aire o tercera línea se deja protegido a 5 m del tope de la chimenea a fin de poder ventilar luego de realizado el disparo. Cuando no se tiene agua suficiente para la perforación y/o la presión no es suficiente se utiliza botellas de agua, que son recipientes metálicos ubicados en la galería, donde se llena de agua y luego se conecta la manguera de aire comprimido para impulsar hasta la perforadora.

### **3.11. Construcción mecanizada de chimeneas con equipo Alimak**

La construcción de chimeneas mediante métodos convencionales puede alcanzar longitudes de 100 m, longitudes mayores de 100 m se pierde eficiencia. En cambio, las chimeneas construidas con la plataforma trepadora Alimak, las longitudes están limitadas por el tipo de impulsión usado por la máquina, tal como se indica a continuación:

- Plataforma trepadora impulsado por propulsión neumática: 200 m.
- Plataforma trepadora impulsado por propulsión eléctrica: 1000 m.
- Plataforma trepadora impulsado por propulsión Diesel - Hidráulica: > 1000 m.

#### ***3.11.1. Consideraciones en la elección del equipo Alimak para chimeneas***

En la elección de la plataforma trepadora Alimak a emplearse en la construcción de chimeneas, se deben tener en cuenta los siguientes parámetros técnicos:

- La caracterización del macizo rocoso, debe tener un RMR de 50, RQD de 60 y un Q de 6 que corresponde a una calidad de macizo rocoso de regular a buena

- La sección mínima para este tipo de chimenea será de 2.40 x 2.40 m.
- La longitud mínima de la chimenea debe ser de 50 m.

Las ventajas que ofrece el uso de una plataforma trepadora Alimak se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 28**

*Ventajas del equipo Alimak*

Ventajas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se puede usar para chimeneas de pequeña a gran longitud y con una inclinación variable.</li> <li>• Es posible cambiar la inclinación de las chimeneas mediante el uso de carriles curvos.</li> <li>• Se puede construir chimeneas con diferentes secciones cambiando las plataformas, siendo posible excavar secciones de 3 m<sup>2</sup> a 20 m<sup>2</sup>.</li> <li>• Viables para chimeneas de más de 50 m de longitud pues brinda seguridad y rapidez.</li> <li>• Resulta ser ventajosas a diferencia de las chimeneas convencionales que solo se pueden aplicar en situaciones normales.</li> <li>• Es apta para distintos macizos rocosos, pero igual debe considerarse dicho factor para las evaluaciones de rigor y resistencia.</li> <li>• Puede emplearse para este tipo de plataforma la propulsión neumática, Diesel – hidráulica o eléctrica.</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia

**3.11.2. Recomendación del uso del equipo Alimak en operación**

Para realizar el análisis de los costos de construcción de una chimenea con métodos convencionales y plataforma trepadora Alimak, primero calcularemos el costo total para construir la chimenea.

Durante el ascenso, perforación y voladura, y descenso se tienen que tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- El operador de la plataforma trepadora, deberá tener el conocimiento necesario acerca del diseño, condiciones y accionamiento de la trepadora.
- Deberá estar muy bien familiarizado con la operación de la trepadora, tanto en condiciones normales, como en las emergencias, así como con la instructiva aplicable a la trepadora y su equipo.



