

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



TESIS

**Eficiencia del equipo Raise Boring en costos de construcción de  
chimeneas en una mina subterránea**

Para obtener el título profesional de Ingeniero de Minas

Elaborado por

Edson Fabricio Nestares Condor

 [0009-0003-5639-909X](https://orcid.org/0009-0003-5639-909X)

Asesor

M.Sc. Jose Antonio Corimanya Mauricio

 [0000-0003-1078-4155](https://orcid.org/0000-0003-1078-4155)

LIMA – PERÚ

2025

---

Citar/How to cite	Nestares Condor [1]
Referencia/Reference	[1] E. Nestares Condor, " <i>Eficiencia del equipo Raise Boring en costos de construcción de chimeneas en una mina subterránea</i> " [Tesis de pregrado]. Lima (Perú): Universidad Nacional de Ingeniería, 2025.
Estilo/Style: IEEE (2020)	

---



---

Citar/How to cite	(Nestares, 2025)
Referencia/Reference	Nestares, E. (2025). <i>Eficiencia del equipo Raise Boring en costos de construcción de chimeneas en una mina subterránea</i> . [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio institucional Cybertesis UNI.
Estilo/Style: APA (7ma ed.)	

---

### ***Dedicatoria***

*A mis amados padres, cuya orientación, amor incondicional y sacrificios han sido esenciales en mi vida y educación. Su apoyo constante y sus valores me han motivado a esforzarme y a lograr mis objetivos.*

*A mis docentes, por su dedicación y compromiso en mi desarrollo académico. Sus enseñanzas y consejos han sido cruciales para mi crecimiento tanto profesional como personal.*

*Con gratitud y aprecio, dedico este trabajo a todos ustedes.*

## **Agradecimientos**

Deseo manifestar mi más profundo agradecimiento a la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) por ofrecerme la oportunidad de recibir una educación académica en sus aulas. Agradezco a todos los profesores y al personal administrativo por su dedicación y apoyo a lo largo de mi carrera. Su compromiso con la excelencia educativa y su constante motivación han sido esenciales para la realización de esta tesis.

## Resumen

La investigación titulada “Eficiencia del equipo Raise Boring en los costos de construcción de chimeneas en una mina subterránea” tuvo como objetivo principal determinar el impacto de la eficiencia del equipo Raise Boring en la reducción de costos de construcción de chimeneas en la unidad minera Yauricocha. El estudio se justifica en la necesidad de optimizar los procesos mineros, mejorar la seguridad y reducir gastos en obras subterráneas críticas como las chimeneas de ventilación, servicios y transporte de mineral. La metodología empleada fue de tipo aplicada, con un enfoque explicativo y diseño experimental. La población de estudio estuvo conformada por todas las chimeneas construidas por la empresa Sociedad Minera Corona S.A. durante el año 2023, lo que permitió disponer de información confiable y reciente. A través de la evaluación de los costos reales de ejecución en comparación con los costos proyectados, se pudo establecer el nivel de eficiencia alcanzado con la aplicación del Raise Boring.

Los resultados evidencian que el uso del equipo Raise Boring generó una reducción de costos de aproximadamente 4%. Mientras que el costo proyectado fue de USD 1800, el costo real alcanzó los USD 1732.81, lo que representa un ahorro de USD 67.19 por metro lineal de chimenea construida. Este resultado, aplicado a las chimeneas RB 078 y RB 079, permitió obtener un ahorro total de USD 22,172.7 en un promedio de 330 metros. Más allá del aspecto económico, el Raise Boring mostró ventajas adicionales como mayor seguridad operativa, precisión en la perforación y reducción en los tiempos de ejecución frente a los métodos tradicionales.

En conclusión, la investigación confirma que el Raise Boring es una alternativa eficiente y competitiva para la construcción de chimeneas en minería subterránea, contribuyendo significativamente a la reducción de costos y a la gestión eficiente de los proyectos.

Palabras clave — Raise Boring, chimeneas, costos, piloto.

## **Abstract**

The research titled “Efficiency of the Raise Boring Equipment in the Construction Costs of Shafts in an underground mine” aimed to determine the impact of Raise Boring efficiency on reducing construction costs of shafts at the Yauricocha mining unit. The study is justified by the need to optimize mining processes, improve safety, and reduce expenses in critical underground works such as ventilation, service, and ore transport shafts.

The methodology applied was of an applied nature, with an explanatory approach and experimental design. The study population consisted of all the shafts constructed by Sociedad Minera Corona S.A. during 2023, which provided reliable and up-to-date information. By evaluating the actual execution costs in comparison with projected costs, the level of efficiency achieved through the application of Raise Boring was determined.

The results show that the use of Raise Boring equipment generated an approximate 4% reduction in costs. While the projected cost was USD 1800, the actual cost reached USD 1732.81, representing a saving of USD 67.19 per linear meter of shaft constructed. This result, applied to shafts RB 078 and RB 079, led to a total saving of USD 22,172.7 in an average of 330 meters. Beyond the economic aspect, Raise Boring demonstrated additional advantages such as improved operational safety, greater drilling precision, and reduced execution times compared to traditional shaft construction methods.

In conclusion, the research confirms that Raise Boring is an efficient and competitive alternative for shaft construction in underground mining, contributing significantly to cost reduction and efficient project management.

Keywords — Raise Boring, shafts, costs, pilot.

## Tabla de Contenido

	Pág.
Resumen .....	v
Abstract .....	vi
Introducción .....	xiv
Capítulo I. Parte introductoria del trabajo .....	1
1.1 Descripción del problema de investigación.....	1
1.2 Objetivo.....	2
1.2.1 Objetivo general .....	2
1.2.2 Objetivos específicos .....	2
1.3 Hipótesis .....	2
1.3.1 Hipótesis general .....	2
1.3.2 Hipótesis específicas.....	2
1.4 Operacionalización de variables.....	2
1.4.1 Variable independiente (V.I).....	2
1.4.2 Variable dependiente (V.D) .....	3
1.4.3 Indicadores .....	3
1.5 Antecedentes referenciales .....	5
1.5.1 Antecedentes internacionales .....	6
1.5.2 Antecedentes nacionales .....	6
Capítulo II. Marcos teórico y conceptual.....	8
2.1 Marco teórico .....	8
2.1.1 Chimenea.....	8
2.1.2 Perforación con Raise Boring.....	10
2.1.3 Aplicaciones técnicas de Raise Boring.....	11
2.1.4 Características del sistema con Raise Boring.....	15
2.1.5 Características de equipo Raise Boring.....	16
2.1.6 Ventajas y desventajas del método Raise Boring.....	19

2.1.7	Costos en minería .....	21
2.1.8	Análisis de los costos mineros .....	21
2.1.9	Tipos de costos .....	21
2.1.10	Costos de inversión .....	21
2.1.11	Costos de operación .....	22
2.1.12	Control de costos .....	22
2.1.13	Costos unitarios .....	23
2.2	Marco conceptual .....	23
2.2.1	Minería .....	23
2.2.2	Instalación y posicionamiento .....	23
2.2.3	Seguridad .....	23
2.2.4	Taladro piloto .....	23
2.2.5	Rimado .....	24
2.2.6	Perforación .....	24
2.2.7	Aire comprimido .....	25
2.2.8	Broca .....	25
2.2.9	Cámara .....	25
2.2.10	Barrido .....	25
2.2.11	Desvíos .....	25
	Capítulo III. Desarrollo del trabajo de investigación .....	26
3.1	Unidad de estudio .....	26
3.1.1	Ubicación y accesibilidad .....	26
3.1.2	Clima y vegetación .....	27
3.1.3	Recursos .....	27
3.1.4	Política empresarial .....	27
3.1.5	Gestión ambiental .....	28
3.1.6	Seguridad y sistema integrado de gestión .....	28
3.1.7	Geología mina .....	29

3.1.8 Geología económica .....	30
3.1.9 Método de explotación .....	30
3.1.10 Aspecto geomecánico .....	31
3.2 Estrategia metodológica .....	31
3.2.1 Tipo de investigación.....	31
3.2.2 Nivel de investigación.....	31
3.2.4 Diseño de investigación .....	32
3.2.5 Población y muestra.....	32
3.2.6 Técnicas de recolección de información.....	32
3.2.7 Instrumentos de recolección de información .....	33
3.2.8 Técnicas de análisis e interpretación de datos .....	33
Capítulo IV. Análisis e interpretación de resultados .....	34
4.1 Costo de propiedad del equipo Raise Boring Epiroc Robbins 123RH.....	34
4.2 Eficiencias del equipo Raise Boring a condiciones normales .....	35
4.3 Construcción chimenea RB 078 .....	35
4.3.1 Geomecánica Raise Boring 078.....	36
4.3.2 Cronograma de traslado, montaje, perforación y desmontaje.....	36
4.3.2 Cronograma de traslado, montaje, perforación y desmontaje.....	37
4.3.3 Inducción de personal inicio de obra .....	38
4.3.4 Costo por movilización y desmovilización de equipo para RB 078 .....	39
4.3.5 Costo por planilla de los empleados para RB 078 .....	40
4.3.6 Costo por planilla de los trabajadores para RB 078.....	41
4.3.7 Costo indirecto Raise Boring para RB 078 .....	42
4.3.8 Costo directo Raise Boring para RB 078 .....	44
4.3.9 Costo por metro lineal RB 078 .....	45
4.3.10 Eficiencias operativas del equipo Raise Boring en la Chimenea 078.....	46
4.4 Construcción chimenea RB 079 .....	46
4.4.1 Geomecánica Raise Boring 079.....	47

4.4.2	Cronograma de traslado, montaje, perforación y desmontaje.....	48
4.4.3	Inducción de personal inicio de obra .....	49
4.4.4	Costo por movilización y desmovilización de equipo para RB 079 .....	50
4.4.5	Costo por planilla de los empleados para RB 079 .....	51
4.4.6	Costo por planilla de los trabajadores para RB 079.....	52
4.4.7	Costo indirecto Raise Boring para RB 079 .....	53
4.4.8	Costo directo Raise Boring para RB 079 .....	55
4.4.9	Costo por metro lineal RB 079 .....	56
4.4.10	Eficiencias operativas del equipo Raise Boring en la Chimenea 079.....	57
4.4.11	Comparativo eficiencias del equipo Raise Boring.....	57
4.5	Validacion de Hipotesis .....	59
	Conclusiones .....	62
	Recomendaciones .....	63
	Referencias bibliográficas.....	64
	Anexos .....	67

## Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1 : Operacionalización de variables.....	3
Tabla 2 : Matriz de consistencia.....	4
Tabla 3 : Ventajas y desventajas del Raise Boring y el Raise Climber .....	8
Tabla 4 : Comparativa chimenea con equipo Raise Boring vs Raise Climber .....	9
Tabla 5 : Accesibilidad a la Unidad Minera Yauricocha.....	27
Tabla 6 : Tipo de rocas promedio para diferentes tipos de aberturas en excavación .....	31
Tabla 7 : Costo de propiedad del equipo.....	34
Tabla 8 : Eficiencias teóricas Equipo Epiroc Robins 123H .....	35
Tabla 9 : Elección tipo de roca.....	36
Tabla 10: Datos de chimenea RB 078 .....	36
Tabla 11: Cronograma de traslado, montaje, perforación y desmontaje RB 078.....	37
Tabla 12: Inducción de personal Raise Boring 078 .....	38
Tabla 13: Movilización del equipo Raise Boring.....	39
Tabla 14: Desmovilización del equipo Raise Boring.....	39
Tabla 15: Planilla mensual empleados.....	40
Tabla 16: Planilla mensual trabajadores .....	41
Tabla 17: Costo indirecto Raise Boring 078 .....	42
Tabla 18: Costo directo Raise Boring 078.....	44
Tabla 19: Costo por metro lineal chimenea 078 .....	45
Tabla 20: Resumen de eficiencias en la construcción de la chimenea RB 078 .....	46
Tabla 21: Elección tipo de roca.....	47
Tabla 22: Datos de chimenea RB 079 .....	47
Tabla 23: Cronograma de traslado, montaje, perforación y desmontaje RB 079.....	48
Tabla 24: Inducción de personal Raise Boring 079 .....	49
Tabla 25: Movilización del equipo Raise Boring.....	50
Tabla 26: Desmovilización del equipo Raise Boring.....	50

Tabla 27: Planilla mensual empleados.....	51
Tabla 28: Planilla mensual trabajadores .....	52
Tabla 29: Costo indirecto Raise Boring 079 .....	53
Tabla 30: Costo directo Raise Boring 079.....	55
Tabla 31: Costo por metro lineal chimenea 079 .....	56
Tabla 32: Resumen de eficiencias en la construcción de la chimenea RB 079 .....	57
Tabla 33: Cuadro comparativo de eficiencias .....	577
<b>Tabla 34: Determinacion de parametros de Wilconxon .....</b>	<b>60</b>

## Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1 : El proceso de Raise Boring.....	10
Figura 2 : Sistema tradicional.....	11
Figura 3 : Sistema horizontal .....	12
Figura 4 : Sistema Down Boring.....	13
Figura 5 : Sistema Raise Boring ciego .....	14
Figura 6 : Montaje de cabeza escariadora .....	15
Figura 7 : Inicio de la excavación de una chimenea .....	16
Figura 8 : Modelo Epiroc Robbins 123RH .....	17
Figura 9 : Plano de ubicación de Mina Yauricocha .....	26
Figura 10: Método de explotación Sublevel Caving .....	30
Figura 11: Plano isométrico RB 078 – Mina Yauricocha .....	35
Figura 12: Plano isométrico RB 079 – Mina Yauricocha .....	46
Figura 13: Comparativo de eficiencias .....	58

## Introducción

En la minería subterránea moderna, la construcción de chimeneas constituye una actividad fundamental para garantizar la ventilación, el transporte de minerales, la instalación de servicios y la seguridad operativa. Tradicionalmente, la ejecución de estas obras se realizaba mediante métodos convencionales como la perforación y voladura, los cuales si bien han sido efectivos, presentan limitaciones en cuanto a costos, tiempos de ejecución, precisión y seguridad. Ante este escenario, el uso de tecnologías mecanizadas como el Raise Boring ha surgido como una alternativa eficiente y competitiva, capaz de optimizar los recursos y contribuir a la sostenibilidad económica y operacional de las empresas mineras.

El presente trabajo de investigación, se estructura en cuatro capítulos que permiten abordar de manera integral el problema planteado.

En el Capítulo I, se presenta la parte introductoria del estudio, donde se describe el problema de investigación, se formulan los objetivos generales y específicos, así como las hipótesis que guiarán el análisis. Asimismo, se definen las variables independientes y dependientes, junto con sus respectivos indicadores, y se revisan los antecedentes nacionales e internacionales relacionados con la temática, los cuales brindan el sustento académico y técnico al trabajo.

El Capítulo II desarrolla el marco teórico y conceptual, abordando los fundamentos de la construcción de chimeneas, la tecnología Raise Boring y sus aplicaciones técnicas, características, ventajas y desventajas, así como los conceptos vinculados a los costos mineros. Este capítulo proporciona la base conceptual que permite comprender los factores que intervienen en la eficiencia técnica y económica del método Raise Boring.

En el Capítulo III, se expone el desarrollo del trabajo de investigación, describiendo la unidad de estudio, la ubicación de la Mina Yauricocha y sus características geológicas, ambientales y de gestión. Además, se detalla la estrategia metodológica aplicada, el tipo y

nivel de investigación, la población y muestra de estudio, así como las técnicas e instrumentos empleados para la recolección y análisis de datos.

Finalmente, el Capítulo IV comprende el análisis y discusión de resultados, donde se evalúa el costo de propiedad del equipo Raise Boring, sus eficiencias bajo condiciones operativas reales y el estudio específico de la construcción de las chimeneas RB 078 y RB 079. En este capítulo se desglosan los costos directos e indirectos, los costos por metro lineal y las eficiencias alcanzadas, lo que permite realizar un análisis comparativo y demostrar la influencia del Raise Boring en la reducción de los costos de construcción.

De esta manera, la investigación busca demostrar que la implementación del Raise Boring en la construcción de chimeneas en la Mina Yauricocha no solo representa una mejora en términos económicos, sino también una oportunidad de modernización tecnológica, reducción de riesgos operativos y mayor competitividad en el sector minero.

# Capítulo I. Parte introductoria del trabajo

## 1.1 Descripción del problema de investigación

La actividad minera conlleva a grandes retos en razón a su explotación, por este motivo con el pasar del tiempo está en constante cambios en cuanto a su tecnología en la cual se consideran aspectos muy importantes como son eficiencia operativa, precisión, calidad, seguridad y aspectos ambientales.

En razón a lo anterior, mina Yauricocha por ser de extracción subterránea contiene dificultades como la seguridad del personal, preparación de labores, extracción de material de producción (mineral), y desmonte, accesos viales internos y externos para acarreo, transporte y la ventilación que tiene un efecto directo en el rendimiento de maquinarias y personal.

Cuestionamientos en base a lo explicado en el párrafo anterior; actualmente la empresa viene desarrollándose para buscar incrementar su producción y para ello necesita brindar las condiciones necesarias indicadas para lograrlo; en ese sentido la Unidad Minera mencionada busca construir chimeneas con dimensiones considerables para utilizarlas en distintas índoles como la ventilación de sus labores y extracción de material, por ello hace necesario hacer construcciones con el equipo Raise Boring y de esa manera conseguir reducir sus costos por operación por metros de avance; es así que la operación eficiente será basada en cuanto el control de los costos de propiedad del equipo utilizado sea el mínimo y no presenta dificultades en su puesta en marcha, además del logro y buen desempeño para iniciar y terminar sus labores.

De lo anterior se hace necesario el estudio de medir la influencia de la eficiente operación del equipo Raise Boring sobre los costos de construcción de chimeneas.

**¿En qué medida la inadecuada eficiencia del equipo Raise Boring afecta de manera negativa los costos totales de construcción de chimeneas en la mina Yauricocha?**

¿En qué medida la baja eficiencia del equipo Raise Boring incide de forma perjudicial en los costos unitarios por metro de avance durante la construcción de chimeneas en la mina Yauricocha?

¿En qué medida la deficiente eficiencia operativa del equipo Raise Boring ocasiona demoras e ineficiencias en el ciclo de operación durante la ejecución de chimeneas en la mina Yauricocha?

## **1.2 Objetivo**

### **1.2.1 Objetivo general**

Determinar el impacto de la eficiencia del equipo Raise Boring en los costos de construcción de chimeneas en la Mina Yauricocha.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Determinar en qué medida la eficiencia del equipo Raise Boring incide en los costos por metro de avance de chimeneas en mina Yauricocha.
- Determinar en qué medida incide la eficiencia del equipo Raise Boring en el ciclo de operación de ejecución de la chimenea.

## **1.3 Hipótesis**

### **1.3.1 Hipótesis general**

La mejora en la eficiencia del equipo Raise Boring permitirá reducir significativamente los costos totales de construcción de chimeneas en la mina Yauricocha.

### **1.3.2 Hipótesis específicas**

- El incremento en la eficiencia del equipo Raise Boring permitirá disminuir los costos unitarios por metro de avance en la construcción de chimeneas en la mina Yauricocha.
- La optimización de la eficiencia operativa del equipo Raise Boring reducirá el tiempo del ciclo total de operación y mejorará el rendimiento en la ejecución de chimeneas en la mina Yauricocha.

## **1.4 Operacionalización de variables**

### **1.4.1 Variable independiente (V.I)**

X: Eficiencia del equipo Raise Boring.

#### 1.4.2 Variable dependiente (V.D)

Y: Costos de construcción en chimeneas.

#### 1.4.3 Indicadores

Se consideran los siguientes:

##### 1.4.3.1 Indicadores X.

X1: Costos por operación del equipo.

X2: Tiempo de avance (m/día).

X3: Consumo mano de obra

##### 1.4.3.2 Indicadores Y.

Y1: Costos por metro de avance.

Y2 Costos mano de obra.

Y3: Tiempo de ejecución total.

