

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**

**FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS**



**DESARROLLO DE CHIMENEAS DE VENTILACIÓN, ORE PASS  
Y WASTE PASS UTILIZANDO EL METODO DE PERFORACIÓN  
RAISE BORING PARA LA CONTINUIDAD DE LABORES  
MINERAS EN LA UNIDAD SAN RAFAEL**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. DANIEL RAMOS PERCCA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO DE MINAS**

**PUNO - PERÚ**

**2019**

# INDICE GENERAL

**INDICE GENERAL**

**INDICE DE TABLAS**

**INDICE DE FIGURAS**

<b>RESUMEN .....</b>	<b>5</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>6</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>7</b>
<b>II. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>11</b>
<b>III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>17</b>
<b>IV. CONCLUSIONES .....</b>	<b>20</b>
<b>V. AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>21</b>
<b>VI. BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>22</b>

**TEMA:** Desarrollo de labores mineras y otras excavaciones.

**ÁREA:** Ingeniería de minas.

**FECHA DE SUSTENTACIÓN:** 15 de noviembre del 2019.

## INDICE DE TABLAS

Tabla N° 1. Calidad del macizo rocoso en cámaras RB de la unidad minera San Rafael. .....	10
Tabla N° 2. Características del Rimado .....	14
Tabla N° 3. Presión vs empuje de rimado .....	14
Tabla N° 4. Dimensiones de cámara RB según máquina Raise Borer.....	16
Tabla N° 5. Características de las máquinas.....	18
Tabla N° 6. Requerimiento de energía. ....	19

## INDICE DE FIGURAS

Figura N° 1. Atlas Copco Robbins 53RH-EX Raise Boring machine.....	8
Figura N° 2. Unidades de la perforadora.....	11
Figura N° 3. Línea de tracción para rotación y Cilindros para avance y/o recorrido.....	12
Figura N° 4. Estándar de presiones (PSI) en la perforación piloto. ....	13
Figura N° 5. Estándar de presiones (PSI) en la perforación piloto. ....	13
Figura N° 6. Robbins 73RM-VF set up in a workshop.....	15
Figura N° 7. Método de Perforación Raise Boring .....	16

## RESUMEN

La ejecución de pozo o chimeneas en la unidad minera San Rafael fue realizada en los meses de julio, agosto y septiembre del 2019, estas máquinas Raise Borer, son diseñadas para perforar verticalmente con angulos de hasta 90° a 60°, el objetivo principal es el desarrollo de chimeneas de ventilación, ore pass y waste pass., el equipo primordial es la máquina, los accesorios y componentes raise boring, el método o proceso inicia con la instalación de la máquina Raise Borer en la cámara (labor) donde es posicionada la máquina, inicia la perforación piloto llegando a conectar al nivel inferior, posteriormente el embonado (acople) de cabeza rimadora para la perforación rimado, culminado este proceso se obtiene la chimenea. El resultado son chimeneas de ventilación, ore pass y waste pass, estas chimeneas pueden ser de diferentes diámetros, esto depende también de características de las máquina Raise Borer, en este caso trabajamos con diámetros de 8 a 10 pies y longitudes desde los 100 a 300 metros, como conclusión es la obtención de chimeneas con el sistema Raise Borer son para una continuidad en las operaciones que día a día avanza con perforación y voladura para la extracción de minerales, por tanto se necesitan chimeneas de ventilación para la necesaria circulación de aire, chimeneas de ore pass (para mineral) y waste pass (para desmonte) así la continuidad de desarrollo de labores en la mina es constante, este sistema es ventajoso en comparación con lo convencional, es seguro y amable con el medio ambiente.