- La trepadora no deberá utilizarse con una carga o velocidad mayor que el máximo establecido para el recorrido más largo, no deberá utilizarse en contra de las prohibiciones establecidas en los reglamentos para transportes de personal. Esto mismo es aplicable para el trepador de seguridad y emergencia.
- El transporte de materiales se deberá realizar de tal manera que los materiales no puedan lastimar a los pasajeros, caerse o atorarse en el paso de la trepadora. Cuando sea necesario, los materiales se empaquetarán cuidadosamente y se fijarán a la jaula o plataforma de trabajo.
- Durante la construcción de chimeneas con una plataforma trepadora, el método de ignición deberá ser tal que permita el encendido desde un sitio protegido. El transporte de explosivos en la plataforma trepadora, así como el almacenamiento y manejo de tales materiales en la jaula o plataforma de trabajo, se realizará en tal forma que no origine riesgos de explosión debido a daños mecánicos, fuego o ignición inadvertida de los detonadores.
- La jaula solamente se abordará o abandonará en un sitio protegido. Durante su conducción los pasajeros permanecerán en la jaula y el escotillón hacia la plataforma estará cerrado. La parte frontal abisagrada de la plataforma se mantendrá levantada.
- Durante el ascenso después de la voladura o por lo menos una vez de cada día, el carril guía con sus anclajes, especialmente los pernos de expansión deberán ser inspeccionado y cualquier daño rectificado inmediatamente. Si hubiera daños severos a las tuberías del carril, proceder con precaución con respecto a posible ventilación deficiente en la parte superior de la chimenea.
- Los aumentos de carril guía y el emparejado de la chimenea solamente se llevará a cabo bajo la protección del techo de seguridad, si la chimenea es vertical o inclinada hasta 60°.

- Durante todo el trabajo sobre la plataforma se utilizará cinturón de seguridad con cables fijados a la plataforma o al techo protector, la sección abisagrada de la plataforma de trabajo se bajará solo después de terminada las labores de emparejado.
- Durante cada turno se deberá revisar los elementos de fijación y el ajuste del dispositivo de seguridad, así como el funcionamiento de los dispositivos de señales.

## Capítulo IV. Análisis y discusión de resultados

### 4.1. Discusión de resultados

#### 4.1.1. Hipótesis General

Las hipótesis a tener presente son: La hipótesis general de investigación, la cual resulta ser la hipótesis alternativa, formulada de la siguiente forma,  $H_1$ :

$H_1$  Con la utilización de los equipos Alimak, influirá en mejorar los ciclos de avance de chimeneas

Por otro lado, también es necesario formular la negación de la hipótesis alternativa, esta se le conoce como la hipótesis nula. En la presente tesis, la hipótesis nula,  $H_0$ , queda definida como:

Formulación de la hipótesis nula,  $H_0$ .

$H_0$  Con la utilización de los equipos Alimak, no habrá una mejora en los ciclos de avance de chimeneas

Contrastación de la hipótesis general

**Tabla 29**

#### *Contrastación de la hipótesis general*

	Resultados de Contraste		
	Hipótesis	$H_0$	$H_1$
Estado de la naturaleza	$H_0$	Correcto	Error tipo I
	$H_1$	Error tipo II	Correcto

Fuente: Elaboración propia

Se puede afirmar la veracidad de la hipótesis alternativa, lo cual indica que “Con la utilización de los equipos Alimak, influirá en mejorar los ciclos de avance en las chimeneas.”, lo que significa que se rechaza la hipótesis nula. Con eso se demuestra que los ciclos de producción o de avance está directamente relacionado con el empleo de los equipos mecanizados Alimak dado que con estos dispositivos se busca que la producción, aumente, crezca y se desarrolle en distintas partes de la mina. La finalidad de los equipos

Alimak es mejorar la producción lo que conlleva a decir que estos equipos funcionan acordes a lo que se planifico y según las expectativas que se busca alcanzar.

Las chimeneas son indispensables en las operaciones mineras pues generan mejores eficiencias de trabajo en la mina es por ello que las razones se fundamentan en la aplicación minera que ocurre en la Unidad Minera Contonga. En ese sentido, gracias a los análisis comparativos entre los equipos para chimeneas, se conoce las causas que originaron las consecuencias previamente mencionadas.

#### 4.1.2. Hipótesis específicas

Hipótesis específica 1:

Las hipótesis a evaluar y/o corroborar, es la primera hipótesis específica la cual tiene 2 partes: La hipótesis específica alternativa y también una nula. La hipótesis específica alternativa, es aquella hipótesis específica de investigación formulada como:

$H_1$  Con la utilización del equipo mecanizado (Equipo Alimak), mejorará los tiempos de ejecución de las chimeneas

Formulación de la hipótesis nula,  $H_0$ .