**Tabla 1**

*Operacionalización de variables*

VARIABLES	INDICADORES
Independiente: Eficiencia del equipo Raise Boring	Costos por operación del equipo
	Tiempo de avance (m/día)
	Consumo mano de obra
Dependiente: Costos de construcción de chimeneas	Costos por metro de avance
	Costos mano de obra
	Tiempo de ejecución total

*Nota:* Elaboración propia

**Tabla 2**

*Matriz de consistencia*

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	METODOLOGÍA
<p><b>Problema general</b></p> <p>¿En qué medida la inadecuada eficiencia del equipo Raise Boring afecta de manera negativa los costos totales de construcción de chimeneas en la mina Yauricocha?</p>	<p><b>Objetivo general</b></p> <p>Determinar el impacto de la eficiencia del equipo Raise Boring en los costos de construcción de chimeneas en la Mina Yauricocha.</p>	<p><b>Hipótesis General</b></p> <p>La mejora en la eficiencia del equipo Raise Boring permitirá reducir significativamente los costos totales de construcción de chimeneas en la mina Yauricocha.</p>	<p><b>Variable Independiente</b></p> <p>X: Eficiencia del equipo Raise Boring</p>	<p>- Costos por operación del equipo. (388,894.10 USD)</p> <p>- Tiempo de avance. (7.36-9.43 m/día)</p> <p>- Consumo mano de obra. ( 6 empleados 4 trabajadores)</p>	<p><b>Tipo:</b> Aplicada (R. Hernández, 2014)</p> <p><b>Nivel:</b> Explicativo (Arias, 2006)</p> <p><b>Diseño:</b> Experimental de forma pre-experimental (Arias, 2006).</p> <p><b>Población:</b> Constituida por todas las chimeneas construidas en la para diferentes propósitos en la unidad minera Yauricocha</p>
<p><b>Problemas específicos</b></p> <p>¿En qué medida la baja eficiencia del equipo Raise Boring incide de forma perjudicial en los costos unitarios por metro de avance durante la construcción de chimeneas en la mina?</p>	<p><b>Objetivos específicos</b></p> <p>Determinar en qué medida la eficiencia del equipo Raise Boring incide en los costos por metro de avance de chimeneas en mina Yauricocha.</p>	<p><b>Hipótesis específicas</b></p> <p>El incremento en la eficiencia del equipo Raise Boring permitirá disminuir los costos unitarios por metro de avance en la construcción de chimeneas en la mina Yauricocha.</p>	<p><b>Variable dependiente</b></p> <p>Y: Costos de construcción en chimeneas</p>	<p>- Costos por metro de avance. (1732.81 USD/m)</p> <p>- Costos mano de obra. (58.98 USD/hora 20.97 USD/hora)</p> <p>- Tiempo de ejecución total (35-45 días)</p>	<p><b>Muestra:</b> chimeneas construidas con secciones de diámetro mayor a 3.1 metros y una longitud superior a 320 metros, ya que estas dimensiones mínimas son necesarias para evaluar la eficiencia del uso del equipo.</p> <p><b>Técnicas:</b> Análisis documental y Fichaje</p> <p><b>Instrumentos:</b> Reportes e informes y fichas de investigación.</p> <p><b>Análisis e interpretación de datos:</b> La depuración, La clasificación, Interpretación</p>
<p>¿En qué medida la deficiente eficiencia operativa del equipo Raise Boring ocasiona demoras e ineficiencias en el ciclo de operación durante la ejecución de chimeneas en la mina?</p>	<p>Determinar en qué medida incide la eficiencia del equipo Raise Boring en el ciclo de operación de ejecución de la chimenea.</p>	<p>La optimización de la eficiencia operativa del equipo Raise Boring reducirá el tiempo del ciclo total de operación y mejorará el rendimiento en la ejecución de chimeneas en la mina Yauricocha.</p>			

Nota: Elaboración propia

## **1.5 Antecedentes referenciales**

Sociedad Minera Corona es una subsidiaria indirecta de Sierra Metals Inc., a través de Dia Bras Perú S.A.C., una entidad directamente controlada al 100% por Sierra Metals Inc. y que posee el 92.33% de las acciones con derecho a voto de la Sociedad Minera Corona.

Por su parte, Sierra Metals Inc. es una compañía canadiense de minería enfocada en la producción de metales preciosos y metales de base que obtiene de sus operaciones en Perú y México.

Sierra Metals Inc. tiene como unidad operativa principal en Perú a Mina Yauricocha explota minerales polimetálicos como son plomo, plata, cobre, zinc, con una capacidad actual de 3600 toneladas por día.

En mina Yauricocha en el año 2022 ejecutó un proyecto de ampliación de una chimenea de sección 1.5 m x 1.5 m con el equipo Raise Climber a una sección cuadrada de 3.8m x 3.8m con el método descendente con una longitud de 145.7 mt., iniciando en el Nv. 870 hasta el Nv. 720 el proyecto tuvo una duración de 4 meses con un costo de 1200 \$/m, por lo general el uso de Raise Climber es muy riesgosa por tener mano de obra enfocada dentro de la construcción de la chimenea, cabe mencionar que es por este motivo que se opta por el uso de Raise Boring donde no se usa la mano de obra enfocada dentro de la construcción de la chimenea y es más rápida en la construcción.

En el año 2022 se ejecutó un proyecto con Raise Boring en la mina Yauricocha con un alcance de excavación de la chimenea 74 de sección circular, de diámetro 3.1 m inclinación 90 grados y profundidad 320 m, iniciando en el Nv. 1120 hasta el Nv 770 con una duración de 20 días, con un costo promedio de 1800 \$/mt, los costos varían de acuerdo al tipo de construcción y factores externos como son el tipo de cambio y otros.

En razón a lo anterior cabe enfatizar que la construcción con Raise Boring son más seguro y eficiente en su ejecución.

### **1.5.1 Antecedentes internacionales**

Según Shaterpour y Bilgin (2016), en su publicación “Algunas contribuciones a la estimación del rendimiento y los parámetros operativos de las perforadoras de chimeneas: un estudio de caso en la mina de cobre de Kure, Turquía”, el objetivo principal de esta investigación es de resumir un estudio de caso sobre rendimientos de excavación obtenido con los resultados de un modelo teórico desarrollado previamente y un modelo experimental utilizando conceptos de mecánica de corte de rocas. Este estudio se realizó para predecir el rendimiento de excavación de la RBM utilizada en la mina de cobre subterránea de Kure-Asikoy para excavar un pozo de ventilación, llegando a las conclusiones que La metodología RBM demostró ser técnicamente factible y económicamente viable para implementar las mejoras y propuestas en la línea de investigación del proyecto en comparación con la alternativa actual de construcción de chimeneas (Blind Hole) y que también La metodología RBM es un método de construcción de chimeneas que se destaca por su rapidez y eficiencia, capaz de construir una chimenea de 45 metros de longitud en tan solo 6 días lo que representa la mitad del tiempo utilizado por otras metodologías.

### **1.5.2 Antecedentes nacionales**

Según Yacsavilca, A. (2023) desarrollo su tesis en “Sistema de perforación Raise Boring” presentado en la Universidad Nacional de Ingeniería, menciona que la utilización del método Raise Boring es moderno y revolucionario utilizado para construir chimeneas de ventilación, vías de acceso (echadero de mineral) donde la velocidad de operación y seguridad del personal es justificada a diferencia de otros métodos de excavación que tienen elevados costos generales por el uso perforadoras neumáticas, explosivos, mano de obra enfocada, seguridad y otros.

Según Dueñas (2023) desarrollo su tesis en “Aplicación del método de perforación Raise Boring para la Construcción de Chimenea de Ventilación En La U.P. Alpayana”, tuvo como objetivo general determinar la influencia de la aplicación del método de perforación Raise Boring en la construcción de chimeneas de ventilación de la U.P. Alpayana, llegando

a la conclusión que la perforación con Raise Boring, tiene una influencia significativa positiva en la construcción de chimeneas de ventilación de la unidad minera Alpayana.

Según Ollachica y Ollachica (2019) desarrollaron su tesis en “Optimización en la Construcción de Chimenea en la veta Ánimas mediante el Método de Perforación Raise Boring en la Minera Bateas SAC, Caylloma”. Tuvo como objetivo General Optimizar la Construcción de chimenea en la veta anima mediante el método de perforación Raise Boring en minas bateas, este estudio está basado en la metodología de construcción con el equipo Raise Boring, teniendo como resultado mejores tiempos y mayor seguridad de los trabajadores en la construcción de labores verticales.

Según Camargo y Segura (2023), desarrollo su tesis en “Desarrollo de una Chimenea de Ventilación en una Mina Ubicada al centro del Perú aplicando el Sistema Raise Boring”, tuvo como objetivos, ejecutar el ciclo de operaciones de un proyecto, también evaluar rendimientos de un equipo Raise Boring, la metodología fue del tipo aplicada, de diseño experimental, de nivel descriptivo, correlacionales, explicativo y aplicativo, teniendo como conclusión que uno de los principales beneficios de la perforación con Raise Boring fue; que es un método seguro y eficiente para crear aberturas subterráneas. A diferencia de otros sistemas de perforación, como la perforación convencional, la perforación Raise Boring no utiliza explosivos y no genera vibraciones ni gases tóxicos. Además, en el sistema Raise Boring se cuenta con una mayor seguridad de ejecución, debido a que no se tiene contacto directo con el macizo rocoso triturado, genera una sección uniforme (no requiere desquinche ni sostenimiento) y cuenta con una mayor precisión de conexión.

## Capítulo II. Marcos teórico y conceptual

### 2.1 Marco teórico

#### 2.1.1 Chimenea

Para Ollachica y Ollachica (2019) el concepto de chimenea como labores verticales con ángulos mayores a 40 grados de sección circular, cuadrada o rectangular dependiendo del uso que se le dará, las chimeneas tienen funciones variadas, pueden ser de uso para el movimiento de personal, ventilación, explotación, exploración, siendo muy importantes en las minas ya que su construcción es muy costosa dependiendo del método a usar para construirlas, pueden ser manuales, mecanizados o combinados.

**Tabla 3**

*Ventajas y desventajas del Raise Boring y el Raise Climber*

MÉTODO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Raise Boring	Altamente seguro	Costo de inversión elevado en equipo
	Perforación precisa	Dependencia del taladro piloto
	Riesgo bajo de accidentes por caída de rocas	Mano de obra altamente calificada
	No se usa explosivos	Difícil uso en macizos rocosos complejos
	Excavación para longitudes largas 1000 mt	
Raise Climber	Excavaciones más flexibles en el macizo rocoso	Personal expuesto a caída de rocas en construcción de chimenea
	Inversión inicial es menor	Uso de explosivos
	Avances más eficientes en macizo rocosos complejos	Tiempos mayores en limpieza y sostenimiento
	En presencia de agua trabaja normalmente	Acabado de la chimenea con menor precisión

*Nota:* Elaboración propia

**Tabla 4***Comparativa chimenea con equipo Raise Boring vs Raise Climber*

MÉTODO	DIÁMETRO	SECCIÓN	COSTO UNITARIO APROX.	TIPO DE ROCA	NIVEL DE MECANIZACIÓN	NIVEL DE SEGURIDAD	ENERGÍA USADA EN LA CONSTRUCCIÓN	AVANCE/GUARDIA EN CONSTRUCCIÓN	LONGITUD MÁXIMA DE EXCAVACIÓN TEÓRICA
Raise Boring	3.1 m		1800 \$/mt	III-B	Mecanizado	Altamente seguro (no requiere mano de obra enfocada)	Mecánica (trituration de roca)	Piloto 15 m Escariado 10 m	1100 m
Raise climber (Alimak)		3.1x3.1	1000\$/mt	III-B	Semi-mecanizado	Riesgo medio (requiere mano de obra enfocada)	Explosivos	2.0 m	900 m

*Nota: Elaboración propia*

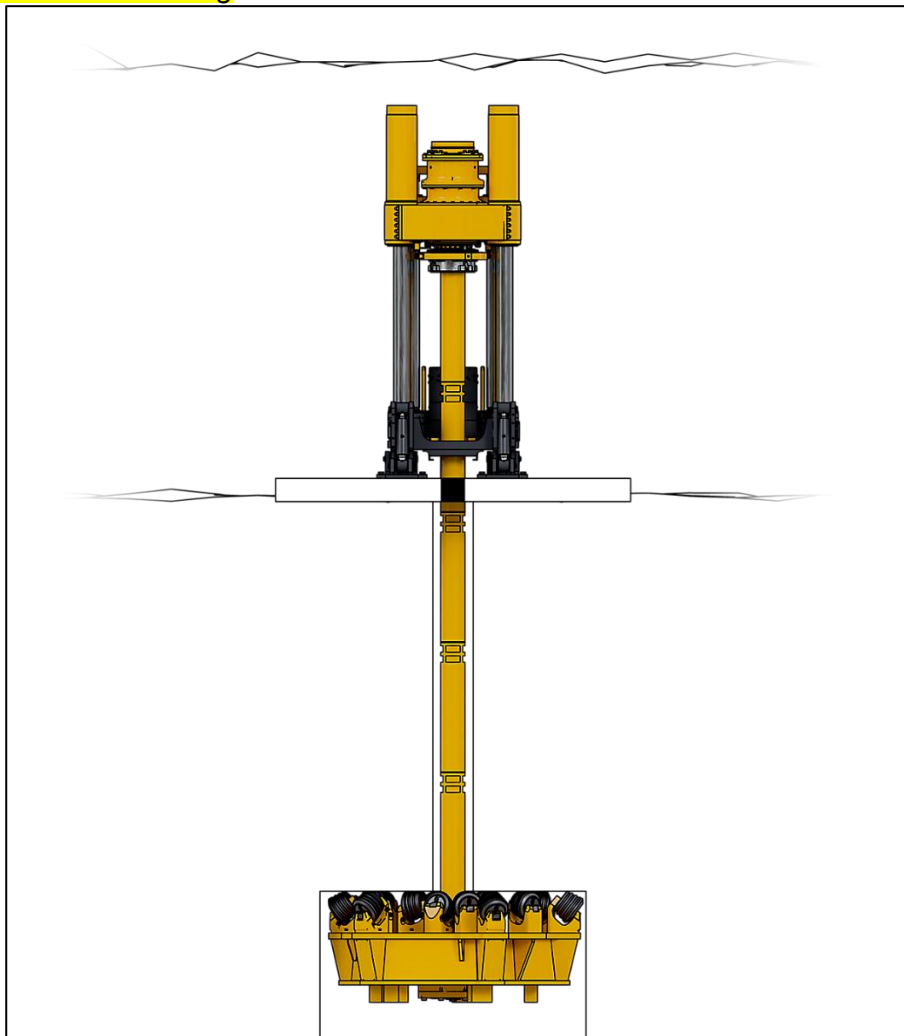
### 2.1.2 Perforación con Raise Boring

Para Yepes, V. (2014) define como un método de excavación utilizado principalmente en minería subterráneas, que consiste en perforar un pozo piloto desde una galería inferior hacia una superior, se conecta con una cabeza de corte en el pozo piloto y se utiliza una máquina de perforación para hacer descender esta cabeza de esta manera ensanchando el pozo piloto hasta el diámetro deseado el material excavado cae por gravedad hacia la galería inferior donde es evacuada.

Este método es el más seguro y eficiente en comparación a otros métodos convencionales y reduce la exposición de la mano de obra enfocada permitiendo una excavación controlada y segura.

#### Figura 1

##### El proceso de Raise Boring



Nota: Epiroc, 2018

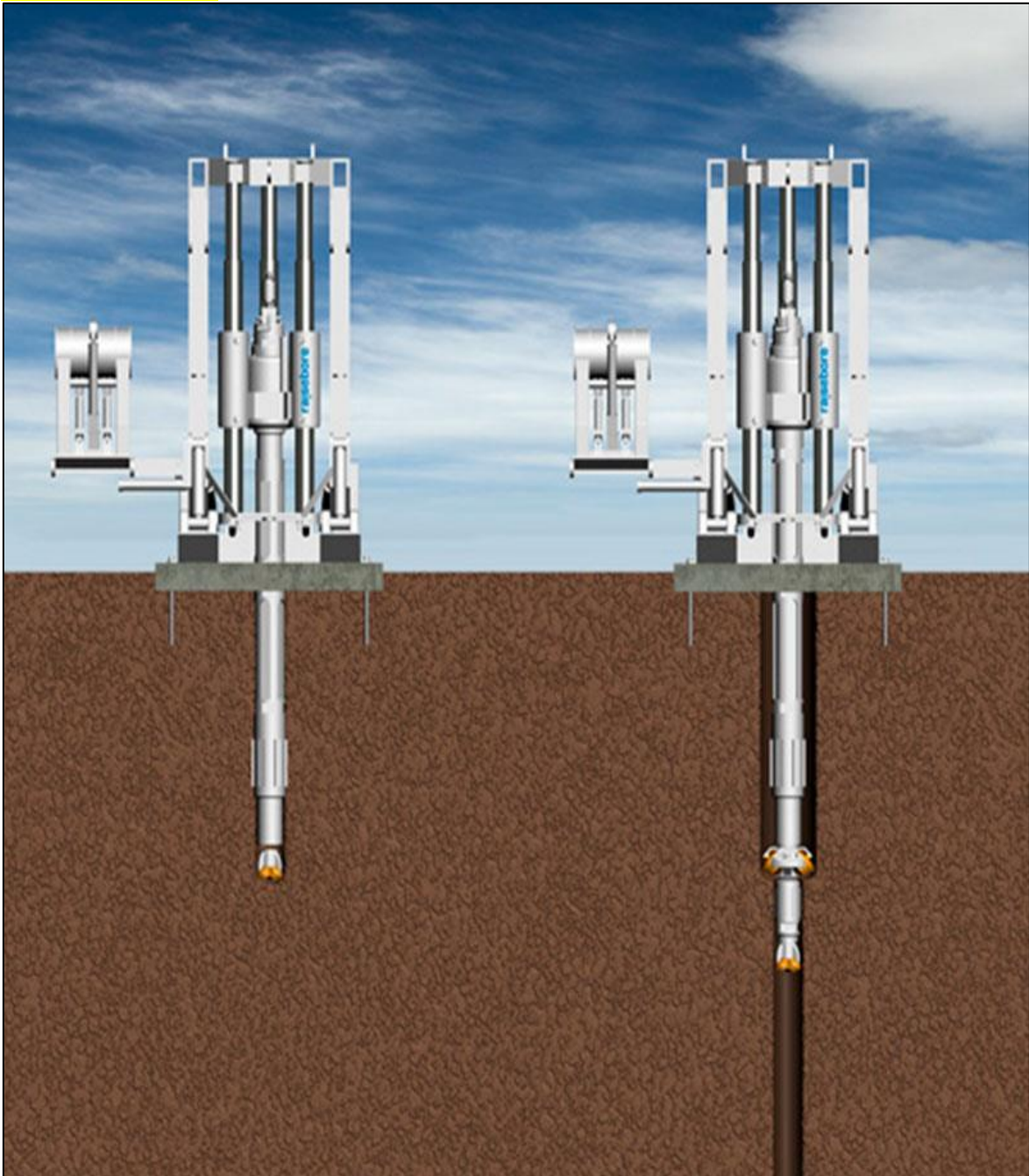
### 2.1.3 Aplicaciones técnicas de Raise Boring

Para Yepes, V. (2014) define lo siguiente:

**2.1.3.1 Sistema tradicional.** Es un sistema seguro, eficiente y de bajo coste para realizar excavaciones en diferentes diámetros, longitudes y distintas formaciones geológicas.