**Palabras clave:** Raise boring, desarrollo de chimeneas, método de perforación, ventilación, máquina raise borer.

## **ABSTRACT**

The execution of shaft or raises at the San Rafael mining unit was carried out in the third quarter of 2019, these Raise Borer machines are designed to drill vertically with angles of up to 90° to 60°, the main objective is the development of ventilation raises, ore passes and waste passes, the main equipment is the raise boring machine, the accessories and components, the method or process starts with the installation of the Raise Borer machine in the chamber where the machine is positioned, starts the pilot drilling, connecting to the lower level, then the rhyming head coupling for the rhyming drilling, after this process the raise is obtained. The result are ventilation raises, ore passes and waste passes, these raises can be of different diameters, this also depends on the characteristics of the Raise Borer machine, in this case we work with diameters from 8 to 10 feet and lengths from 100 to 300 meters, as a conclusion is the obtaining of chimneys with the Raise Borer system are for a continuity in the operations that day by day advances with drilling and blasting for the extraction of minerals, therefore ventilation raises are needed for the necessary air circulation, ore passes raises (for ore) and waste passes (for dismantling) so the continuity of development of work in the mine is constant, this system is advantageous compared to conventional, is safe and environmentally friendly.

**Keywords:** Raise boring, chimney development, drilling method, ventilation, raise borer machine.

## **I. INTRODUCCIÓN**

### **¿CÓMO AYUDA EL DESARROLLO DE CHIMENEAS CON EL MÉTODO DE PERFORACIÓN RAISE BORING?**

El método Raise Boring ayuda a las minas a poder tener una mejor circulación de aire realizando chimeneas de ventilación, y una mejoría en el transporte de mineral y desmonte en la construcción de Ore Pass y Waste Pass. El objetivo es determinar la importancia del desarrollo de chimeneas de ventilación, Ore Pass y Waste Pass utilizando el método de perforación Raise Boring para la continuidad de labores mineras en la unidad San Rafael – MINSUR S.A.

En la actualidad la excavación mecánica con máquinas de perforación Raise Boring desempeñan un papel importante en la industria minera estas máquinas proporcionan las fuerzas de empuje y rotación necesarias para la perforación, así como el equipo y los instrumentos necesarios para controlar y monitorear el proceso. Las máquinas de excavación han sido históricamente diseñadas para ser utilizadas en diferentes proyectos mineros y de construcción civil y son una fuerte alternativa al método convencional de perforación y voladura. Se compone de cinco conjuntos principales: la torre de perforación; los sistemas hidráulicos, de lubricación y eléctricos; y la consola de control. (Copco 2012, Shaterpour-Mamaghani et al. 2018)

El método de perforación Raise Boring, es un sistema de ejecución de un pozo o chimenea por medios mecánicos entre dos o más niveles. La galería ascendente puede ser vertical 90° respecto al plano horizontal o inclinarse hasta los 60° respecto al plano horizontal. Todos los niveles pueden ser subterráneos, ó el nivel superior estar en la superficie. La máquina perforadora Raise Boring puede usarse para chimeneas de ventilación, pasos de mineral, pasos de relleno de rocas y elevaciones de ranuras. Para ello se diseñó un método en el que primero se efectuaba un sondeo piloto siguiendo después con el ensanche de la chimenea en sentido ascendente. Utilizando un tamaño mayor de cabeza rimadora se ensanchaba la perforación en una ó varias etapas logrando al final el diámetro requerido este método proporciona una excavación mecanizada más segura y eficiente. (Copco 2012, Copco 2007)

**Figura N.º 1. Atlas Copco Robbins 53RH-EX Raise Boring machine.**



La primera vez que se utilizó una máquina Raise Borer fue en 1962 en la mina Homer Wanseca (Michigan) en Estados Unidos. Siendo un taladro piloto de 10” de diámetro llegando al final de 3.33’ de diámetro, posteriormente se añadieron diversas innovaciones al método Raise Boring con el fin de solucionar la necesidad de conectar perpendicularmente galerías horizontales situadas a distintos niveles. (Llanllaya Huamani 2019)

Con el avance técnico creció el número de países en que se empezó a utilizar este método. La aplicación empezó en Estados Unidos extendiéndose por Australia, Canadá, México, Sudáfrica, Europa y actualmente en Sudamérica. Finalmente, este método también se aplica con éxito en la construcción de chimenea de ventilación, en la construcción de centrales hidráulicas y en depósitos subterráneos, etc. En la minería subterránea del Perú se cuenta con alrededor de 150 operaciones. La empresa TUMI es especialista en Raise Boring, ofreciendo también sus máquinas de fabricación local en el mercado; es a la vez fabricante y contratista: la compañía produce sus propias máquinas, así como todos los componentes relacionados. Su gerente general, Marc Blatter, dio detalles sobre la SBM 400 SR, una máquina que se utiliza para actividades de producción: La SBM 400 SR es única en su clase. Está diseñada para lograr seguridad y rapidez. Es una unidad de Raise Boring con manos libres, no diseñada para hacer túneles de ventilación (chimeneas), sino slot raises. Viene completamente integrada y no necesita ningún sistema de elevación. Además, no necesita un supervisor. (Global Business Reports 2014)