$H_0$  Con la utilización del equipo mecanizado (Equipo Alimak), no habrá una mejora en los tiempos de ejecución de las chimeneas

Contrastación de la hipótesis específica 1

**Tabla 30**

#### *Contrastación de la hipótesis específica 1*

	Hipótesis	Resultados de Contraste	
		$H_0$	$H_1$
Estado de la naturaleza	$H_0$	Correcto	Error tipo I
	$H_1$	Error tipo II	Correcto

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la investigación llevada a cabo, se puede afirmar que se prueba la hipótesis alternativa la cual indica que: Con la utilización del equipo mecanizado (equipo Alimak), mejorará los tiempos de ejecución de las chimeneas, dado que el sistema convencional empleado y de acuerdo a las condiciones geológicas que ha estado

presentado la Unidad Minera Contonga no ha sido lo ideal en cuanto a la ejecución de los tiempos de trabajo; es por ello que al evaluarlo con los equipos Alimak este ha arrojado valores importantes de tiempo lo que implica de la eficacia de los equipos Alimak y, sobre todo, que no habrá retrasos en la ejecución de los proyectos. En tal sentido, contrastando la hipótesis con la realidad de la mina, se puede establecer que si habrá un mejoramiento considerable en cuanto a los tiempos de ejecución.

Hipótesis específica 2:

Las hipótesis a evaluar y/o corroborar, es la segunda hipótesis específica la cual tiene 2 partes: La hipótesis específica alternativa y también una nula. La hipótesis específica alternativa, es aquella hipótesis específica de investigación formulada como:

Formulación de la hipótesis nula,  $H_0$ .

$H_0$  Con la utilización del equipo mecanizado (Equipo Alimak), no habrá mejora en los avances de la producción de la chimenea Alimak para el cumplimiento de sus objetivos

Contrastación de la hipótesis específica 2

**Tabla 31**

*Contrastación de la hipótesis específica 2*

	Hipótesis	Resultados de Contraste	
		$H_0$	$H_1$
Estado de la naturaleza	$H_0$	Correcto	Error tipo I
	$H_1$	Error tipo II	Correcto

Fuente: Elaboración propia

En virtud a la información contenida, se puede establecer que la hipótesis alternativa se acepta y se rechaza la hipótesis nula. En cuanto a la hipótesis alternativa, entonces es evidente que con el empleo del equipo mecanizado (equipo Alimak) mejorará la producción de la chimenea Alimak para el cumplimiento de sus objetivos, esto se da por diversas razones, una de las cuales se trata que si la producción de las chimeneas aumenta considerablemente, esto puede ser por el empleo continuo de los equipos mecanizados Alimak, por su eficiencia y eficacia de trabajo, por la durabilidad por el cual

fueron construidos y, sobre todo, por la resistencia de los materiales que permitan a estos dispositivos a tener una mayor duración, y por consiguiente, que la producción de chimeneas sea mayor. Por otro lado, las labores de trabajo en mina pueden ser más riesgosas para aquellas chimeneas no cumple los mínimos estándares de seguridad y de producción laboral, por lo que se necesita es estar al día en las supervisiones.

#### 4.2. Cuadro comparativo de los tiempos de ejecución

Tiempo de ejecución que le toma a un equipo convencional para chimeneas.

**Tabla 32**

*Tiempo de ejecución para equipo convencional.*

	Longitud	Velocidad (m/día)	Días
Piloto	150	18	45
Rimado	150	4	78
Total			123

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 33**

*Tiempo de ejecución para equipo Alimak.*

	Longitud	Velocidad (m/día)	Días
Piloto	150	4	18
Rimado	150	1.5	100
Total			118

Fuente: Elaboración propia

El tiempo de ejecución empleando el equipo convencional es de 45 días para un total de 150 m de chimenea, muy por debajo a comparación de los 18 días con jaula trepadora Alimak para el caso de estudio.