#### Figura 2

##### Sistema tradicional

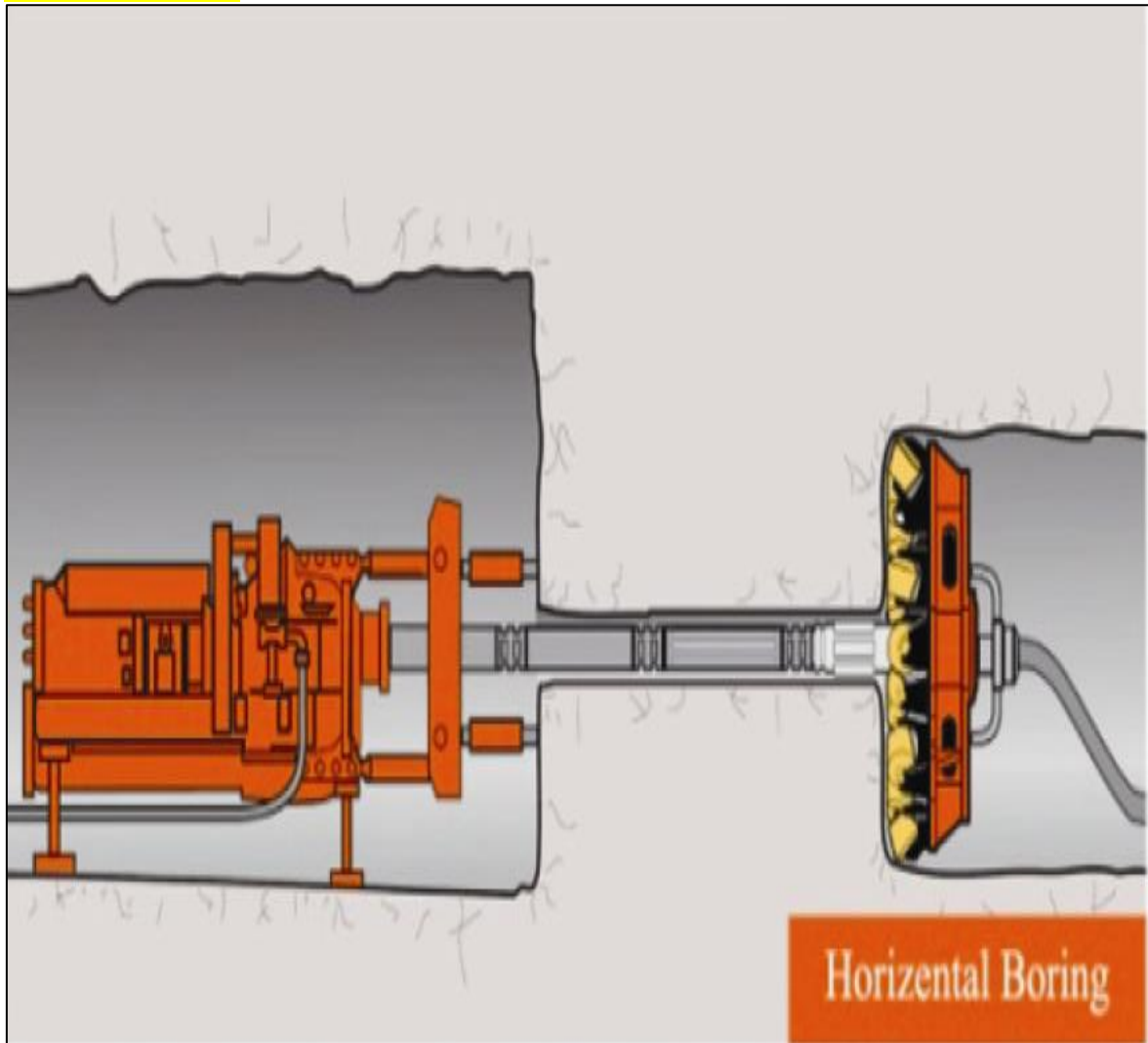


Nota: Solumaq, 2017

**2.1.3.2 Sistema horizontal.** Nace como competencia a la perforación tradicional con voladura y a las TBM. Las claves de este sistema son un sondeo piloto certero (normalmente en dos etapas), una buena evacuación de los detritus y la estabilidad de la formación rocosa.

**Figura 3:**

*Sistema horizontal*

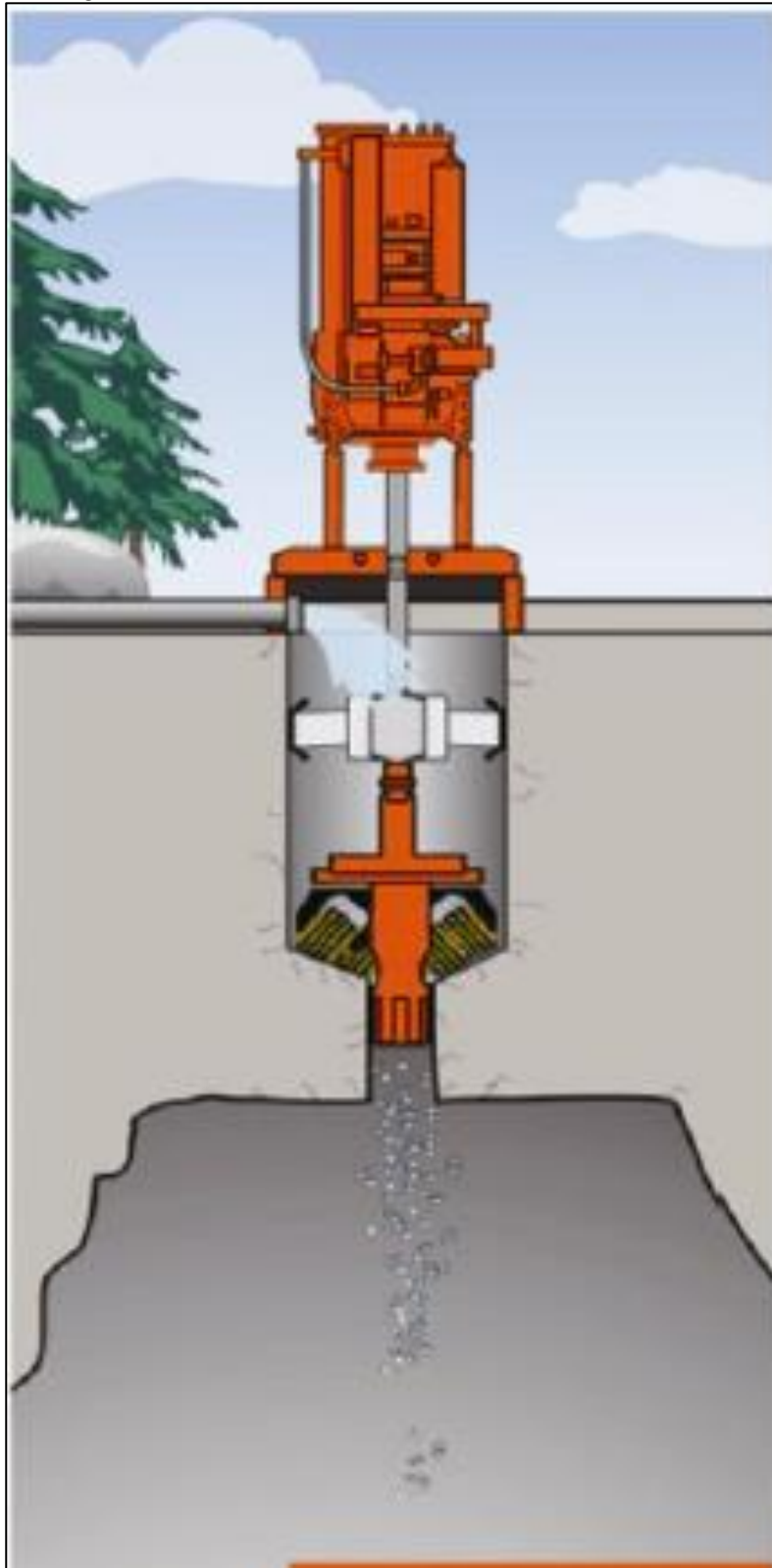


Nota: Yepes, 2014

**2.1.3.3 Sistema Down Boring.** Este método se ha desarrollado en minas para perforar chimeneas entre los subniveles cuando no se puede utilizar el Raise-Boring tradicional. Primero se hace el sondeo piloto hasta llegar al subnivel correspondiente, se retira la sarta de perforación y se empuja la cabeza hacia abajo para escariar el sondeo. Los detritus caen por gravedad con la ayuda del flujo de agua.

**Figura 4**

**Sistema Down Boring**

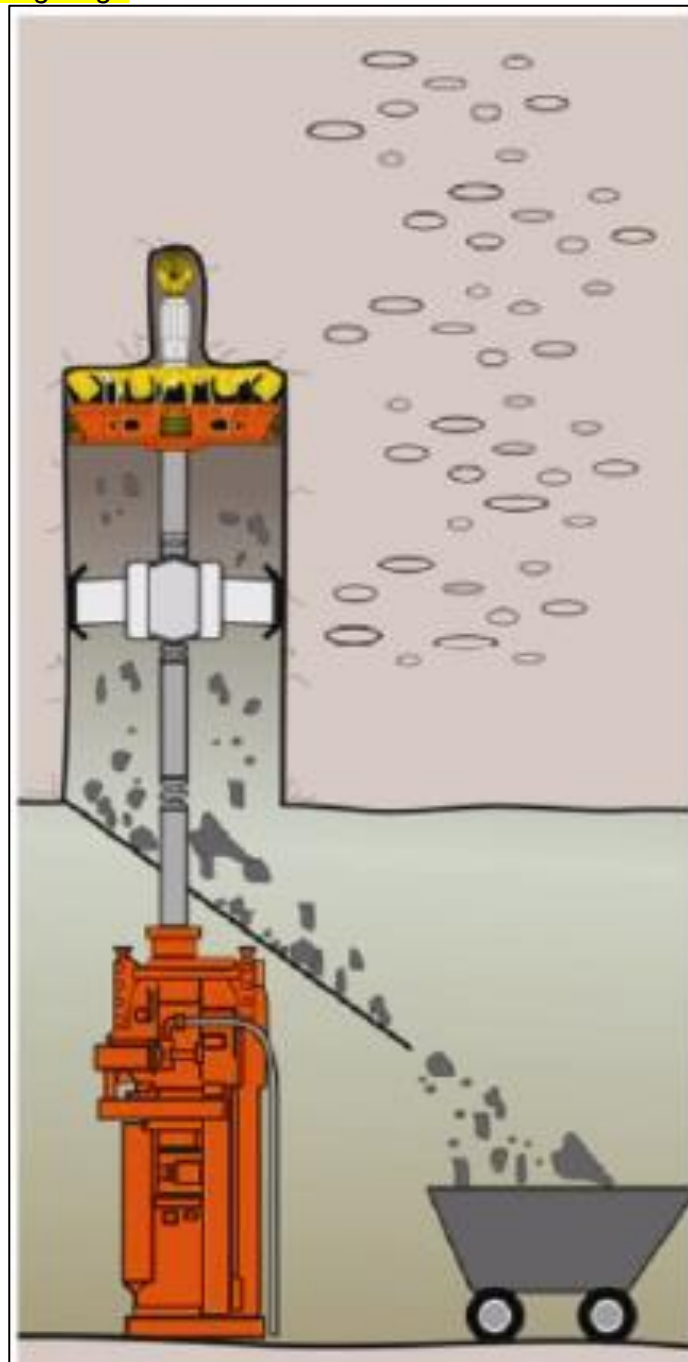


Nota: Yepes, 2014

**2.1.3.4 Sistema Raise-Boring ciego.** Se usa para realizar chimeneas ciegas. La perforación se hace desde un nivel inferior, donde también está el control de la máquina. Esta es similar a una mini TBM, capaz de perforar verticalmente hasta con un ángulo de 30 grados. La máquina está expuesta a la caída de detritus por gravedad, de ahí que lleve unos pequeños transportadores para su evacuación. La dirección se controla por láser.

**Figura 5**

*Sistema Raise Boring ciego*



Nota: Yepes, 2014

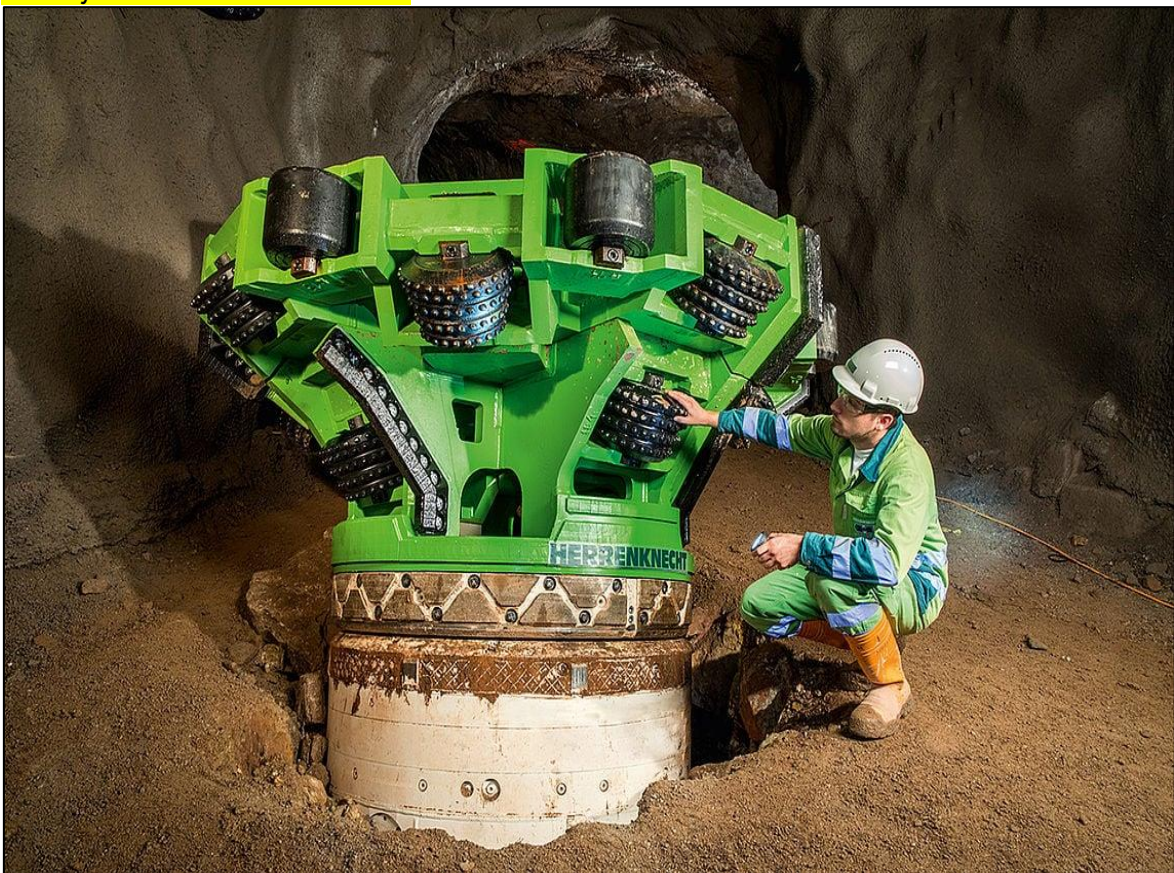
### 2.1.4 Características del sistema con Raise Boring

Este sistema tiene las siguientes ventajas respecto a los métodos tradicionales:

- Seguridad. Se eliminan los riesgos asociados a la presencia de trabajadores en el frente en excavaciones verticales.
- Coste efectivo. Se elimina personal altamente cualificado para la perforación de pozos y chimeneas. La reducción es más evidente conforme aumenta la longitud de la excavación.
- Rapidez. El sistema es de avance continuo, con lo que se eliminan tiempos improductivos.
- Paredes suaves y autosostenidas. El sistema no afecta a la roca circundante al hueco, con lo que no se precisa sostenimiento. Las paredes son lisas, con lo que la resistencia a la circulación del aire disminuye.

**Figura 6.**

**Montaje de cabeza escariadora**



Nota: Yepes, 2014

**Figura 7:**

*Inicio de la excavación de una chimenea*



Nota: Epiroc, 2018

### ***2.1.5 Características de equipo Raise Boring***

De acuerdo con Aguila et al. (2016) el equipo de Raise Boring es una maquinaria especializada utilizada para la perforación de chimeneas en minería y otras obras subterráneas. A continuación, se detallan sus principales características:

**Figura 8**

**Modelo Epiroc Robbins 123RH**



Nota: Aguila et al, 2016

- Cabeza de corte:
  - Diámetro: Entre 3.1 - 6 metros.
  - Peso: entre 1 a 10 toneladas
  - Numero de cortadores: 16 unidades
- Unidad de perforación:
  - Capacidad de empuje: 8923 kN

- Potencia del motor: Entre 200 - 1,000 kW.
- RPM piloto: 0-580rpm
- RPM escariado: 0-7 rpm
- Aire de achique 25m<sup>3</sup>/min
- Empacado, agua: 800 l/min
- Alimentación eléctrica 580/650 kW
- Tubería de perforación:
  - Diámetro: Generalmente entre 200 y 400 mm.
  - Longitud por sección: Usualmente de 1.5 a 3 metros por sección.
  - Peso por sección: Aproximadamente entre 200 y 500 kg.
- Longitud de perforación
  - Diámetro del pozo piloto: Entre 220 y 350 mm.
  - Longitud de la chimenea nominal 900 m
  - Longitud máxima de la chimenea 1100 m
- Sistema de control:
  - Automatización: Sistemas PLC (Controlador Lógico Programable) para control preciso.
  - Sensores: Monitoreo en tiempo real de presión, torque y velocidad.
- Seguridad:
  - Sistemas de Protección: Múltiples sistemas de corte automático y alarmas.
  - Monitoreo: Sensores para detección de vibraciones y desalineaciones.
- Diseño:
  - Construcción de chimeneas de ventilación, pozos de acceso y transporte de mineral, el diseño varía de acuerdo al requerimiento del proyecto minero.

## **2.1.6 Ventajas y desventajas del método Raise Boring**

### **2.1.6.1 Ventajas del Raise Boring.**

- Seguridad:
  - Reducción de Riesgos porque los trabajadores no están expuestos directamente a la zona de perforación, lo que disminuye los riesgos de accidentes.
  - El método es menos propenso a colapsos y desprendimientos comparado con métodos tradicionales, reduciendo el riesgo de colapso un 90%.
- Eficiencia:
  - Permite una perforación más rápida y uniforme, reduciendo el tiempo total del proyecto, 50% más rápido que otros métodos.
  - Mayor productividad debido a la automatización y la capacidad de manejar grandes volúmenes de material.
- Precisión:
  - Alineación precisa que produce chimeneas con una alineación más precisa y paredes más lisas, con una máxima desviación de 1% en 1000 m de profundidad.
  - Diámetro consistente que garantiza un diámetro uniforme a lo largo de toda la chimenea.
- Costos:
  - Ahorro de Costos a largo plazo, aunque la inversión inicial puede ser alta, el ahorro en costos operacionales y el menor tiempo de perforación pueden compensar rápidamente esta inversión.
  - Menos necesidad de refuerzos en la precisión y calidad de la chimenea reduce la necesidad de refuerzos estructurales adicionales, hasta un 50% menos, depende del diseño.

- Flexibilidad:
  - Adaptabilidad a ser utilizado en una variedad de condiciones geológicas y en diferentes tipos de minas.
  - Mínima interrupción que permite continuar otras operaciones mineras sin grandes interrupciones.

#### **2.1.6.2 Desventajas del Raise Boring**

- Costos iniciales:
  - La inversión es alta, ya que el costo de adquisición e instalación del equipo Raise Boring es elevado. Puede variar desde \$ 1 millón a 5 millones.
  - Los costos de mantenimiento y las piezas de repuesto pueden ser significativos sumando 10% del costo inicial anualmente.
- Requerimientos técnicos:
  - Especialización de personal altamente capacitado para operar y mantener el equipo.
  - Necesita una planificación detallada y precisa para evitar problemas durante la perforación, una planificación deficiente puede incrementar los tiempos en un 15% incrementando los costos.
- Limitaciones geológicas:
  - En formaciones geológicas muy duras o extremadamente fracturadas, la eficiencia del Raise Boring puede disminuir.
  - Aunque es eficiente en un rango amplio en profundidad y diámetro, hay limitaciones en cuanto a la profundidad y el diámetro que se pueden alcanzar en comparación con algunos métodos tradicionales, sus profundidades varían entre 100 a 1000 m.
- Logística:
  - El transporte y montaje del equipo en sitios remotos o de difícil acceso puede ser complicado y costoso.

- Espacio Requerido: Requiere suficiente espacio en la galería inferior y superior para la instalación del equipo y la operación.
- Dependencia de la Perforación Piloto:
  - Precisión necesaria en la perforación del pozo piloto debe ser extremadamente precisa; cualquier desviación puede afectar la calidad de la chimenea final, no debe variar más de 1%, ya que si se excede de esto originaría corrección e incremento en los costos.
  - La perforación del pozo piloto puede ser un proceso lento, especialmente en condiciones difíciles.

### ***2.1.7 Costos en minería***

De acuerdo con Evans (2014), define los costos en minería como todos los gastos asociados con la extracción, procesamiento y comercialización de minerales, los costos abarcan los costos operativos como directos (gastos de maquinaria, energía y mano de obra, y los costos indirectos (administrativos, seguridad y medio ambiente); la correcta gestión y análisis de costos son esenciales para la rentabilidad de los proyectos.

### ***2.1.8 Análisis de los costos mineros***

De acuerdo con Aburto (2019), El análisis de costos tiene como objetivo la evaluación del proceso minero y gestión de un proyecto, el análisis implica identificar y evaluar todos los costos asociados con la viabilidad económica, así mismo permite la toma de decisiones de un proyecto, sirve para optimizar las operaciones y maximizar la rentabilidad final.

### ***2.1.9 Tipos de costos***

De acuerdo con Aburto (2019), en la operación minera se puede hacer la diferenciación de distintos costos y son:

### ***2.1.10 Costos de inversión***

De acuerdo con Aburto (2019), son los costos generados a razón de la puesta en marcha de un proyecto minero.

### **2.1.11 Costos de operación**

De acuerdo con Aburto (2019), el costo de operación son los gastos que se genera durante el desarrollo de un proyecto minero y están de manera directa unidos a la producción. Asimismo, son los costos que se dan a lo largo de la operación. También se refiere al valor de los recursos y esfuerzos necesarios para producir un bien o servicio terminado, listo para ser entregado a un cliente en específico; estos costos de operación, pueden ser de tipo:

#### **2.1.11.1 Según la función que hacen cumplimiento.**

- Costos de producción
- Costos administrativos
- Costos de comercialización

#### **2.1.11.2 Según a la variabilidad.**

- Costos fijos
- Costos variables

#### **2.1.11.3 Según a la asignación**

- Costos directos
- Costos indirectos

#### **2.1.11.4 Según cómo se comporta**

- Costos totales
- Costos unitarios

### **2.1.12 Control de costos**

De acuerdo con Aburto (2019), el control del costo un aspecto muy importante en la gestión de todo proyecto minero, este consiste en la planificación, en la planificación, supervisión y control de los costos asociados con un proyecto para asegurar que se mantengan dentro del presupuesto aprobado, La ingeniería es el procedimiento o el estudio del trabajo tienen como objetivo el hacer más simple las tareas y hacerlos más eficaces, incrementar la productividad y bajar el valor.

### **2.1.13 Costos unitarios**

De acuerdo con Aburto (2019), estos costos son aquellos asociados a la ejecución de una unidad específica de un producto, servicios están comprometidos en la tarea de una actividad minera para este caso, este cálculo de precios unitarios se da a nivel de adelanto del producto en desarrollo, teniendo fundamentalmente consideraciones técnicas autorizadas por un profesional en ingeniería.

## **2.2 Marco conceptual**

### **2.2.1 Minería**

De acuerdo con Herrera (2017), define a la minería como una actividad industrial que permite la extracción y obtención de minerales existentes en la corteza terrestre para su transformación en materias primas que serán adecuadas para el desarrollo de la sociedad humana.

### **2.2.2 Instalación y posicionamiento**

De acuerdo con Humbert & Ollachica (2019) mencionan que se debe realizar una nivelación topográfica considerando 4 puntos a través de un nivel digital y se verifica que estos lleguen a un nivel cero, asimismo para la instalación de mangueras hidráulicas y cable eléctricos de acuerdo a las recomendaciones del manual propias del equipo.

### **2.2.3 Seguridad**

De acuerdo con el reglamento de seguridad y salud ocupacional. (2020) define a la seguridad como el conjunto de actividades dedicadas a identificación, evaluación y control de los factores de riesgo que pueden ocasionar accidentes de trabajo; También son las acciones y actividades que hacen que el trabajador labore en condiciones seguras tanto ambientales como personales, con el fin de conservar la salud y preservar los recursos humanos y personales.

### **2.2.4 Taladro piloto**

De acuerdo con Tumi Raise Boring. (2015) define que la perforación del taladro piloto es una de las operaciones de mayor importancia para completar con éxito una

perforación con Raise Boring. Los factores que se deben manejar cuando se perfora el piloto deben ser desviación, fallas geológicas, tipo de roca y agua subterránea.

En selección de la broca son tomadas por parámetros de operación, estabilización y limpieza del hueco. Estas son algunas de las variables que los operadores deben enfrentar, para determinan la exactitud del hoyo piloto. Desviación debe ser menor al 1 % de la longitud del hueco es generalmente aceptable.

Es importante para el costo total de la perforación, que el hueco de en el punto exacto del proyecto (cota inferior). Un piloto que no dé en el punto exacto del proyecto, así haya sido perforado rápidamente, puede no ser útil, mientras que una perforación más lenta, va a resultar provechosa dentro del costo total de la perforación.

### **2.2.5 Rimado**

De acuerdo con Tumi Raise Boring. (2015) define esta etapa que es donde se amplía el tiro del piloto al diámetro requerido por el proyecto, esto se realiza en forma ascendente, mediante una fuerza de empuje y otra de rotación (corte y cizalle).

La cabeza rimadora se presiona con gran fuerza contra la roca mientras rota, resultando en un avance aproximado entre 0,3 hasta 0,12 mm de penetración por cada vuelta del escariador.

Lo que realizan la trituración de la roca son los insertos de los cortadores, la roca triturada cae por gravedad por los espacios diseñados en la cabeza rimadora.

Los diámetros de los escariadores varían desde el 1 metro hasta los 6 metros.

### **2.2.6 Perforación**

De acuerdo con el reglamento de seguridad y salud ocupacional. (2020) define a este proceso como la acción de elaborar un orificio circular con un taladro (perforadora) manual o mecánico (eléctrico o hidráulico). Apertura de galerías o cámaras de explotación con el uso de cualquier clase de equipo (neumático o mecánico).

### **2.2.7 Aire comprimido**

De acuerdo con reglamento de seguridad y salud ocupacional. (2020) el aire comprimido es usado como energía motriz para equipos y herramientas. El aire comprimido se utiliza, también, para enfriar el aire atmosférico en los frentes de trabajo.

### **2.2.8 Broca**

De acuerdo con el reglamento de seguridad y salud ocupacional. (2020) Herramienta para el corte de suelos y rocas utilizado en perforaciones o sondeos del subsuelo, que se ensambla en la parte final de la sarta de perforación.

### **2.2.9 Cámara**

De acuerdo con el reglamento de seguridad y salud ocupacional. (2020) que la cámara es diseñada de acuerdo a las dimensiones del equipo Raise Boring y construida en la cabeza de la chimenea para facilitar y optimizar el proceso de perforación de la chimenea ascendente tanto para el rimado como el escariado, teniendo en cuenta los lineamientos de seguridad.

### **2.2.10 Barrido**

De acuerdo con Tumi Raise Boring. (2015)) es la etapa donde se genera la evacuación de detritus y para esto se requiere del uso de agua, asimismo esta etapa nos da como resultado la calidad de fraccionamiento que está teniendo la roca.

### **2.2.11 Desvíos**

De acuerdo con Tumi Raise Boring. (2015) se refiere a la desviación que ocurre en la columna de perforación por exceso de presión, por desgaste de la broca, perfil estructural del terreno, esto se puede controlar por el cambio repentino del torque, así como por el sonido de perforación (chillido)

## Capítulo III. Desarrollo del trabajo de investigación

### 3.1 Unidad de estudio

#### 3.1.1 Ubicación y accesibilidad

La Unidad minera Yauricocha se encuentra ubicada al flanco este de la cordillera Occidental en los Andes del centro del Perú, a una altitud de 4600 m.s.n.m., políticamente pertenece a los distritos de Alis y Laraos, Provincia de Yauyos, departamento de Lima, coordenadas UTM 8639475 N y 423042 E.

**Figura 9**

*Plano de ubicación de Mina Yauricocha*



Nota: Google Maps

Es accesible por vía terrestre de la siguiente manera:

**Tabla 5***Accesibilidad a la Unidad Minera Yauricocha*

TRAMO	DISTANCIA	TIEMPO
Lima – Cañete	95 Km	1 Hr. 30 min.
Cañete – Yauricocha	243 Km.	6 Hr.
Lima – Oroya	174 Km.	7 Hr.
Oroya Huancayo	124 Km.	Hr.
Huancayo Yauricocha	103 Km.	4 Hr. 40 min

*Nota:* Elaboración propia

**3.1.2 Clima y vegetación**

Mina Yauricocha tiene dos climas durante el año una húmeda a partir del mes de noviembre a marzo con temperaturas de 3 °C a -5 °C y la estación seca a partir de abril a octubre con temperaturas de -3 °C a 12 °C.

La flora es muy escasa en esta parte de la cordillera se tiene plantas de Ichu y arbustos de queuña.

**3.1.3 Recursos**

**3.1.3.1 Recursos hídricos.** EL agua que se requiere para los trabajos en mina es obtenida de la laguna, que se extrae a través de un sistema de bombeo es enviado al Nivel 4,200 donde se tiene dos tanques de almacenamiento de agua para ser bombeados hacia los niveles superiores.

**3.1.3.2 Recursos agropecuarios.** Las comunidades vecinas cuentan con pastos naturales en la zona, así mismo es importante enfatizar que los pobladores se dedican a la actividad agrícola y pecuaria debido a las características climatológicas y topográficas que presenta el lugar y que hacen propicia los terrenos para la agricultura, cultivando la maca; la producción pecuaria es tradicional principalmente en la producción alpacas, vacuna, ovina, vicuñas, etc.

**3.1.4 Política empresarial**

Sociedad Minera Corona S.A. establece políticas organizacionales centradas en la protección ambiental, la seguridad y salud de sus trabajadores, la calidad de sus productos y la prevención de sobornos. Sus actividades abarcan la exploración, explotación, servicios auxiliares y administrativos.

Para minimizar el impacto de nuestras operaciones en la vida y salud de los trabajadores, proporcionamos ambientes seguros, identificamos, eliminamos peligros y controlamos riesgos para reducir accidentes en todos nuestros procesos. Protegiendo el medio ambiente y utilizamos los recursos de manera sostenible, previniendo desvíos que puedan afectar los objetivos del Sistema Integrado de Gestión (SIG).

### ***3.1.5 Gestión ambiental***

Para Sociedad Minera Corona S.A. uno de los principios empresariales más importantes es lograr una convivencia armoniosa, responsable y compasiva con el entorno natural en todas las áreas de operación. Por ello, nuestra política ambiental se basa en promover una "producción limpia" en todos nuestros procesos. Implementamos buenas prácticas ambientales mediante la reducción del consumo de recursos, especialmente agua y energía, la disminución de la cantidad de residuos generados y la facilitación de su reutilización, así como la reducción de emisiones atmosféricas, ruido y gases procedentes de los procesos.

### ***3.1.6 Seguridad y sistema integrado de gestión***

**3.1.6.1 Seguridad.** En Sociedad Minera Corona S.A., la seguridad ocupacional y la salud de sus trabajadores son fundamentales en nuestra organización. Por ello, implementamos un estricto control en el uso de equipos de protección personal en todas las labores y supervisamos constantemente los métodos de prevención de riesgos durante el desarrollo de nuestras actividades diarias.

**3.1.6.2 Sistema integrado de gestión.** En Sociedad Minera Corona S.A., nos enfocamos en la mejora continua de nuestros procesos y, por ello, estamos próximos a obtener la certificación de diversas normas:

- ISO 9001: Sistema de Gestión de Calidad.
- ISO 14001: Sistema de Gestión Ambiental.
- ISO 45001: Sistema de Gestión de Seguridad y Salud.
- ISO 37001: Sistema de Gestión Anti soborno.

### **3.1.7 Geología mina**

La geología de la unidad minera Yauricocha fue realizada por los geólogos de la misma empresa la cual se menciona a continuación.

#### **3.1.7.1 Geología regional.** Tiene las siguientes formaciones

**3.1.7.1.1 Formación Goyllariquizca.** En esta formación las rocas más antiguas expuesta son las areniscas que son del cretáceo inferior, este grupo tiene aproximadamente 300 m de espesor constituido por areniscas gruesas blancas a grises, localmente bandeadas con lutitas carbonáceas, así como pequeños mantos de carbón de mala calidad y arcilla.

**3.1.7.1.2 Formación Jumasha.** Concordante en la formación Goyllariquizca, se encuentra la formación Jumasha del cretáceo medio. Esta formación tiene un espesor promedio de 700 m consiste de caliza masiva de color gris claro.

**3.1.7.1.3 Formación Celendín.** Esta formación en concordante con las calizas Jumasha, conformada por lutitas silicificadas finamente estratificada con intercalaciones de caliza recristalizada, su espesor es de 400 m.

**3.1.7.1.4 Formación Capas Rojas Casapalca.** Esta formación es concordante a la formación Celendín, se le ha asignado una edad entre el Cretáceo Superior y el terciario inferior, constituida principalmente está conformada principalmente por lutitas rojas calcáreas, calizas puras y calizas arenosas rojizas.

**3.1.7.2 Geología estructural.** Como consecuencia de los esfuerzos tectónicos, que dieron lugar al levantamiento de la Cordillera de los Andes, la estructura local de rumbo general NW-SE conformada por pliegues que conforman las estructuras principales del área de Yauricocha, las fracturas ocurridas en varias épocas juntamente con la falla Yauricocha representan la fracturación más importante del distrito minero Yauricocha, ejerciendo un fuerte control en la posición de vetas y cuerpos mineralizados, con contactos de calizas Jumasha-intrusivo las que permitieron el ascenso de las soluciones mineralizadas con brechas que pueden ser tectónicas de explosión , de intrusión o de contacto , constituyen una de las principales estructuras receptoras de minerales.

### 3.1.8 Geología económica

La mineralización en Yauricocha está principalmente relacionada con los contactos entre las intrusiones granodioríticas y las rocas sedimentarias.

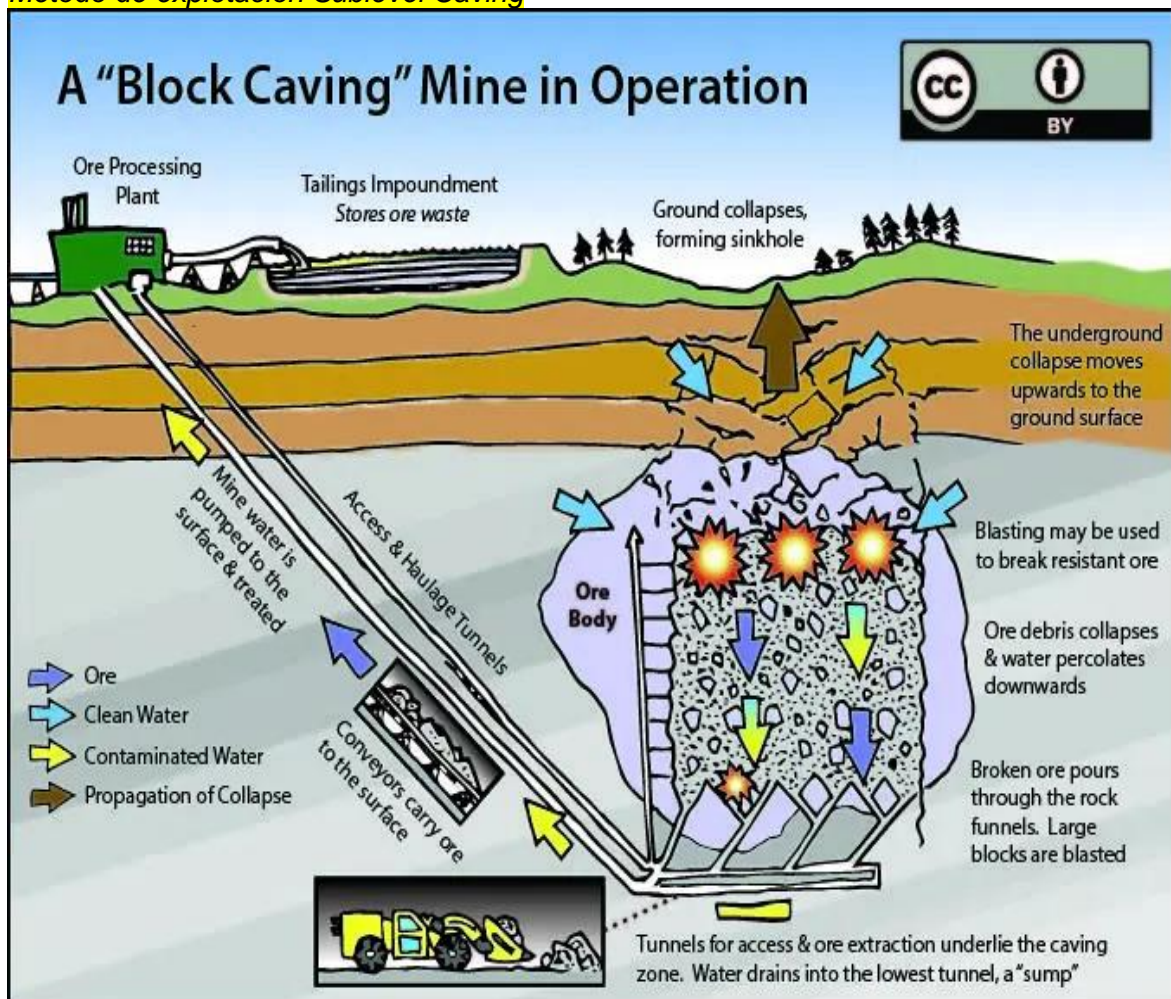
Minerales Económicos, zinc, plomo y cobre son los principales minerales explotados principalmente de minerales presentes en vetas y cuerpos irregulares a lo largo de los contactos intrusivo.

### 3.1.9 Método de explotación

En la unidad minera Yauricocha explotan minerales polimetálicos con el método de explotación sublevel caving para la extracción eficiente de sus minerales, ideal para el tipo de yacimiento que presenta la mina y también utiliza el corte relleno convencional.

**Figura 10**

*Método de explotación Sublevel Caving*



Nota: Departamento de Planeamiento

### 3.1.10 Aspecto geomecánico

Las características geomecánicas y estructurales de las rocas circundantes en la unidad minera tiene una justificación técnica y económica para la explotación segura y rentable de minerales, su uso es orientado al planeamiento y diseño de la mina haciendo seguro el trabajo dinámico dentro de la mina, así como en superficie.

**Tabla 6**

*Tipo de rocas promedio para diferentes tipos de aberturas en excavación*

TIPOS DE ROCAS	RMR	% DISTRIBUCIÓN	SECCIONES	ZONAS
II - B	61-80	0%	3x3, 3.5x3.5, 3x3.5	II, III, V, profundización
III-A	51-60	10%	3x3, 3.5x3.5, 3x3.5	II, III, V, profundización
III-B	41-50	50%	3x3, 3.5x3.5, 3x3.5	II, III, V, profundización
IV-A	31-40	15%	3x3, 3.5x3.5, 3x3.5	II, III, V, profundización
IV-B	21-30	20%	3x3, 3.5x3.5, 3x3.5	II, III, V, profundización
VA	0-20	5%	3x3, 3.5x3.5	II, III, V, profundización

*Nota:* Departamento Geomecánico

## 3.2 Estrategia metodológica

Son las siguientes:

### 3.2.1 Tipo de investigación

Para el presente estudio se empleará el enfoque de investigación aplicada. En razón Hernández, R. & Mendoza (2019), este tipo de investigación también se conoce como versátil; ya que se orienta a obtener resultados inmediatos y a mejorar los elementos implicados en el estudio.

### 3.2.2 Nivel de investigación

El presente estudio será de nivel explicativo. De acuerdo a Arias (2006), este nivel de investigación se centra en definir el porqué de los eventos mediante las relaciones de causa y efecto. De esta manera se enfoca en reconocer tanto las causas (eficiencia del equipo Raise Boring) como los efectos (costos de construcción de chimeneas), mediante la validación de una hipótesis.

### **3.2.4 Diseño de investigación**

La presente investigación será de diseño experimental. En razón con Arias (2006), Este diseño de investigación se basa condiciones específicas, estímulos o procedimientos. Se llevará a cabo de manera pre-experimental, con un control mínimo del grupo para su intervención. En razón a lo anterior, manipularemos la variable independiente (eficiencia del equipo Raise Boring) para medir los efectos o reacciones que se ocasionen sobre la variable dependiente (costos de construcción de chimeneas).

El esquema de la actual investigación es el siguiente:

GE: → X → O

G.E. = Grupo experimental.

X = Estimulo experimental (Eficiencia del equipo Raise Boring)

O = Pos-test del grupo experimental (Costos de construcción)

### **3.2.5 Población y muestra**

**3.2.5.1 Población.** En razón a Balestrini (2006), La población se define como un conjunto finito o infinito de elementos que comparten características comunes, y su selección está orientada a demostrar los alcances del estudio. En este caso, la población del estudio incluye todas las chimeneas construidas para diferentes propósitos en la Unidad Minera Yauricocha

**3.2.5.2 Muestra.** De acuerdo con Balestrini (2006), La muestra es una porción de la población, Esta selección debe ser la más adecuada posible para investigar y generalizar los resultados a toda la población. En este estudio, la muestra incluye todas las chimeneas construidas con secciones de diámetro mayor a 3.1 metros y una longitud superior a 320 metros, ya que estas dimensiones mínimas son necesarias para evaluar la eficiencia del uso del equipo.

### **3.2.6 Técnicas de recolección de información**

**3.2.6.1 Técnica del análisis documental.** Los datos e información son recopiladas de índole imparcial y en relación a la variable dependiente (costos de construcción de chimeneas), siendo ésta la necesaria mediante los costos por metro de

avance, costos de instalación, costos de mano de obra la medible para demostrar el efecto causado.

**3.2.6.2 Técnica del fichaje.** Se empleó el fichaje, porque nos permite recolectar toda la información textual relacionado, concordante a Carrasco (2005) indica que la técnica de fichaje es válida porque documenta datos relevantes y valiosos de manera escrita a mano en formatos conocidos como fichas.

### ***3.2.7 Instrumentos de recolección de información***

**3.2.7.1 Reportes e informes.** Se acondicionan los reportes e informes que se han ejecutado sobre los costos de construcción de chimeneas en la unidad minera Yauricocha, en el año 2023; ya que estos reportes e informes brindarán conocimiento específico para el análisis en particular de los costos por metro de avance.