#### 4.3. Cuadro comparativo de los costos

Equipo convencional

**Tabla 34 Costos para equipo convencional**

Descripción	Diámetro (inch.)	Unidad	US \$ / Unidad
Inclinación de chimenea			80° - 90°
Perforación de hueco piloto	12 ¼	Pulgada	450
Rimado			550
<b>Total por metro US \$</b>			<b>1000</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 35***Costos para equipo Alimak*

Descripción	Diámetro (inch.) or ft	Unidad	US \$ / Unidad
Inclinación de chimenea			80° - 90°
Perforación de hueco piloto	12 ¼	Pulgada	450
Rimado	7	Pies	650
<b>Total por metro US \$</b>			<b>1100</b>

Fuente: Elaboración propia

Alimak, Chimeneas con diámetros de 1.80 m.

**Tabla 36***Costo con equipo Alimak, chimeneas con diámetros de 1.80 m.*

Descripción	Precio Unitario por metro de avance \$/ metros lineales
Excavación de chimeneas de 0 a 200 m - 80° y 90°	500.00

Fuente: Elaboración propia

Valor agregado de los equipos Alimak sobre la unidad minera.

El valor agregado que genera el equipo Alimak es muy sólido y consistente dado que las actividades de producción minera lo hacen más rápido y eficiente – eficaz, generando un mayor valor agregado porque los productos, depósitos mineralógicos, pueden extraerse mucho mejor, a la vez que su transporte resulta ser más eficaz. El valor agregado también se puede medir en términos monetarios, lo que conlleva a que la empresa se beneficie por tener una mejor productividad laboral y como tal, menos gastos operativos y administrativos. Finalmente, en líneas generales se puede decir que el valor

agregado ayuda a la compañía en la ventilación de la mina, el transporte seguro del personal a cargo, el transporte de los cortes, detritos producto de las voladuras, entre otros factores.



## Conclusiones

Se concluye que el método de construcción de chimeneas mecanizado con plataforma trepadora Alimak es el más adecuado para su aplicación en la Unidad Minera Contonga. Ya que, el sistema mecanizado Alimak puede construir chimeneas de gran longitud en un tiempo menor, comparado con un método convencional o manual; siendo su costo de avance por metro casi el mismo respecto al sistema convencional, pero utiliza menos de la mitad del tiempo en su ejecución, por lo que resulta más rentable; reduciendo así tiempos de los ciclos de minado.

Observamos, que en la construcción de una chimenea mediante el método convencional el costo es de US \$ 19132.5 y el tiempo de ejecución de la chimenea es de 25 a 30 días, que incluye la excavación y limpieza, en cambio mediante el método mecanizado con plataforma trepadora Alimak, el costo es de US \$ 21195.5, el cual representa un 11 % más que con el método manual, pero el tiempo de construcción es de 14 a 16 días sin imprevistos, es decir, un 44 % menos de tiempo en comparación con el método manual.

Para proyectos de desarrollo de ejecución de chimeneas de ventilación, subniveles, cámaras y pilares y almacenamiento y/o servicios es necesario la construcción de chimeneas, para lo cual se aplica el sistema mecanizado, este último con uso de la plataforma trepadora Alimak.

En cuanto a la seguridad, el sistema convencional es de riesgo alto, por exposición de personal, y el mecanizado mediante el uso de la plataforma Alimak es de riesgo medio.

## Recomendaciones

El método convencional de construcción de chimeneas, mencionado sus ventajas, se sugiere realizar en chimeneas de menor sección (1.50 x 2.40 m.) y en longitudes menores a 50 m.

El sistema mecanizado con el uso de la plataforma trepadora Alimak es recomendable para chimeneas de mayor sección, proyectos de ventilación y longitudes que superen los 50 m. y para el caso de la Unidad Minera Contonga usar la plataforma eléctrica modelo STH-5E, adecuado para una sección de 2.50 x 2.50 m.

Por ser el sistema convencional de alto riesgo, exposición para el personal y durante la construcción de la chimenea doble compartimiento, el entablado con su respectivo tapón debe estar en dirección del camino a llevarse a una distancia no mayor a los 8 m; además, además de dotar de un cable de seguridad que facilite y garantice la bajada del personal y herramientas de trabajo.