**3.2.7.2 Fichas de investigación.** Para la investigación, las fichas utilizadas se basan en: catalogación del proceso de construcción de chimeneas (fuentes bibliográficas), información relevante (fuentes hemerográficas), referencias y citas exactas de autores (fuentes textuales), además de resúmenes y experiencias.

### ***3.2.8 Técnicas de análisis e interpretación de datos***

Se llevó a cabo mediante:

- La depuración necesaria para suprimir datos falsos e inequívocos.
- La clasificación necesaria para agrupar los datos a través de la distribución.
- La tabulación necesaria a través de categorías y dimensiones.

## Capítulo IV. Análisis e interpretación de resultados

En este capítulo se realizó el análisis y discusión de los resultados con la recolección de datos obtenidos en gabinete como en campo. así mismo los resultados evaluados son de las chimeneas 078 y 079 en la Unida Minera.

### 4.1 Costo de propiedad del equipo Raise Boring Epiroc Robbins 123RH

A continuación, se hallará el costo por propiedad del equipo para entender el impacto que se tiene a adquiriendo y manteniendo un equipo a través del tiempo cómo un activo.

**Tabla 7**

*Costo de propiedad del equipo*

DESCRIPCIÓN/EQUIPO	RAISE BORING Epiroc Robbins 123RH	
	DATOS	\$/HORA
<b>COSTOS HORARIO DE PROPIEDAD</b>		
1.1 Depreciación		
Precio de adquisición (P.A.)	\$	1,000,000.00
Flete marítimo e impuestos de importación	\$	50,000.00
	\$	1,050,000.00
Vida útil del equipo	10 años	
Horas por operación por año (300d*16hr)	4,800	
Total, de vida útil a depreciar	48,000	
Costo de depreciación		21.88
Interés anual capital invertido = P.A. x T.I.A.		50000
Tasa Interés anual (T.I.A)	5%	
Costo horario de interés		10.2
Seguro Anual	2%	20000
Costo Horario de seguro		4.17
Impuesto Anual	1%	10000
Costo horario de impuestos		2.08
<b>COSTO DE PROPIEDAD</b>		<b>38.54 \$/hr</b>

*Nota:* Elaboración propia

## 4.2 Eficiencias del equipo Raise Boring a condiciones normales

Tabla 8

Eficiencias teóricas Equipo Epiroc Robins 123H

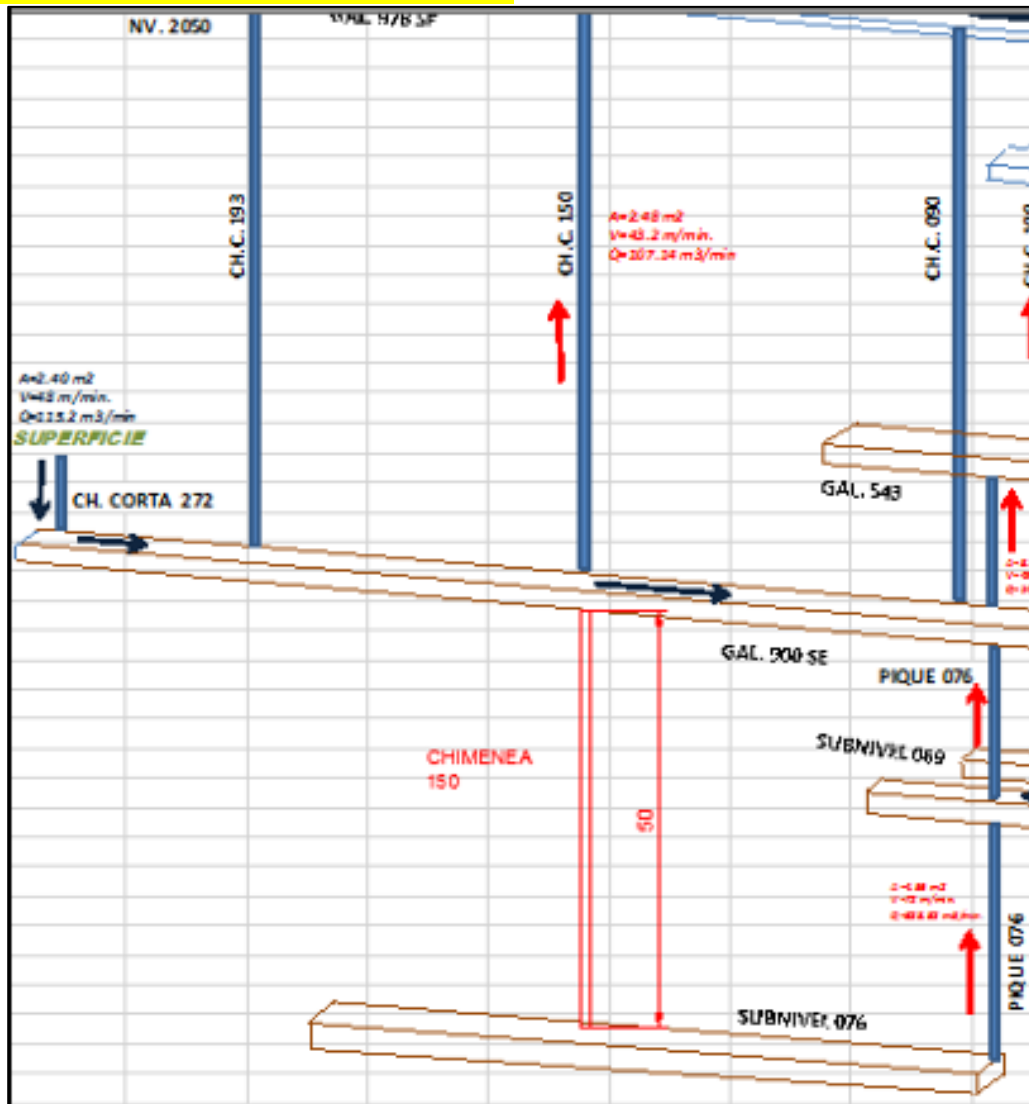
ÍTEM	UNIDADES	FUENTE
Diámetro de chimenea	3.1 – 6	Aguila et al. (2016)
RMR	50-41	Departamento planeamiento Yauricocha
Rendimiento piloto (m/día)	12 – 20	Aguila et al. (2016)
Rendimiento Escariado (m/día)	10 - 15	Aguila et al. (2016)
Costo/metro (USD/m)	1800	Departamento planeamiento Yauricocha
Rendimiento (m/hr)	1.2 – 2	Aguila et al. (2016)

Nota: Elaboración propia

## 4.3 Construcción chimenea RB 078

Figura 11

Plano isométrico RB 078 – Mina Yauricocha



Nota: Elaboración propia

#### 4.3.1 Geomecánica Raise Boring 078

**Tabla 9**

*Elección tipo de roca*

Tipo de roca	II-A	II-B	III-A	III-B	IV-A	IV-B	V
RMR	80-71	70-61	60-51	50-41	40-31	30-21	20-0

Nota: Elaboración propia

#### 4.3.2 Cronograma de traslado, montaje, perforación y desmontaje

**Tabla 1**

*Datos de chimenea RB 078*

ZONA	ESPERANZA
Nivel	410
U.E.A	Yauricocha
Longitud	320 metros
Angulo	90 grados
Tipo de roca	III-B

Nota: Elaboración propia

### 4.3.2 Cronograma de traslado, montaje, perforación y desmontaje

**Tabla 11**

*Cronograma de traslado, montaje, perforación y desmontaje RB 078*

LONGITUD 320 METRO Y 90° DESCRIPCION	SETIEMBRE							OCTUBRE	NOVIEMBRE		DICIEMBRE	
	23	24	25	26	27	28	29	30	Del 1 al 31	Del 01 al 15	Del 15 al 30	Del 1 al 19
Recepción de cámara, inspección y limpieza	■											
Traslado a cámara 092, Nv410		■	■	■	■							
Instalación de servicios (Agua, aire, energía)					■							
Instalación de equipo (Montaje)						■	■	■				
Excavación piloto								■	■	■		
Rimado de chimenea diam. 3.1										■	■	
Desinstalación de equipo (Desmontaje)												■

Nota: Elaboración propia

### 4.3.3 Inducción de personal inicio de obra

Tabla 12

Inducción de personal Raise Boring 078

CATEGORIA / RUBRO	DESCRIPCIÓN	UM	VECES	CANTIDAD POR VEZ	INCIDENCIA	CANTIDAD TOTAL	SUELDO (\$/.)	SUELDO (US\$)	FACTOR COSTO EMPRESA	COSTO UNITARIO (US\$)	COSTO EN EL PPTO
MANO DE OBRA	Ingeniero Residente	MES	1.00	1.00	23%	0.23	8,000.00	2,116.40	1.67	3,534.39	824.69
MANO DE OBRA	Ingeniero Asistente de Residente	MES	1.00	1.00	23%	0.23	7,000.00	1,851.85	1.67	3,092.59	721.6
MANO DE OBRA	Ingeniero de Seguridad	MES	1.00	3.00	23%	0.7	6,000.00	1,587.30	1.67	2,650.79	1,855.56
MANO DE OBRA	Supervisor - Técnico	MES	1.00	1.00	23%	0.23	5,000.00	1,322.75	1.67	2,208.99	515.43
MANO DE OBRA	Psicologo Organizacional	MES	1.00	1.00	23%	0.23	4,000.00	1,058.20	1.67	1,767.20	412.35
MANO DE OBRA	Control de Proyectos / Administrador de Obra	MES	1.00	1.00	23%	0.23	4,000.00	1,058.20	1.67	1,767.20	412.35
MANO DE OBRA	Chofer de Camioneta Kawasaki	MES	1.00	3.00	23%	0.7	3,000.00	793.65	1.67	1,325.40	927.78
MANO DE OBRA	Operador RB	MES	1.00	3.00	23%	0.7	3,800.00	1,005.29	1.67	1,678.84	1,175.19
MANO DE OBRA	Asistente RB A	MES	1.00	3.00	23%	0.7	2,550.00	674.6	1.67	1,126.59	788.61
MANO DE OBRA	Asistente RB C	MES	1.00	3.00	23%	0.7	2,550.00	674.6	1.67	1,126.59	788.61
SERVICIOS	Examen preocupacional y altura	GLB	20.00		100%					44.97	899.47
SERVICIOS	Examen de examinación de obra	GLB	20.00		100%					23.81	476.19
MATERIALES	Señaléticas - Estación Emergencias	GLB	1.00		100%					1,000.00	1,000.00
EQUIPOS	Autorescatadores MSA modelo ASE 30B	GLB	7.00		50%					330.4	1,156.40
EQUIPOS	Radio Motorola WT - Comunicación en Chimenea	GLB	2.00		100%					836.08	1,672.16
EQUIPOS	Medidor de gases (5 sensores) MSA	UND	2.00		20%					4,824.06	1,929.62
EQUIPOS	Medidor de Gases para Equipos Drauger (CO y NO2)	UND	1.00		20%					4,000.00	800
EQUIPOS	Monitores Monogas marca MSA	UND	7.00		33%					600	1,400.00
										Total	17,756.00

Nota: Elaboración propia

#### 4.3.4 Costo por movilización y desmovilización de equipo para RB 078

**Tabla 13**

*Movilización del equipo Raise Boring*

CATEGORIA/ RUBRO	DESCRIPCIÓN	UM	VECES	CANTIDAD POR VEZ	INCIDENCIA	CANTIDAD TOTAL	COSTO (US\$)	COSTO EN EL PPTO
SERVICIO	TRANSPORTE LIMA - CORONA (SEMITRAILER PLATAFORMA)	UNIDAD	1.00	13.00	100%	13	800.00	10,400.00
SERVICIO	ALQUILER DE GRUA	DÍA	1.00	7.00	100%	7	2,086.00	14,602.00
							Total	25002.00

Nota: Elaboración propia

**Tabla 14**

*Desmovilización del equipo Raise Boring*

CATEGORIA/ RUBRO	DESCRIPCIÓN	UM	VECES	CANTIDAD POR VEZ	INCIDENCIA	CANTIDAD TOTAL	COSTO (US\$)	COSTO EN EL PPTO
SERVICIO	TRANSPORTE CORONA - LIMA (SEMITRAILER PLATAFORMA)	UNIDAD	1.00	13.00	100%	13	800.00	10,400.00
SERVICIO	ALQUILER DE GRUA	DÍA	1.00	7.00	100%	7	2,086.00	14,602.00
							Total	25002.00

Nota: Elaboración propia

### 4.3.5 Costo por planilla de los empleados para RB 078

**Tabla 15**

*Planilla mensual empleados*

	Descripción	Residente	Asist. Residente	Ing. Seguridad	Superv. Tecnico	Psicólogo	Administrador	
PAGO MENSUAL	Jornal	266.67	233.33	200.00	166.67	133.33	133.33	
	Básico	8,000.00	7,000.00	6,000.00	5,000.00	4,000.00	4,000.00	
	Asig. Fam.	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	
	Monto Bruto	8,100.00	7,100.00	6,100.00	5,100.00	4,100.00	4,100.00	
	Desc. AFP	1,229.58	1,077.78	925.98	774.18	622.38	622.38	
	Renta 5º Cat.	975.00	825.00	675.00	525.00	375.00	375.00	
	Neto Trab.	5,895.42	5,197.22	4,499.02	3,800.82	3,102.62	3,102.62	
PAGO ANUAL	Salario Anual (12)	97,200.00	85,200.00	73,200.00	61,200.00	49,200.00	49,200.00	<b>COSTO TOTAL MENSUAL</b>
	Gratif. (2)	16,200.00	14,200.00	12,200.00	10,200.00	8,200.00	8,200.00	
	Total Anual	113,400.00	99,400.00	85,400.00	71,400.00	57,400.00	57,400.00	
APORTACION ES EMPLEADOR	ESSALUD 9%	10,206.00	8,946.00	7,686.00	6,426.00	5,166.00	5,166.00	
	SSTR salud 1.47%	1,666.98	1,461.18	1,255.38	1,048.58	843.78	843.78	
	SCTR pens. 10%	11,340.00	9,940.00	8,540.00	7,140.00	5,740.00	5,740.00	
	AFP 2%	2,268.00	1,988.00	1,708.00	1,428.00	1,148.00	1,148.00	
	CTS 8.33%	9,446.22	8,280.02	7,113.82	5,947.82	4,781.42	4,781.42	
	TOTAL APORTES	34,927.20	30,615.20	26,303.20	21,991.20	17,679.20	17,679.20	
	COSTO ANUAL (S/.)	148,327.20	130,015.20	111,703.20	93,391.20	75,079.20	75,079.20	
RB	POR MES (S/.)	13,494.29	11,819.56	10,154.84	8,490.11	6,825.38	6,825.38	57,599.56
	COSTO MES (US\$)	3,548.50	3,110.41	2,672.33	2,234.24	1,796.15	1,796.15	15,157.78
	COSTO HORA (US\$)	13.81	12.10	10.40	8.69	6.99	6.99	58.98

Nota: Elaboración propia

#### 4.3.6 Costo por planilla de los trabajadores para RB 078

**Tabla 16**

*Planilla mensual trabajadores*

DESCRIPCIÓN		CHOFER	OPERADOR RB	ASISTENTE RB A	ASISTENTE RB C	
PAGO MENSUAL	Jornal	100.00	125.67	85.00	85.00	
	Básico	3,000.00	3,800.00	2,550.00	2,550.00	
	Asig. Fam.	100.00	100.00	100.00	100.00	
	Monto Bruto	3,100.00	3,900.00	2,650.00	2,650.00	
	Desc. AFP	470.58	592.02	402.27	402.27	
	Renta 5º Cat.	225.00	345.00	157.50	157.50	
	Neto Trab.	2,404.42	2,962.98	2,090.23	2,090.23	
PAGO ANUAL	Salario Anual (12)	37,200.00	46,800.00	31,800.00	31,800.00	<b>COSTO TOTAL MENSUAL</b>
	Gratíf. (2)	6,200.00	7,800.00	5,300.00	5,300.00	
	Total Anual	43,400.00	54,600.00	37,100.00	37,100.00	
APORTACIONES EMPLEADOR	ESSALUD 9%	3,906.00	4,914.00	3,339.00	3,339.00	
	SSTR salud 1.47%	637.98	802.62	545.37	545.37	
	SCTR pens. 10%	4,340.00	5,460.00	3,710.00	3,710.00	
	AFP 2%	868.00	1,092.00	742.00	742.00	
	CTS 8.33%	3,615.22	4,548.16	3,090.42	3,090.42	
	TOTAL APORTES	13,367.20	16,816.80	11,426.80	11,426.80	
RB	COSTO ANUAL (S/.)	56,767.20	71,416.80	48,526.80	48,526.80	
	POR MES (S/.)	5,160.65	6,492.44	4,411.53	4,411.53	20,476.15
	COSTO MES (US\$)	1,358.07	1,708.54	1,160.93	1,160.93	5,388.47
	COSTO HORA (US\$)	5.28	6.65	4.52	4.52	20.97

Nota: Elaboración propia

#### 4.3.7 Costo indirecto Raise Boring para RB 078

Tabla 17

Costo indirecto Raise Boring 078

EDT	DESCRIPCION	UM	CANT	INCIDENCIA	MESES	PU	PARCIAL
<b>1</b>	<b>COSTOS INDIRECTOS</b>						
<b>2.01</b>	<b>DIRECCION TECNICA Y ADMINISTRATIVA</b>						<b>94,607</b>
02.01.01	Ingeniero Residente	PER	1	100%	4	3,534	14,136
02.01.02	Ingeniero Asistente de Residente	PER	1	100%	4	3,093	12,370
02.01.03	Ingeniero de Seguridad	PER	3	100%	4	2,651	31,810
02.01.04	Supervisor - Técnico	PER	1	100%	4	2,209	8,836
02.01.05	Control de Proyectos / Administrador de Obra	PER	1	100%	4	1,767	7,069
02.01.06	Chofer de Combi/Camioneta	PER	3	100%	4	1,325	15,902
02.01.07	Psicólogo Organizacional	PER	1	43%	4	1,767	3,044
02.01.08	EPP Dirección Técnico, Administrativa	PER	3	100%	4	120	1,440
<b>2.02</b>	<b>TRANSPORTE</b>						<b>5,537</b>
02.02.01	Transporte de Repuestos y Componentes durante la ejecución del servicio	UND	1	100%	4	800	3,200
02.02.02	Movilización de Personal Huancayo - Mina - Mina - Huancayo	UND	8	67%	4	21.3	45
02.02.03	Movilización de Personal Lima - Mina / Mina - Lima	UND	9	67%	4	46.88	1,133
02.02.04	Movilización de Personal Lima - Mina / Mina - Lima	UND	4	100%	4	46.88	750
<b>2.03</b>	<b>ALIMENTACION</b>						<b>7,673</b>
02.03.01	Alimentación Diaria de Personal	PER	8	67%	4	275	5,890
02.03.02	Alimentación Diaria de Personal	PER	1	43%	4	275	473
02.03.03	Loncheras para alimentos Personal Operativo - Turno Noche	PER	4	100%	4	82	1,312
<b>2.04</b>	<b>SEGUROS Y GARANTIAS</b>						<b>5,735</b>

EDT	DESCRIPCION	UM	CANT	INCIDENCIA	MESES	PU	PARCIAL
02.04.01	Costo Financiero de obtención de Fondo de Garantía	GLB	1	100%	4	350	1,400
02.04.02	Carta Fianza de Fiel Cumplimiento	GLB	1	100%	4	700	2,801
02.04.03	Seguro TREC	GLB	1	100%	4	99	395
02.04.04	Póliza de Responsabilidad Civil	GLB	1	100%	4	285	1,139
<b>2.05</b>	<b>OTROS</b>						<b>34,164</b>
02.05.01	PC Laptop Personal	MES	3	100%	4	61.11	733
02.05.02	Línea Telefónica Personal	MES	3	100%	4	21	677
02.05.03	Internet	MES	1	100%	4	114	455
02.05.04	Impresora y Toner para la oficina	MES	1	100%	4	100	400
02.05.05	Gastos de Oficina, Impresiones de Formatos	MES	1	100%	4	200	800
02.05.06	Escritorios	MES	1	100%	4	50	200
02.05.07	Materiales de Limpieza para Oficina y Alojamiento	MES	1	100%	4	200	600
02.05.08	Lavandería	MES	1	100%	4	150	600
02.05.09	Alquiler de Combi	MES	1	100%	4	2,170	8,680
02.05.10	Alquiler de Camioneta (Interior Mina)	MES	1	100%	4	2,635	10,540
02.05.11	Combustible para Combi	MES	60	100%	4	3.5	839
02.05.12	Combustible para Camioneta (Interior Mina)	MES	60	100%	4	3.5	839
02.05.13	Mantenimiento Combi	MES	1	100%	4	-	-
02.05.14	Mantenimiento Kawasaki	MES	1	100%	4	-	-
02.05.15	Gastos de Capacitación	MES	1	100%	4	200	800
02.05.16	Soporte Oficina Central (Administración Central)	MES	1	100%	4	2,000	8,000
	<b>COSTO INDIRECTO</b>						<b>147,718.89</b>

Nota: Elaboración propia

#### 4.3.8 Costo directo Raise Boring para RB 078

Tabla 18

Costo directo Raise Boring 078

EDC	DESCRIPCIÓN	UM	CANT	PU	PARCIAL
<b>1</b>	<b>OBRAS PRELIMINARES</b>			<b>25,002.00</b>	
1.01	Movilización de Equipos	GLB	1.00	25,002.00	25,002.00
3	NV. 410 - CHIMENEA RB. 78 (Ø=3.10m L=320m)				
<b>3.01</b>	<b>EXCAVACIÓN PILOTO</b>				<b>119,596.03</b>
03.01.01	Traslado e Instalación de Equipo	DÍA	6.00	1,573.50	9,441.03
03.01.02	Excavación piloto	METRO LINEAL	320.00	310.00	99,200.00
03.01.03	Bombas de Agua	MES	1.00	3,335.00	3,335.00
03.01.04	Aditivos de Perforación	BALDE	60.00	127.00	7,620.00
<b>3.02</b>	<b>RIMADO DE CHIMENEA</b>				<b>200,707.48</b>
03.02.01	Conexión del escariador	DÍA	3.00	1,573.50	4,720.51
03.02.02	Rimado de chimenea Diam.: 3.10m	METRO LINEAL	320.00	576.00	184,320.00
03.02.03	Hora Operativa por Cambio de Cortadores	HORA	82.00	76.76	6,294.02
03.02.04	Hora Contributoria por Limpieza de Carga durante el Rimado	HORA	70.00	76.76	5,372.94
<b>3</b>	<b>ACTIVIDADES FINALES</b>				<b>25,002.00</b>
3.01	Desmovilización de Personal y Equipos	GLB	1.00	25,002.00	25,002.00
<b>COSTO DIRECTO</b>					<b>370,307.51</b>

### 4.3.9 Costo por metro lineal RB 078

Tabla 19

Costo por metro lineal chimenea 078

RB 079 (Ø=3.10m L=340.00m) D-0077	CANTIDADES						VALORIZACIONES					
	UND	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL	PU/USD	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL VALORIZADO
INSTALACION DE EQUIPO	Día	8.00	2.50	0.00		11.00	1,576.95	12,615.61	3,942.38			16,557.99
BOMBAS DE AGUA	Mes	0.50	0.50	0.50		1.50	3,335.00	1,667.50	1,667.50	1,667.50		5,002.50
EXCAVACION PILOTO	m.		227.30	94.41		321.71	310.11		70,488.00	29,277.49		99,765.49
ADITIVOS DE PERFORACION	Balde		32.00	21.00		53.00	127.00		4,064.00	2,667.00		6,731.00
CEMENTADO Y RE PERFORACION PILOTO	Hora		78.33	100.13		178.46	83.00		6,501.39	8,310.79		14,812.18
CONEXIÓN DEL ESCARIADOR	Día			3.00		3.00	1,576.95			4,730.85		4,730.85
RIMADO DE CHIMENEA DIAM. 3.10	m.			42.36	277.64	320.00	575.91			24,395.57	159,895.78	184,291.34
LIMPIEZA DE CARGA DURANTE RIMADO	Hora			8.00	45.00	53.00	83.00			664.00	3,735.00	4,399.00
LIMPIEZA DESQUINCHE DE PIE DE TRABAJO	Hora			66.50		66.50	83.00			5,519.50		5,519.50
STAND BY	Hora			82.20		82.20	127.13			10,450.09		10,450.09
DESMONTAJE Y TRASLADO DE EQUIPOS	Día				3.00	3.00	1,576.95				4,730.85	4,730.85
RECLAMO POR PARALIZACION	Glb				1.00		2,259.99				2,259.99	2,259.99
COSTO INDIRECTO	Glb	1.00						7,878.21	45,677.18	38,172.42	84,842.02	176,569.83
UTILIDAD	Glb	1.00						1,428.31	8,590.20	7,723.18	16,836.15	34,577.84
								23,509.63	140,930.65	133,578.38	272,299.79	570,398.44
EFICIENCIA DE AVANCE EXC. PILOTO	Día	45.00	7.15	m/día								
EFICIENCIA DE AVANCE EXC. RIMADO	Día	35.00	9.14	m/día								
COSTO POR METRO EN RB-078			1,782.50	USD/m								

Nota: Elaboración propia

#### 4.3.10 Eficiencias operativas del equipo Raise Boring en la Chimenea 078

Tabla 20

Resumen de eficiencias en la construcción de la chimenea RB 078

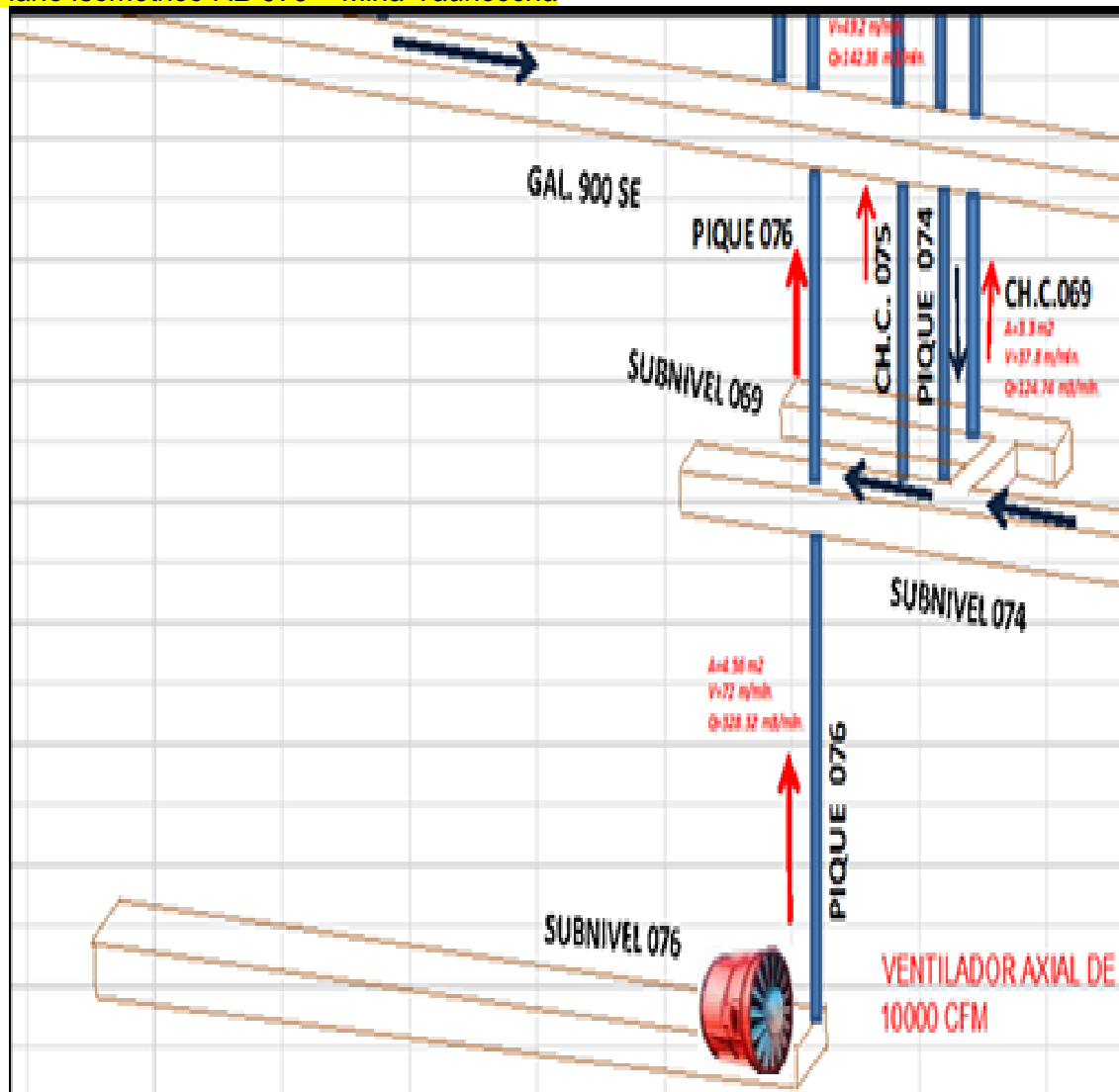
ÍTEM	CANTIDAD	UNIDADES
Diámetro de chimenea	3.1	m
RMR	46	media
Rendimiento piloto	7.15	m/día
Rendimiento Escariado	9.14	m/día
Costo/metro	1782.50	USD/m
Rendimiento hr	0.81	m/hr

Nota: Elaboración propia

#### 4.4 Construcción chimenea RB 079

Figura 12

Plano isométrico RB 079 – Mina Yauricocha



Nota: Elaboración propia

#### 4.4.1 Geomecánica Raise Boring 079

**Tabla 21**

*Elección tipo de roca*

TIPO DE ROCA	II-A	II-B	III-A	III-B	IV-A	IV-B	V
RMR	80-71	70-61	60-51	50-41	40-31	30-21	20-0

*Nota:* Elaboración propia

**Tabla 22**

*Datos de chimenea RB 079*

ZONA	ESPERANZA
Nivel	730
U.E.A	Yauricocha
Longitud	340 metros
Angulo	90 grados
Tipo de roca	III-B

*Nota:* Elaboración propia

**4.4.2 Cronograma de traslado, montaje, perforación y desmontaje**

**Tabla 23**

*Cronograma de traslado, montaje, perforación y desmontaje RB 079*

LONGITUD 340 METRO Y 90°	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL
DESCRIPCIÓN	1	2	3	4
Recepción de cámara, inspección y limpieza	█			
Traslado a cámara 092 Nv. 730	█			
Instalación de servicios (Agua, aire, energía)	█			
Instalación de equipo (Montaje)	█	█		
Excavación piloto		█	█	
Rimado de chimenea diámetro 3.1			█	█
Desinstalación de equipo (Desmontaje)				█

Nota: Elaboración propia

#### 4.4.3 Inducción de personal inicio de obra

**Tabla 24**

*Inducción de personal Raise Boring 079*

CATEGORIA / RUBRO	DESCRIPCIÓN	UM	VECES	CANTIDAD POR VEZ	INCIDENCIA	CANTIDAD TOTAL	SUELDO (\$/.)	SUELDO (US\$)	FACTOR COSTO EMPRESA	COSTO UNITARIO (US\$)	COSTO EN EL PPTO
MANO DE OBRA	Ingeniero Residente	MES	1.00	1.00	23%	0.23	8,000.00	2,116.40	1.67	3,534.39	824.69
MANO DE OBRA	Ingeniero Asistente de Residente	MES	1.00	1.00	23%	0.23	7,000.00	1,851.85	1.67	3,092.59	721.6
MANO DE OBRA	Ingeniero de Seguridad	MES	1.00	3.00	23%	0.7	6,000.00	1,587.30	1.67	2,650.79	1,855.56
MANO DE OBRA	Supervisor - Técnico	MES	1.00	1.00	23%	0.23	5,000.00	1,322.75	1.67	2,208.99	515.43
MANO DE OBRA	Psicologo Organizacional	MES	1.00	1.00	23%	0.23	4,000.00	1,058.20	1.67	1,767.20	412.35
MANO DE OBRA	Control de Proyectos / Administrador de Obra	MES	1.00	1.00	23%	0.23	4,000.00	1,058.20	1.67	1,767.20	412.35
MANO DE OBRA	Chofer de Camioneta Kawasaki	MES	1.00	3.00	23%	0.7	3,000.00	793.65	1.67	1,325.40	927.78
MANO DE OBRA	Operador RB	MES	1.00	3.00	23%	0.7	3,800.00	1,005.29	1.67	1,678.84	1,175.19
MANO DE OBRA	Asistente RB A	MES	1.00	3.00	23%	0.7	2,550.00	674.6	1.67	1,126.59	788.61
MANO DE OBRA	Asistente RB C	MES	1.00	3.00	23%	0.7	2,550.00	674.6	1.67	1,126.59	788.61
SERVICIOS	Examen preocupacional y altura	GLB	20.00		100%					44.97	899.47
SERVICIOS	Examen de examinación de obra	GLB	20.00		100%					23.81	476.19
MATERIALES	Señaléticas - Estación Emergencias	GLB	1.00		100%					1,000.00	1,000.00
EQUIPOS	Autorescatadores MSA modelo ASE 30B	GLB	7.00		50%					330.4	1,156.40
EQUIPOS	Radio Motorola WT - Comunicación en Chimenea	GLB	2.00		100%					836.08	1,672.16
EQUIPOS	Medidor de gases (5 sensores) MSA	UND	2.00		20%					4,824.06	1,929.62
EQUIPOS	Medidor de Gases para Equipos Drauger (CO y NO2)	UND	1.00		20%					4,000.00	800
EQUIPOS	Monitores Monogas marca MSA	UND	7.00		33%					600	1,400.00
										Total	17,756.01

Nota: Elaboración propia

#### 4.4.4 Costo por movilización y desmovilización de equipo para RB 079

**Tabla 25**

*Movilización del equipo Raise Boring*

CATEGORIA/RUBRO	DESCRIPCIÓN	UM	VECES	CANTIDAD POR VEZ	INCIDENCIA	CANTIDAD TOTAL	COSTO (US\$)	COSTO EN EL PPTO
SERVICIO	TRANSPORTE LIMA - CORONA (SEMITRAILER PLATAFORMA)	UNIDAD	1.00	13.00	100%	13	800.00	10,400.00
SERVICIO	ALQUILER DE GRUA	DÍA	1.00	7.00	100%	7	2,086.00	14,602.00
							Total	25002.00

Nota: Elaboración propia

**Tabla 26**

*Desmovilización del equipo Raise Boring*

CATEGORIA/RUBRO	DESCRIPCIÓN	UM	VECES	CANTIDAD POR VEZ	INCIDENCIA	CANTIDAD TOTAL	COSTO (US\$)	COSTO EN EL PPTO
SERVICIO	TRANSPORTE CORONA - LIMA (SEMITRAILER PLATAFORMA)	UNIDAD	1.00	13.00	100%	13	800.00	10,400.00
SERVICIO	ALQUILER DE GRUA	DÍA	1.00	7.00	100%	7	2,086.00	14,602.00
							Total	25002.00

Nota: Elaboración propia

#### 4.4.5 Costo por planilla de los empleados para RB 079

Tabla 27

Planilla mensual empleados

	DESCRIPCIÓN	Residente	Asist. Residente	Ing. Seguridad	Superv. Técnico	Psicologo	Administrador	
PAGO MENSUAL	Jornal	266.67	233.33	200.00	166.67	133.33	133.33	
	Básico	8,000.00	7,000.00	6,000.00	5,000.00	4,000.00	4,000.00	
	Asig. Fam.	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	
	Monto Bruto	8,100.00	7,100.00	6,100.00	5,100.00	4,100.00	4,100.00	
	Desc. AFP	1,229.58	1,077.78	925.98	774.18	622.38	622.38	
	Renta 5º Cat.	975.00	825.00	675.00	525.00	375.00	375.00	
	Neto Trab.	5,895.42	5,197.22	4,499.02	3,800.82	3,102.62	3,102.62	
PAGO ANUAL	Salario Anual (12)	97,200.00	85,200.00	73,200.00	61,200.00	49,200.00	49,200.00	<b>COSTO TOTAL MENSUAL</b>
	Gratíf. (2)	16,200.00	14,200.00	12,200.00	10,200.00	8,200.00	8,200.00	
	Total Anual	113,400.00	99,400.00	85,400.00	71,400.00	57,400.00	57,400.00	
APORTACIONES EMPLEADOR	ESSALUD 9%	10,206.00	8,946.00	7,686.00	6,426.00	5,166.00	5,166.00	
	SSTR salud 1.47%	1,666.98	1,461.18	1,255.38	1,048.58	843.78	843.78	
	SCTR pens. 10%	11,340.00	9,940.00	8,540.00	7,140.00	5,740.00	5,740.00	
	AFP 2%	2,268.00	1,988.00	1,708.00	1,428.00	1,148.00	1,148.00	
	CTS 8.33%	9,446.22	8,280.02	7,113.82	5,947.82	4,781.42	4,781.42	
	TOTAL APORTES	34,927.20	30,615.20	26,303.20	21,991.20	17,679.20	17,679.20	
RB	COSTO ANUAL (S/.)	148,327.20	130,015.20	111,703.20	93,391.20	75,079.20	75,079.20	
	POR MES (S/.)	13,494.29	11,819.56	10,154.84	8,490.11	6,825.38	6,825.38	57,599.56
	COSTO MES (US\$)	3,548.50	3,110.41	2,672.33	2,234.24	1,796.15	1,796.15	15,157.78
	COSTO HORA (US\$)	13.81	12.10	10.40	8.69	6.99	6.99	58.98

Nota: Elaboración propia

#### 4.4.6 Costo por planilla de los trabajadores para RB 079

**Tabla 28**

*Planilla mensual trabajadores*

DESCRIPCIÓN		CHOFER	OPERADOR RB	ASISTENTE RB A	ASISTENTE RB C	
PAGO MENSUAL	Jornal	100.00	125.67	85.00	85.00	
	Básico	3,000.00	3,800.00	2,550.00	2,550.00	
	Asig. Fam.	100.00	100.00	100.00	100.00	
	Monto Bruto	3,100.00	3,900.00	2,650.00	2,650.00	
	Desc. AFP	470.58	592.02	402.27	402.27	
	Renta 5º Cat.	225.00	345.00	157.50	157.50	
	Neto Trab.	2,404.42	2,962.98	2,090.23	2,090.23	
PAGO ANUAL	Salario Anual (12)	37,200.00	46,800.00	31,800.00	31,800.00	<b>COSTO TOTAL MENSUAL</b>
	Gratíf. (2)	6,200.00	7,800.00	5,300.00	5,300.00	
	Total Anual	43,400.00	54,600.00	37,100.00	37,100.00	
APORTACIONES EMPLEADOR	ESSALUD 9%	3,906.00	4,914.00	3,339.00	3,339.00	
	SSTR salud 1.47%	637.98	802.62	545.37	545.37	
	SCTR pens. 10%	4,340.00	5,460.00	3,710.00	3,710.00	
	AFP 2%	868.00	1,092.00	742.00	742.00	
	CTS 8.33%	3,615.22	4,548.16	3,090.42	3,090.42	
	TOTAL APORTES	13,367.20	16,816.80	11,426.80	11,426.80	
RB	COSTO ANUAL (S/.)	56,767.20	71,416.80	48,526.80	48,526.80	
	POR MES (S/.)	5,160.65	6,492.44	4,411.53	4,411.53	20,476.15
	COSTO MES (US\$)	1,358.07	1,708.54	1,160.93	1,160.93	5,388.47
	COSTO HORA (US\$)	5.28	6.65	4.52	4.52	20.97

Nota: Elaboración propia

#### 4.4.7 Costo indirecto Raise Boring para RB 079

**Tabla 29**

*Costo indirecto Raise Boring 079*

EDT	DESCRIPCION	UM	CANT	INCIDENCIA	MESES	PU	PARCIAL
1	COSTOS INDIRECTOS						
<b>2.01</b>	<b>DIRECCION TECNICA Y ADMINISTRATIVA</b>						<b>94,607</b>
02.01.01	Ingeniero Residente	PER	1	100%	4	3,534	14,136
02.01.02	Ingeniero Asistente de Residente	PER	1	100%	4	3,093	12,370
02.01.03	Ingeniero de Seguridad	PER	3	100%	4	2,651	31,810
02.01.04	Supervisor - Técnico	PER	1	100%	4	2,209	8,836
02.01.05	Control de Proyectos / Administrador de Obra	PER	1	100%	4	1,767	7,069
02.01.06	Chofer de Combi/Camioneta	PER	3	100%	4	1,325	15,902
02.01.07	Psicólogo Organizacional	PER	1	43%	4	1,767	3,044
02.01.08	EPP Dirección Técnico, Administrativa	PER	3	100%	4	120	1,440
<b>2.02</b>	<b>TRANSPORTE</b>						<b>5,537</b>
02.02.01	Transporte de Repuestos y Componentes durante la ejecución del servicio	UND	1	100%	4	800	3,200
02.02.02	Movilización de Personal Huancayo - Mina - Mina - Huancayo	UND	8	67%	4	21.3	45
02.02.03	Movilización de Personal Lima - Mina / Mina - Lima	UND	9	67%	4	46.88	1,133
02.02.04	Movilización de Personal Lima - Mina / Mina - Lima	UND	4	100%	4	46.88	750
<b>2.03</b>	<b>ALIMENTACION</b>						<b>7,673</b>
02.03.01	Alimentación Diaria de Personal	PER	8	67%	4	275	5,890
02.03.02	Alimentación Diaria de Personal	PER	1	43%	4	275	473
02.03.03	Loncheras para alimentos Personal Operativo - Turno Noche	PER	4	100%	4	82	1,312