## Referencias bibliográficas

- Andia, G. F. F. (2019). *Diseño de chimeneas gemelas para mejorar la ventilación en los niveles 1790 – 2050 Veta Paula CIA Minera Yanaquihua*. [Tesis de titulación, Universidad Nacional de San Agustín]. Repositorio UNSA. <https://repositorio.unsa.edu.pe/server/api/core/bitstreams/ff4bb808-c95a-40f0-a79e-723455bc3a25/content>
- Bateman, A. (1959). *Yacimientos Minerales de Rendimiento Económico*. Madrid, España: Ediciones Omega.
- Bhawani, S. R. G. (2011). *Engineering Rock Mass Classification “Tunneling, Foundations, and Landslides*. India. <https://shop.elsevier.com/books/engineering-rock-mass-classification/goel/978-0-12-385878-8>
- Chiroque, Y., Sifuentes, S., Arrescurenaga, E., y Ccahuana, A. (2012). *Sistema electromecánico para recuperación de chimeneas Raise Boring, chimenea RB12. Minera Aurífera Remasa S.A.* <https://docplayer.es/21908790-Sistema-electromecqnico-para-repcuperacion-de-chimeneas-raise-borer-chimenea-rb12.html>
- Cummins, A. B, y Given, I. A. (1973). *SME Mining Engineering Handbook, Volumes I and II*. Society of Mining Engineers, NY
- Escalante, A., y Benavides, C. (2018). *Proyecto de incremento de la producción de 1200 tmd a 2000 tmd mediante el método Sublevel open stoping y bench & fill en la U.E.A. Contonga S.A.* [Tesis de titulación, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión]. Repositorio UNDAC. <https://acortar.link/aWqLqQ>
- Estudios Mineros del Perú. (2008). *Manual de Minería*. [https://www.iestpoyon.edu.pe/web/documentos/Manual\\_de\\_Mineria.pdf](https://www.iestpoyon.edu.pe/web/documentos/Manual_de_Mineria.pdf)
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación*. (6ª. ed.). México Distrito Federal, México: McGraw – Hill Interamericana, S.A. de C.V.

- Huamani, H. K. (2012). *Construcción de chimeneas por método convencional y plataforma Alimak en la mina Raúl, 2011 perteneciente a la empresa minera Condestable S.A.C.* [Tesis de titulación, Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga]. Repositorio UNSH. <https://acortar.link/0p1sm4>
- Instituto Tecnológico GeoMinero de España (1997). *Manual de Evaluación Técnico – económica de proyectos mineros de inversión.* [https://books.google.com.pe/books/about/Manual\\_de\\_evaluaci%C3%B3n\\_t%C3%A9cnico\\_econ%C3%B3mic.html?id=slbqAAAACAAJ&redir\\_esc=y](https://books.google.com.pe/books/about/Manual_de_evaluaci%C3%B3n_t%C3%A9cnico_econ%C3%B3mic.html?id=slbqAAAACAAJ&redir_esc=y)
- Jiménez, R. (2016). *Construcción de la chimenea de equilibrio en el proyecto hidroeléctrico Quijos mediante el método Alimak.* [Tesis de titulación, Escuela Politécnica de Chimborazo]. Repositorio digital ESPOCH. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4923/1/53T00012%20.pdf>
- Joint Ore Reserves Committee (2012). *Australian Code for Reporting of Exploration Results, Minerals Resources and Ore Reserves.* Australia. [https://www.jorc.org/docs/JORC\\_code\\_2012.pdf](https://www.jorc.org/docs/JORC_code_2012.pdf)
- López Jimeno, C. (1991). *Manual de Arranque, Carga y Transporte en Minería a Cielo Abierto.* Madrid, España: Cartografía Madrid, S. A. [https://books.google.com.pe/books?id=qozTmb\\_qtWQC&printsec=frontcover&source=gbg\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=qozTmb_qtWQC&printsec=frontcover&source=gbg_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)
- López Jimeno, C. (1991). *Manual de Perforación y Voladura.* Madrid, España: Instituto Geológico y Minero de España. <https://www.geologiaviva.info/wp-content/uploads/2021/07/Manual-de-Perforacion-y-Voladura-de-Rocas.pdf>
- López Jimeno, C. (1993). *La modelización de los yacimientos y la clasificación de recursos. Canteras y Explotaciones.* Madrid, España.
- Mauricio, M. y Quispe, L. (2023). *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 titulación, Universidad Continental]. Repositorio Continental.