EDT	DESCRIPCION	UM	CANT	INCIDENCIA	MESES	PU	PARCIAL
<b>2.04</b>	<b>SEGUROS Y GARANTIAS</b>						<b>5,735</b>
02.04.01	Costo Financiero de obtención de Fondo de Garantía	GLB	1	100%	4	350	1,400
02.04.02	Carta Fianza de Fiel Cumplimiento	GLB	1	100%	4	700	2,801
02.04.03	Seguro TREC	GLB	1	100%	4	99	395
02.04.04	Póliza de Responsabilidad Civil	GLB	1	100%	4	285	1,139
<b>2.05</b>	<b>OTROS</b>						<b>34,164</b>
02.05.01	PC Laptop Personal	MES	3	100%	4	61.11	733
02.05.02	Línea Telefónica Personal	MES	3	100%	4	21	677
02.05.03	Internet	MES	1	100%	4	114	455
02.05.04	Impresora y Toner para la oficina	MES	1	100%	4	100	400
02.05.05	Gastos de Oficina, Impresiones de Formatos	MES	1	100%	4	200	800
02.05.06	Escritorios	MES	1	100%	4	50	200
02.05.07	Materiales de Limpieza para Oficina y Alojamiento	MES	1	100%	4	200	600
02.05.08	Lavandería	MES	1	100%	4	150	600
02.05.09	Alquiler de Combi	MES	1	100%	4	2,170	8,680
02.05.10	Alquiler de Camioneta (Interior Mina)	MES	1	100%	4	2,635	10,540
02.05.11	Combustible para Combi	MES	60	100%	4	3.5	839
02.05.12	Combustible para Camioneta (Interior Mina)	MES	60	100%	4	3.5	839
02.05.13	Mantenimiento Combi	MES	1	100%	4	-	-
02.05.14	Mantenimiento Kawasaki	MES	1	100%	4	-	-
02.05.15	Gastos de Capacitación	MES	1	100%	4	200	800
02.05.16	Soporte Oficina Central (Administración Central)	MES	1	100%	4	2,000	8,000
	<b>COSTO INDIRECTO</b>						<b>147,718.89</b>

#### 4.4.8 Costo directo Raise Boring para RB 079

**Tabla 30**

Costo directo Raise Boring 079

EDC	DESCRIPCIÓN	UM	CANT	PU	PARCIAL
1	OBRAS PRELIMINARES			25,002.00	
1.01	Movilización de Equipos	GLB	1.00	25,002.00	25,002.00
3	NV. 410 - CHIMENEA RB. 78 (Ø=3.10m L=320m)				
<b>3.01</b>	<b>EXCAVACIÓN PILOTO</b>				<b>125,588.03</b>
03.01.01	Traslado e Instalación de Equipo	DÍA	6.00	1,573.50	9,441.03
03.01.02	Excavación piloto	METRO LINEAL	320.00	310.00	105,400.00
03.01.03	Bombas de Agua	MES	1.00	3,335.00	3,335.00
03.01.04	Aditivos de Perforación	BALDE	60.00	127.00	7,412.00
<b>3.02</b>	<b>RIMADO DE CHIMENEA</b>				<b>213,302.07</b>
03.02.01	Conexión del escariador	DÍA	3.00	1,573.50	4,720.51
03.02.02	Rimado de chimenea Diam.: 3.10m	METRO LINEAL	320.00	576.00	195,840.00
03.02.03	Hora Operativa por Cambio de Cortadores	HORA	82.00	76.76	6,294.02
03.02.04	Hora Contributoria por Limpieza de Carga durante el Rimado	HORA	70.00	76.76	6,447.53
<b>3</b>	<b>ACTIVIDADES FINALES</b>				<b>25,002.00</b>
3.01	Desmovilización de Personal y Equipos	GLB	1.00	25,002.00	25,002.00
<b>COSTO DIRECTO</b>					<b>388,894.10</b>

Nota: Elaboración propia

#### 4.4.9 Costo por metro lineal RB 079

Tabla 31

Costo por metro lineal chimenea 079

RB 079 (Ø=3.10m L=340.00m) D-0077	CANTIDADES						VALORIZACIONES					
	UND	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL	PU/USD	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL VALORIZADO
Instalacion de equipo	Día	7.00	2.00	0.00	0.00	9.00	1,576.95	11,038.66	3,153.90	0.00	0.00	14,192.56
Bombas de agua	Mes	0.50	0.50	0.50	0.00	1.50	3,335.00	1,667.50	1,667.50	1,667.50	0.00	5,002.50
Excavacion piloto	m.	0.00	240.00	100.00	0.00	340.00	310.11	0.00	74,426.40	31,011.00	0.00	105,437.40
Aditivos de perforacion	Balde	0.00	25.00	20.00	0.00	45.00	127.00	0.00	3,175.00	2,540.00	0.00	5,715.00
Cementado y re perforacion piloto	Hora	0.00	67.18	100.10	0.00	167.28	83.00	0.00	5,575.94	8,308.30	0.00	13,884.24
Conexión del escariador	Día	0.00	0.00	3.00	0.00	3.00	1,576.95	0.00	0.00	4,730.85	0.00	4,730.85
Rimado de chimenea diam. 3.10	m.	0.00	0.00	100.00	240.00	340.00	575.91	0.00	0.00	57,591.04	138,218.51	195,809.55
Limpieza de carga durante rimado	Hora	0.00	0.00	8.00	35.00	43.00	83.00	0.00	0.00	664.00	2,905.00	3,569.00
Limpieza desquinche de pie de trabajo	Hora	0.00	0.00	39.00	0.00	39.00	83.00	0.00	0.00	3,237.00	0.00	3,237.00
Stand by	Hora	0.00	0.00	20.00	0.00	20.00	127.13	0.00	0.00	2,542.60	0.00	2,542.60
Desmontaje y traslado de equipos	Día	0.00	0.00	0.00	3.00	3.00	1,576.95	0.00	0.00	0.00	4,730.85	4,730.85
Reclamo por paralización	Glb	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	2,259.99	0.00	0.00	0.00	2,259.99	2,259.99
Costo indirecto	Glb	1.00						7,878.21	45,677.18	38,172.42	84,842.02	176,569.83
Utilidad	Glb	1.00						1,428.31	8,590.20	7,723.18	16,836.15	34,577.84
								22,012.68	142,266.12	158,187.89	249,792.52	572,259.21
Eficiencia de avance exc. Piloto	Día	45.00	7.56	m/día								
Eficiencia de avance exc. Rimado	Día	35.00	9.71	m/día								
Costo por metro en rb-078			1,683.12	USD/m								

Nota: Elaboración propia

#### 4.4.10 Eficiencias operativas del equipo Raise Boring en la Chimenea 079

**Tabla 32**

*Resumen de eficiencias en la construcción de la chimenea RB 079*

ÍTEM	CANTIDAD	UNIDADES
Diámetro de chimenea	3.1	m
RMR	46	media
Rendimiento piloto	7.56	m/día
Rendimiento Escariado	9.71	m/día
Costo/metro	1683.12	USD/m
Rendimiento hr	0.81	m/hr

Nota: Elaboración propia

#### 4.4.11 Comparativo eficiencias del equipo Raise Boring

**Tabla 33**

*Cuadro comparativo de eficiencias*

Equipo RB	Teórico	RB 078	RB 079	Promedio Real	Real Vs teórico	Observaciones
Diámetro de chimenea	3.10	3.10	3.10	3.10	0%	Aceptable
RMR	46.00	46.00	46.00	46.00	0%	Aceptable
Rendimiento piloto (m/día)	16.00	7.15	7.56	7.36	-54%	Deficiencia
Rendimiento Escariado (m/día)	8.00	9.14	9.71	9.43	18%	Aceptable
Costo/metro (USD/m)	1800.00	1782.50	1683.12	1732.81	-4%	Aceptable
Rendimiento piloto (m/hr)	0.80	0.36	0.38	0.37	-54%	Deficiencia
Rendimiento escariado (m/hr)	0.40	0.46	0.49	0.47	18%	Aceptable

Nota: Elaboración propia

En la Tabla 33 se muestran los resultados compartidos de lo teórico vs lo real tomados en dos chimeneas con las mismas características en diferentes niveles en la Unidad Minera

En el diámetro de la chimenea se mantuvo de acuerdo a las características técnicas siendo lo planificado igual a lo teórico, de la misma forma en la calidad del macizo rocoso RMR.

En la comparación de lo teórico con lo real, se observa que hubo una deficiencia del 54% menor a lo estimado en la chimenea piloto tanto en avance por día como por hora, debido al tipo de roca, se usó inyección con lechada de cemento

En el rendimiento del escariado o ensanche de la chimenea se tiene como resultado un 18 % más avance del promedio teórico, este resultado evidencia una buena gestión en

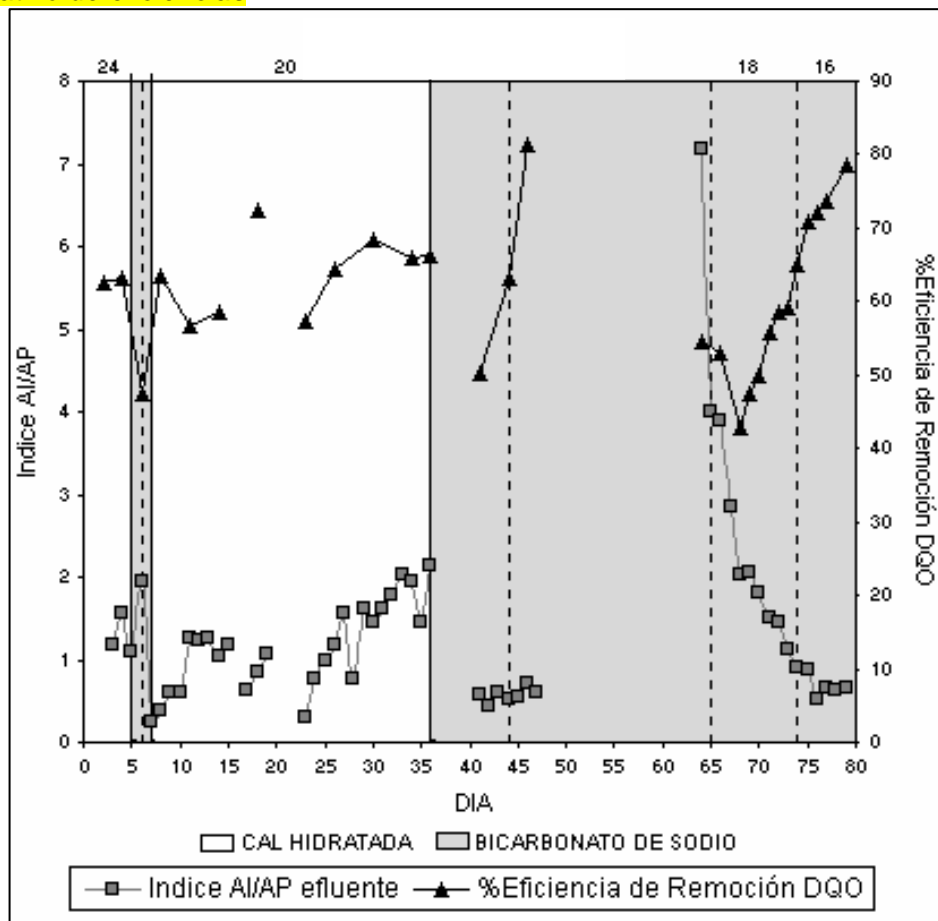
la operación y control de costos durante la construcción de la chimenea RB 078, demuestra que el equipo RB cumple los objetivos del presupuesto en la construcción de chimeneas.

En el costo por metro lineal de avance se observa al comparar lo teórico con lo real que tiene -4 % que evidencia específicamente que el costo real de USD 1732.81 es menor al USD 1800, este resultado demuestra una buena gestión en la ejecución de la chimenea RB 078 y 079 con un ahorro de USD 67.19, lo que refleja que, en un promedio de las dos chimeneas de 330 m, el ahorro es de USD 22172.7 en total.

En el rendimiento del escariado por hora se observa un 18% de eficiencia que demuestra buena eficiencia en el rimado y esto se refleja en el costo por metro lineal de avance en la construcción.

**Figura 13**

**Comparativo de eficiencias**



Nota: Elaboración propia

En la Figura 13 se observa una leve reducción en el costo por metro lineal de avance, lo que indica que las eficiencias influyen en los costos de construcción.

#### 4.5 Validación de hipótesis

En función del objetivo general de la investigación —determinar el impacto de la eficiencia del equipo Raise Boring en los costos de construcción de chimeneas en la mina Yauricocha—, se formulan las siguientes hipótesis:

- Hipótesis nula ( $H_0$ ):

La mejora en la eficiencia del equipo Raise Boring no permitirá reducir significativamente los costos totales de construcción de chimeneas en la mina Yauricocha.

- Hipótesis alterna ( $H_1$ ):

La mejora en la eficiencia del equipo Raise Boring permitirá reducir significativamente los costos totales de construcción de chimeneas en la mina Yauricocha.

El nivel de confianza adoptado para la prueba estadística es del 95 %, con un grado de significancia ( $\alpha$ ) = 0.05, y un número de observaciones  $N = 7$ .

Para la validación se consideraron los resultados operativos de los equipos Raise Boring modelo RB078 y RB079, comparados con los valores teóricos de diseño.

Los indicadores técnicos analizados incluyen el diámetro de la chimenea, el índice de calidad del macizo rocoso (RMR), el rendimiento en perforación piloto y escariado, así como el costo por metro excavado. Valores que se detallan en la tabla 33.

Los datos muestran que, aunque existen indicadores aceptables (diámetro, RMR y escariado), el rendimiento piloto presenta una deficiencia significativa respecto a los valores teóricos, lo cual podría incidir directamente en el costo total por metro de avance.

Para la validación de la hipótesis se empleó la prueba no paramétrica de Wilcoxon para muestras relacionadas, debido a que el tamaño muestral es pequeño ( $N < 30$ ) y no se asume una distribución normal de los datos.

El objetivo de la prueba es determinar si existen diferencias significativas entre los valores teóricos y los valores reales obtenidos durante la operación de los equipos Raise Boring en la mina Yauricocha.

Supuestos del método:

1. Las observaciones son pareadas (cada valor real se compara con su valor teórico correspondiente).
2. La escala de medición es al menos ordinal o de intervalo.
3. Se utiliza una muestra pequeña ( $N = 7$ ).

Criterio de decisión:

- Si  $p < 0.05$ , se rechaza  $H_0$  y se acepta  $H_1$ , concluyendo que la mejora en la eficiencia del equipo Raise Boring sí permite reducir significativamente los costos totales de construcción.
- Si  $p \geq 0.05$ , no se rechaza  $H_0$ , concluyendo que no existe evidencia suficiente para afirmar que la eficiencia tiene un impacto significativo en los costos.

Los valores de rendimiento y costos fueron transformados en diferencias (Real – Teórico) para determinar el signo y magnitud de la variación. A partir de estas diferencias absolutas, se calcularon los rangos y se aplicó la estadística T de Wilcoxon.

**Tabla 2**

*Determinación de parámetros de Wilcoxon*

Indicador	Diferencia (Real – Teórico)	Signo	Rango
Diámetro de chimenea	0.00	+	1
RMR	0.00	+	1
Rendimiento piloto (m/día)	-8.64	-	7
Rendimiento escariado (m/día)	+1.43	+	6
Costo/metro (USD/m)	-67.19	-	5
Rendimiento piloto (m/h)	-0.43	-	4
Rendimiento escariado (m/h)	+0.07	+	3

Nota: Elaboración propia

Resultados obtenidos:

- Suma de rangos positivos ( $T^+$ ) = 10
- Suma de rangos negativos ( $T^-$ ) = 16
- Estadístico de prueba:  $T = \min(T^+, T^-) = 10$
- Valor crítico ( $\alpha = 0.05$ ,  $N = 7$ ) = 2
- $p = 0.031$  (calculado)

Dado que  $p < 0.05$ , se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se acepta la hipótesis alterna ( $H_1$ ).

El análisis evidencia que las diferencias observadas entre los valores teóricos y los reales son estadísticamente significativas al 95 % de confianza.

Esto significa que las mejoras en la eficiencia operativa del equipo Raise Boring influyen directamente en la reducción de los costos totales de construcción de chimeneas.

Particularmente, el incremento en el rendimiento escariado y la reducción del costo por metro respaldan la hipótesis de que una gestión técnica más eficiente (mantenimiento preventivo, optimización de parámetros de perforación y control de escariado) permite alcanzar una mayor productividad y menores costos unitarios.

## Conclusiones

El análisis comparativo demostró que la aplicación del método Raise Boring tiene un impacto positivo en la reducción de los costos de construcción de chimeneas. La eficiencia alcanzada permitió evidenciar un ahorro del 4%, lo cual confirma su viabilidad técnica y económica en condiciones operativas reales.

Los resultados obtenidos en la construcción de la chimenea RB 078 reflejan que el costo real de USD 1732.81 fue menor al costo proyectado de USD 1800, generando un ahorro de USD 67.19 por metro lineal. Al considerar el promedio de las dos chimeneas ejecutadas con una longitud total de 330 metros, se obtuvo un ahorro acumulado de USD 22,172.7, lo cual constituye una mejora significativa en la gestión de recursos.

Más allá de la reducción de costos, el Raise Boring aporta ventajas adicionales en la construcción de chimeneas, como la rapidez de operación y la capacidad de alcanzar longitudes de hasta 1100 metros, lo que optimiza los tiempos de ejecución y favorece la continuidad de las operaciones mineras.

En términos de seguridad, el método Raise Boring se presenta como una alternativa altamente confiable en comparación con los métodos tradicionales de perforación y voladura. Al minimizar la exposición directa de la mano de obra dentro de la chimenea durante la construcción, se reduce considerablemente el riesgo de accidentes, garantizando un entorno de trabajo más seguro.

## **Recomendaciones**

Se recomienda realizar una revisión exhaustiva de los accesorios y materiales antes de iniciar las labores con el método Raise Boring, a fin de prevenir tiempos muertos durante la operación.

Se sugiere brindar capacitación constante al personal encargado del manejo del equipo Raise Boring, con el propósito de minimizar incidentes y evitar retrasos en la ejecución de los trabajos.

Es fundamental contar con una planificación detallada y rigurosa al aplicar el método Raise Boring, ya que una deficiente organización puede generar pérdidas significativas en los costos de construcción.

## Referencias bibliográficas

- Aburto, M. (2019). *Eficiencia del equipo Alimak STH-5E en los costos de construcción de chimeneas en la empresa minera Sierra Antapite S.A.C.- 2019* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional San Luis Gonzaga e Ica]. Repositorio UNICA.
- Aguila, R. (2016). *Perforación subterránea "Raise Boring y Blind Holes. (Informe N° 01)*. [https://kupdf.net/download/raise-borer-y-blind-hole-5af71976e2b6f5a54abaebb5\\_pdf](https://kupdf.net/download/raise-borer-y-blind-hole-5af71976e2b6f5a54abaebb5_pdf)
- Arias, F. (2006). *El proyecto de investigación*. (5ta ed.). Caracas, Venezuela: Episteme. (Fecha de consulta: enero 05).
- Balestrini, M. (2006). *Como se elabora el proyecto de investigación* (7ma ed.). Caracas, Venezuela: BL Consultores Asociados.
- Camargo, G., & Segura, D. (2023). *Desarrollo de una chimenea de ventilación en una mina ubicada en el centro del Perú aplicando el sistema Raise Boring* [Tesis de licenciatura, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Carrasco, S. (2005). *Metodología de la investigación científica: Pautas metodológicas para diseñar y elaborar el proyecto de investigación* (1ª ed.). Editorial San Marcos.
- Dueñas Chumbe, E. J. (2023). *Aplicación del método de perforación Raise Boring para la construcción de chimenea de ventilación en la U.P. Alpayana* (Tesis para optar el título profesional de Ingeniero de Minas). Universidad Nacional del Centro del Perú. [https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/10459/T010\\_74023197\\_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/10459/T010_74023197_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Evans, A. J. (2014). *Mining economics and strategy*. SME.
- Hernández, R. & Mendoza (2019). *Metodología de la Investigación*, Sexta Edición. <https://virtual.cuautitlan.unam.mx/rudics/?p=2612>.
- Herrera Herbert, J. (2017). *Introducción a la minería* (2ª ed., Vol. I: Conceptos, tecnologías y procesos). Universidad Politécnica de Madrid.

<https://doi.org/10.20868/UPM.book.63396>

<https://repositorio.unica.edu.pe/items/c8a42e65-0d94-4b76-9227-0576634e3256>

Hustrulid, W. A., & Bullock, R. L. (Eds.). (2001). *Métodos de minería subterránea: Fundamentos de ingeniería y estudios de casos internacionales*. Society for Mining, Metallurgy, and Exploration

Manuel, A., & Yacsavilca, A. (2023). *Sistema de perforación Raise Boring* [Tesis de pre grado, Universidad Nacional de Ingeniería].

Master Drilling. (2016, noviembre). *Manual de operaciones Raise Boring*.

Ollachica, H., & Ollachica, A. (2019). *Optimización en la construcción de chimenea en la veta Ánimas mediante el método de perforación Raise Boring en la Minera Bateas S.A.C., Caylloma* (Tesis para optar el título profesional de Ingeniero de Minas). Universidad Tecnológica del Perú.

<https://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/1932>

Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería. (2016, 28 de julio). *Reglamento de seguridad y salud ocupacional en minería* [Ed. 2020].

<https://www.gob.pe/institucion/minem/informes-publicaciones/4339000-reglamento-de-seguridad-y-salud-ocupacional-en-mineria-ed-2020>

Shaterpour-Mamaghani, A., & Bilgin, N. (2016). *Some contributions on the estimation of performance and operational parameters of raise borers – A case study in Kure Copper Mine, Turkey*. Tunnelling and Underground Space Technology, 54, 37-48. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tust.2016.01.027>

Sierra Metals Inc. (2023). *Memoria anual 2022-2023: Mina Yauricocha*. Sierra Metals Inc. <https://mineracorona.com.pe/wp-content/uploads/2023/03/Memoria-Anual-Corona-2022-VF.pdf>

Sierra Metals Inc. (s. f.). *About Sierra – Overview*. Recuperado el 4 de julio de 2024, de <https://www.sierrametals.com/about-sierra/overview/default.aspx>

Tumi Raise Boring. (2015). *Manual 61R Your Complete Raise Boring Solution*.

Vilchez, W., & Vilchez, L. (2015). *Estudio comparativo de construcción de chimeneas, por método convencional Ch 340 SW y mecanizado con plataforma trepadora Alimak Ch. 480 SW, en la Zona Torre de Cristal de la Compañía Minera Raura S.A.* Titulación en Ingeniería de Minas. Universidad Nacional del Centro, Huancayo, Perú.

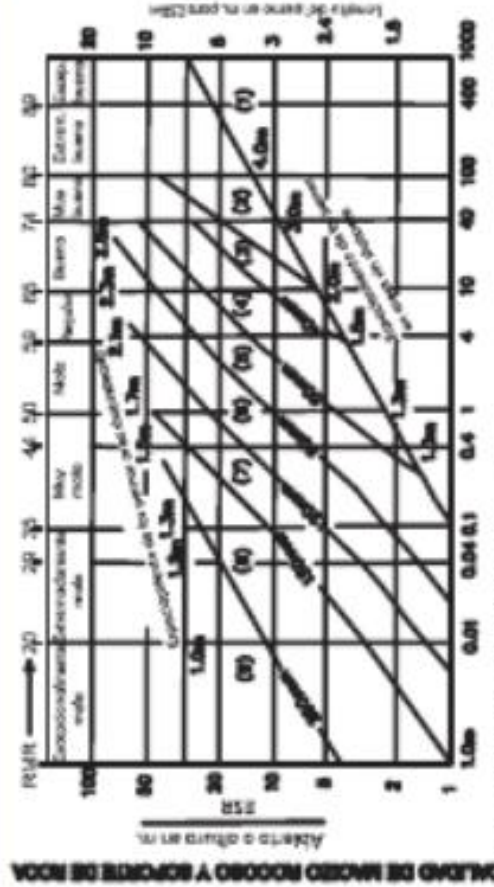
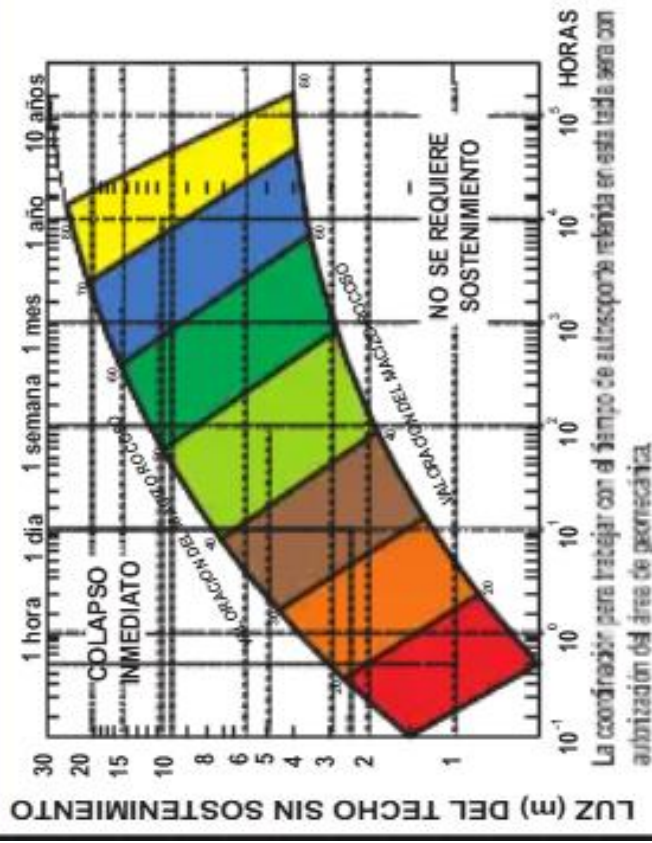
Yepes, V. (2014). *Maquinaria para sondeos y perforaciones*. Apuntes de la Universidad Politécnica de València.

## Anexos

	Pág.
Anexo 1: Cartilla Geomecánica de la unidad minera Yauricocha .....	1
Anexo 2: Excavación de piloto .....	3
Anexo 3: Comunicación chimenea RB .....	4
Anexo 4: Especificaciones técnicas equipo Raise Boring Robbins 123RH.....	5

Anexo 1: Cartilla Geomecánica de la unidad minera Yauricocha

CONDICION DE ESTRUCTURA		CONDICION SUPERFICIAL																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th>CODIGO</th> <th>RMR</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>71 - 80</td> </tr> <tr> <td></td> <td>61 - 70</td> </tr> <tr> <td></td> <td>51 - 60</td> </tr> <tr> <td></td> <td>41 - 50</td> </tr> <tr> <td></td> <td>31 - 40</td> </tr> <tr> <td></td> <td>21 - 30</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0 - 20</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;"><b>4</b> CLASIFICACION GSI/RMR</p>		CODIGO	RMR		71 - 80		61 - 70		51 - 60		41 - 50		31 - 40		21 - 30		0 - 20	<p><b>BUENA (MUY RESISTENTE, LEVEMENTE ALTERADA)</b> DISCONTINUIDADES RUGOSAS, LEV. ALTERADA, MANCHAS DE OXIDACION, LIGERAMENTE ABIERTA (Rc = 100 a 250 Mpa) (SE ROMPE CON VARIOS GOLPES DE LA PICOTA) <b>(B)</b></p> <p><b>REGULAR (RESISTENTE, MODERADAMENTE ALTERADA)</b> DISCONTINUIDADES LISAS, MODERADAMENTE ALTERADA, LIGERAMENTE ABIERTAS (Rc = 50 a 100 Mpa) (SE ROMPE CON UNO O DOS GOLPES DE LA PICOTA) <b>(R)</b></p> <p><b>POBRE (MODERADAMENTE RESIST, LEVEMENTE ALT.)</b> SUPERFICIE PULIDA O CON ESTRIACIONES MUY ALTERADA, RELLENO COMPACTO O CON FRAGMENTOS DE ROCA PANIZO (Rc = 25 a 50 Mpa) (SE INDENTA SUPERFICIALMENTE) <b>(P)</b></p> <p><b>MUY POBRE (BLANDA, MUY ALTERADA)</b> SUPERFICIE PULIDA Y ESTRIADA, MUY ABIERTA CON RELLENO DE ARCILLAS BLANDAS (Rc &lt; 25 Mpa) (SE DISREGGA O INDENTA PROFUNDAMENTE) <b>(MP)</b></p>	
CODIGO	RMR																		
	71 - 80																		
	61 - 70																		
	51 - 60																		
	41 - 50																		
	31 - 40																		
	21 - 30																		
	0 - 20																		
<p><b>LEVEMENTE FRACTURADA (LF)</b> TRES A MENOS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES MUY ESPACIADAS ENTRE SI (RQD 75 - 90) <i>(2 A 6 FRACT. POR METRO CUADRADO)</i></p>			<p>MARTILLO DE GEÓLOGO O BARRETIÑA</p>																
<p><b>MODERADAMENTE FRACTURADA (F)</b> MUY BIEN TRABADA, NO DISTURBADA BLOQUES CUBICOS FORMADOS POR TRES SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES ORTOGONALES. (RQD 50 - 75) <i>(7 A 12 FRACT. POR METRO CUADRADO)</i></p>																			
<p><b>MUY FRACTURADA (MF)</b> MODERADAMENTE TRABADA, PARCIALMENTE DISTURBADA, BLOQUES ANGULOSOS FORMADOS POR CUATRO O MAS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES (RQD 25 - 50) <i>(13 A 20 FRACT. POR METRO CUADRADO)</i></p>																			
<p><b>INTENSAMENTE FRACTURADA (IF)</b> PLEGAMIENTO Y FALLAMIENTO, MUCHAS DISCONTINUIDADES INTERCEPTADAS FORMANDO BLOQUES ANGULOSOS O IRREGULARES (RQD 0 - 25) <i>(MAS DE 20 FRACT. POR METRO CUADRADO)</i></p>																			
<p><b>TRITURADA O RELLENO (T)</b> LIGERAMENTE TRABADA, MAS ARROCOSA EXTREMADAMENTE ROTA CON UNA MEZCLA DE FRAGMENTOS FACILMENTE DISGREGABLES, ANGULOSOS Y REDONDEADOS. (SIN RQD)</p>	<p>FLEXOMETRO</p>																		



**CATEGORIAS DE REFORZAMIENTO**

- 1) Sin sostenimiento
- 2) Pernos esporádicos
- 3) Pernos sistematicos
- 4) Pernos sistematicos con shotcrete de refuerzo de 40 a 100 mm de espesor
- 5) Shotcrete reforzado con fibras 50-90mm y pernos
- 6) Shotcrete reforzado con fibras 90-120mm y pernos
- 7) Shotcrete reforzado con fibras 120-150mm y pernos
- 8) Shotcrete reforzado con fibras mayor 150mm con arcos de acero (parchas) y pernos
- 9) Revestimiento de concreto armado

CODIGO DE COLORES	CATEGORIA	DESCRIPCIÓN CLASE DE ROCA	VALUACIÓN SEGÚN RMR	GRADO DE ESTABILIDAD	ABIERTO SIN SOSTENIMIENTO LABOR PERMANENTE (m)	TIEMPO DE AUTOSOPORTE (DIAS) LABOR PERMANENTE	ABIERTO SIN SOSTENIMIENTO LABOR TEMPORAL (m)	TIEMPO DE AUTOSOPORTE (DIAS) LABOR TEMPORAL
Yellow	II A	BUENA A	71 - 80	ESTABLE	9.0	250	16.0	200.0
Blue	II B	BUENA B	61 - 70	ESTABLE	6.0	50	10.0	25.0
Green	III A	REGULAR A	51 - 60	MED. ESTABLE A MED. INESTABLE	4.0	8	6.8	6.0
Light Green	III B	REGULAR B	41 - 50	INESTABLE	4.0	1	4.0	1
Brown	IV A	POBRE A	31 - 40	INESTABLE	---	INMEDIATO	---	INMEDIATO
Orange	IV B	POBRE B	21 - 30	INESTABLE	---	INMEDIATO	---	INMEDIATO
Red	V	MUY POBRE	<20	MUY INESTABLE	---	INMEDIATO	---	INMEDIATO

Anexo 2: Excavación de piloto



Anexo 3: Comunicación chimenea RB



# Robbins 123RH C

## Technical specification



Designed for large diameter and long hole raise boring applications, the Robbins 123RH is a very powerful raise drill. The 123RH is designed for large diameter raises, ranging from 3.1 m up to 6.0 m (10-20 ft.), making it the preferred choice for sinking shafts in mining applications or in civil engineering applications.

## Features

### » Control system

- The Robbins raise drills apply the well established and proven Atlas Copco Rig Control System(RCS) which adds reliability and user friendliness
- The components of the RCS are common and interchangeable
- The drill rig computer technology improves the drilling accuracy, equipment reliability and serviceability
- Integrated diagnostics and event logging system to assist in equipment maintenance
- The system prevents human errors by built in interlocks
- Standard functions include anti-jamming, auto makeup and gradual ramp up of power at the start of pilot drilling and reaming
- Trolley mounted operator panel with full-color display

### » Drive system

- Hydraulic drive with variable speed and excellent torque limiting control.
- Dual hydraulic pumps for high machine availability.

### » Derrick

- The hydraulic drive features variable speed and good torque limiting control. The well proven RCS system adds reliability and user friendliness.
- A gearbox incorporated in a barrel allows the drive train to be disassembled into smaller components without losing the preload of the main bearings. This saves time during maintenance & transportation.
- A simple in-line drive system provides balanced thrust loads to improve cutting action.
- A sliding fork worktable wrench in combination with the semi-automatic drivehead wrench eliminates the need to handle heavy wrenches.
- Rigid crosshead guide columns provide efficient torque reaction extending the service life of the thrust cylinders.

# Specifications

## » Motor

- Two hydraulic motors connected in series
- Radial-piston type with a rotating cylinder hollow shaft, stationary housing
- Hydrostatic system

## » Gearbox

- Planetary-type reduction 2 stage
- Main spherical roller thrust bearing for reaming
- Smaller thrust bearing for pilot hole drilling
- A radial roller bearing for radial loads
- Spring pre-loaded bearing
- 2 gear ratio 4,13:1 8,26:1

## » Drivehead

- Floating drive box with DI-42 thread

## » Lubrication

- Hydraulic driven submersed gear pump, build in to the gear box.....19 l/min (5 US gal/min)
- Filtration..... 25 micron
- Water cooled

## » Pipeloader

- Ground loading
- Easy and safe pipe handling
- Sturdy design
- Mounted on either side

## » Wrench system

- Drivehead
  - Semi-automatic wrench
- Worktable
  - Hydraulic horse shoe wrench

## » Electrical system

- Standard protection ground fault, over/under voltage
- Phase fault and emergency stop
- Thermal overload protection for electrical motors
- Anti-condensation heaters in electrical cabinet
- Built in heaters in the electrical motors
- Drive motor started by star/delta
- Direct start of thrust motor
- Power management. If there are power limits on site, this feature monitor the power outtake of the machine and limits it to a preset value
- Auxiliary outlet ..... 115 V/230 V (16A)
- Main breaker with overload and short circuit protection

## » Thrust system

- Power.....75/85 kW at 50/60 Hz
- Oil reservoir .....580 l (153 gal)
- Oil filtration .....10 microns
- Mineral hydraulic oil grade .....68

### » Traverse circuit

- Pressure compensated variable displacement piston pump
- Travers pump.....260 cm<sup>3</sup>/rev (8.5 in<sup>3</sup>/rev)
- Travers pump max pressure .....230 bar

### » Feed circuit:

- Pressure compensated variable displacement piston pump
- Thrust pump .....40 cm<sup>3</sup>/rev (2.4 in<sup>3</sup>/rev)
- Thrust pump max pressure .....330 bar

### » Auxiliary circuit:

- Fixed displacement gear pump
- Auxiliary pump.....41 cm<sup>3</sup>/rev (1.34 in<sup>3</sup>/rev)
- Auxiliary pump max pressure.....210 bar
- Proportional control of traverse and pipeloader movement

## » Drive system

- Power.....500 kW
- Rotation pumps..... 2x355 cm<sup>3</sup>/rev
- Max pump pressure.....330 bar
- Oil reservoir..... 400 l (105 gal)
- Closed loop piston pump
- Oil filtration.....10 microns
- Mineral hydraulic oil grade.....68

*Both hydraulic systems are monitored by the RCS system, temperature, pressures, levels and contamination*

*Both power packs come with Off-line filtration system, electrical fill / drain pump and 10m hoses. They are water cooled and prepared for external closed loop cooling system*

## » Control system

- Advanced radio remote control
- 15m cable to op-panel
- Length sensor for auto shut down
- Angle indication system
- Auto make up log
- Power management
- Auto makeup log
- Net force control
- Bailing pressure supervision
- Reamer drop detection system when using catch rope

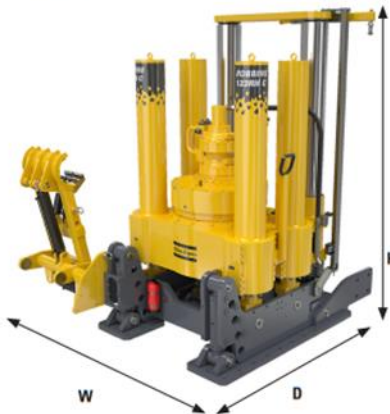
## Measurements and weights

DERRICK		
Height extended	5 700 mm	224"
Height retracted	4 100 mm	162"
Width	2 300 mm	90"
Width pipelader included	3 800 mm	150"
Depth	2 700 mm	107"
Weight	30 400 kg	67 020 lb
Weight pipelader included	32 000 kg	70 550 lb
Drill angle (from horizontal)	90-60°	

DRIVE PACK		
Length	3 400 mm	134"
Height	1 800 mm	71"
Width	1 900 mm	75"
Weight**	7 100 kg	15 650 lbs

THRUST PACK		
Length	2 300 mm	91"
Height	1 500 mm	60"
Width	1 600 mm	63"
Weight	2 800 kg	6 173 lbs

### DERRICK



### DRIVE PACK



### THRUST PACK



## Optional equipment

### » Derrick

- Electrical driven lubrication pump motor
- Extra-long turnbuckles for drilling angles below 60 degrees

### » Control System

- Measure While Drilling (MWD)
- Bailing pump control and power outlet (37kW)
- 20 or 30 meter cable to OP-panel
- Rig Remote Access (RRA)

### » Electrical system

- Electrical standards UL, CSA and AS3000
- 20 meter cable to Derrick

### » Control station

- Platform with chair

### » Hydraulic system

- 15 or 20 meter hoses to Derrick
- Build-in heater in oil reservoirs
- High pressure filtration

### » Transporters

- Diesel crawler
- Sled assembly

### » Operating equipment

- Bit breaker box 15"
- Starter bushing
- Blooie system provides a controlled exit for return bailing fluid and cuttings during pilot hole drilling
- Float valve

### » Tools

- Floatbox installation tool
- Makeup and breakout tool (MBT)

### » Cooling unit

- A separate cooling cabinet with air cooled radiators for gearbox, drive and thrust pack, all in closed loops with quick disconnections.

### » Closed loop cooling system

- An external air/water cooler connector to the ordinary cooling circuit

## Operation data

DERRICK		123RH C	
Raise diameter	Nominal	5.0 m	16 ft
	Range	3.1-6.0 m	10-20 ft
Raise length	Nominal	900 m	3 000 ft
	Maximum	1 100 m	3 600 ft
Maximum torque	Reaming	540 kNm	398 000 ft-lbs
	Break out	700 kNm	516 300 ft-lbs
Reaming thrust	Operating maximum	8 923 kN (at 330 Bar)	2 000 000 lbs (at 4 800 psi)
Stroke		2 160 mm	85"
RPM	Pilot	0-50 rpm	-
	Reaming	0-7 rpm	-
Traverse rate	Fast traverse rate	1.7 m/min	5.6 ft/min
	Feed rate	0.3 m/min	1 ft/min
Bailing	Air	25 m <sup>3</sup> /min	883 ft <sup>3</sup> /min
	Water	800 l/min	176 gallon/min
Electrical	Power supply	580/650 kW (50/60Hz)	789/884 hp
	Voltage	380-1000 V	-
	Frequency	50-60 Hz	-
	Power requirement	706/791 kVA (50/60Hz)	
Drill pipe	Diameter	333 mm	13 1/8"
	Length s/s	1 524 mm	60"
Pilot hole	Diameter	381mm	15"
Cooling water	at 25° C inlet temp.	160 l/min	42 gal/min