- Morrison, C. (1996). *Plain and Design of Mines*. Denver Colorado USA: SME.
- Navarro, R. J. C. (2020). *Aplicación del sistema Raise Climber ascendente para optimizar el avance de construcción de chimeneas en U. M. Orcopampa-Buenaventura 2020*. [Tesis de titulación, Universidad Continental]. Repositorio Continental. [https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/12300/4/IV\\_FIN\\_110\\_TE\\_Navarro\\_Romero\\_2020.pdf](https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/12300/4/IV_FIN_110_TE_Navarro_Romero_2020.pdf)
- Negreiros, G. W. A. (2012). *Construcción de chimeneas con jaula trepadora Alimak Modelo STH – 5E*. Repositorio.
- Obregón, S. D. A. (2021). *Evaluación de costos para la mejora de las operaciones en la unidad minera Contonga – Empresa Minera Los Quenuales S.A. – 2020*. [Tesis de ingeniería, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo]. [https://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/4788/T033\\_737872\\_11\\_T.pdf?sequence=1](https://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/4788/T033_737872_11_T.pdf?sequence=1)
- Palomino, G. D. P. (2010). *Proyecto del tunel 2006 U.P. Contonga de Minera Huallanca S.A.* [Tesis de titulación, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Repositorio UNCP. <https://acortar.link/boVCRE>
- Sandoval, T. V. Y. (2022). *Gestión de riesgos en construcción de chimeneas Alimak, para probar la seguridad en la empresa Operaciones Seprocal – Unidad de Producción Yauliyacu*. [Tesis de titulación, Universidad Nacional de Piura]. Repositorio UNP. <https://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12676/3865/IMIN-SAN-TIC-2022.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Seguridad Minera. (5 de junio de 2020). *Métodos y planeación de ventilación de minas subterráneas*. <https://acortar.link/KJA618>
- Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía [SNMPE]. (2004). *Manual de geomecánica aplicada a la prevención de accidentes por caída de rocas en minería subterránea*. Lima – Perú. <http://www.mediafire.com/download/3eh92vvvghrf1fh/Manual-Geomecanica-Aplicada-Prevencion-Accidentes-Caida-Rocas.pdf>

- Soria, J. (2013). *Optimización de costos en la construcción de Chimeneas con trepadoras Alimak Unidad Parcoy - Consorcio Minero Horizonte 2012*. [Tesis de titulación, Universidad Nacional Micaela Bastidas]. Repositorio Unamba.
- The Australasian Institute of Mining and Metallurgy. (2012). *Mine Manager's Handbook*. Monograph 26. Australia.
- Yepes, P. V. (2013). *Construcción de chimeneas mediante la plataforma trepadora Alimak*. <https://victoryepes.blogs.upv.es/2013/11/08/plataforma-trepadora-alimak/>
- Yucás, M. (2015). *Análisis geomecánico del macizo rocoso para la construcción de la chimenea Glory Hole mediante el sistema Alimak*. [Tesis de titulación, Universidad Central del Ecuador]. Repositorio digital UCE. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/6783/1/T-UCE-0012-369.pdf>
- Zuni, U. J. G. (2015). *Construcción de Chimenea de Equilibrio, con Plataforma Elevadora Alimak, en las obras subterráneas del proyecto hidroeléctrico Misicuni Cochabamba – Bolivia*. [Tesis de ingeniería, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. <https://repositorio.unsa.edu.pe/server/api/core/bitstreams/e75435af-66dd-4441-85c8-ce42b45fad26/content>