La problemática que se presenta en la mayoría de las minas subterráneas; cuando realizan su avance para desarrollo, profundizar, preparar la mina para la extracción de mineral, o para el ingreso de aire fresco se convertirá un problema y un reto para el minero.

Las unidades mineras realizan el desarrollo de sus labores, con el reto de mantener una circulación de aire mínimo de 20 m<sup>3</sup>/min. Sin embargo, el tiempo que se tiene para seguir avanzando es importante y la solución es la construcción de chimeneas para hacer ingresar aire fresco y evacuar el aire viciado producto de la emanación de gases tales como el CO proveniente de la maquinaria pesada y voladura de los diferentes frentes de avance. Para las operaciones en una mina convencional y/o mecanizada, la solución es construcción de chimeneas con el método Raise Boring, por ser más segura y de ejecución rápida. (Contreras Llica 2015)

El estudio realizado sobre: Optimización en la construcción de chimenea en la veta Ánimas mediante el método de perforación Raise Boring en la minera Bateas SAC, Caylloma, con objetivo optimizar la construcción de chimenea en la veta Animas mediante el método de perforación Raise Boring en la Minera Bateas SAC, Caylloma, los resultados fueron aplicando el método Raise Boring en la construcción de la Chimenea RB 571N Zona Animas de longitud 160 m con un costo de \$ 887,554 y un tiempo de 107 días se cumplió de acuerdo al cronograma propuesto. Durante la construcción no se presentó incidentes y accidentes durante el tiempo que duro, por tanto se puede decir que fue un método efectivo.(Ollachica Hacha and Ollachica Sulla 2019)

El estudio realizado sobre: Construcción de chimeneas Raise Borer para optimizar el proceso de minado y los costos de explotación en el tajo 355 de reina leticia en compañía minera Raura S.A. con objetivo evaluar alternativas técnico económico que maximicen el sistema de minado y minimicen los costos en el tajo 355 de la zona Reina Leticia con método científico experimental con diseño descriptivo, los resultados fueron que las chimeneas Raise Boring por su forma circular y por la poca rugosidad en el interior de sus paredes tienden a comportarse como un excelente ducto de ventilación, mucho mejor que las chimeneas convencionales excavadas con explosivo.(Rivera Huaman 2015)

El estudio realizado sobre: Aplicación de la geomecánica para el control de la desviación en la perforación del taladro piloto con equipo Raise Boring en la ejecución de chimeneas en la unidad minera San Rafael – MINSUR S.A. con objetivo de controlar

la desviación en perforación de taladros pilotos en la ejecución de chimeneas en la cámara RB Nv - 4200 y pie RB Nv - 3900 y en la cámara RB Nv - 4310 y pie RB Nv – 4185 con el equipo Raise Borer, mediante la aplicación de la geomecánica y asignación de presión de empuje adecuado en perforación en la Unidad Minera San Rafael – MINSUR S.A. tipo descriptiva, explicativo y aplicativo, los resultados fueron mediante el uso de la clasificación geomecánica de RMR de Bieniawski 1989, se ha determinado, la calidad de la roca de media a buena con resultados de RMR 60 y RMR 66 y Conforme al objetivo 2; de asignar la presión de empuje adecuada para el control de la desviación en la perforación del taladro piloto con equipo Raise Borer en proyecto N° 1 (cámara RB Nv - 4200 y pie RB Nv – 3900) y en proyecto N° 2 (cámara RB Nv - 4310 y pie RB Nv – 4185) en la Unidad Minera San Rafael – MINSUR S.A.; el control de la desviación en perforación de taladros pilotos, se ha realizado asignando presiones en dos escenarios conforme el avance va profundizando el taladro piloto..(Vilca Yucra and Vilca Yucra 2018), como resultado:

**Tabla N° 1. Calidad del macizo rocoso en cámaras RB de la unidad minera San Rafael.**

<b>Calidad del macizo rocoso en cámara RB Nv-4200</b>	
<b>RMR</b>	<b>60</b>
Categoría	III
Descripción	Media o regular
<b>Calidad del macizo rocoso en pie RB Nv-3900</b>	
<b>RMR</b>	<b>66</b>
Categoría	II
Descripción	Buena
<b>Calidad del macizo rocoso en cámara RB Nv-4310</b>	
<b>RMR</b>	<b>60</b>
Categoría	III
Descripción	Media o regular
<b>Calidad del macizo rocoso en pie RB Nv-4185</b>	
<b>RMR</b>	<b>65</b>
Categoría	II
Descripción	Buena

El estudio realizado sobre: Diseño estructural de un brazo hidráulico cargador de tuberías de acero de 10” para una máquina perforadora Raise Borer, con objetivo Realizar el análisis de la estructura de un brazo hidráulico cargador de tuberías para una máquina

perforadora tipo Raise Borer, para garantizar que su estructura soporte la carga de una tubería de acero de 10" de diámetro máximo por 3' de longitud.(Alegría Vega 2014)

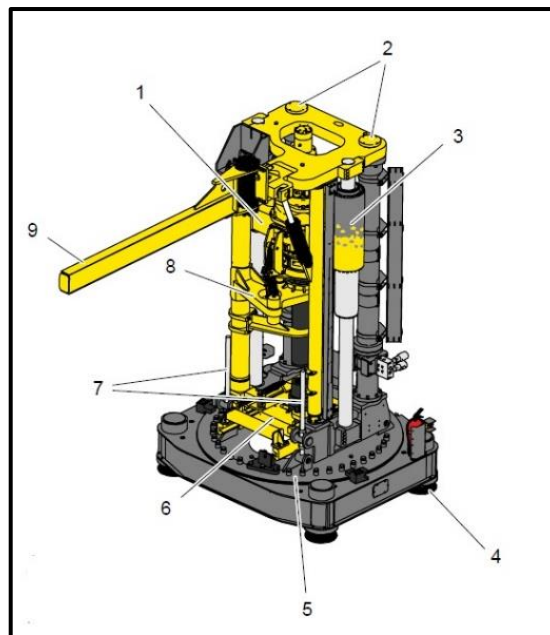
Raise Boring tiene ventajas en los campos de seguridad, protección del medio ambiente, disponibilidad mecánica, paredes autosostenidas, desviaciones mínimas y con desventajas de consumo de energía, vertimiento de lodo de perforadora e inversión muy elevada.

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente informe tiene como tipo de investigación descriptivo y diseño no experimental. El trabajo desarrollado en la unidad minera San Rafael MINSUR S.A. detalla lo siguiente.

### Descripción del equipo.

**Figura N° 2. Unidades de la perforadora**

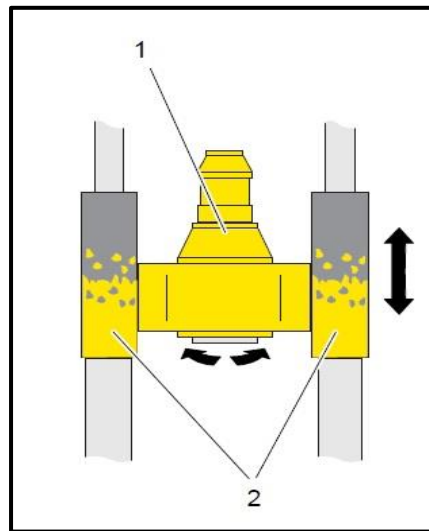


- a. Crosshead con línea de tracción y semiwrench.
- b. Cilindros de stingers.
- c. Cilindros para las funciones de avance y recorrido.
- d. Patas de apoyo.

- e. Mesa giratoria para inclinación de perforación.
- f. Mesa de trabajo con bloqueo de deslizamiento.
- g. Tornillos de ángulo para el ajuste de inclinación de perforación.
- h. Manipulador de tubos.
- i. Brazo de grúa.

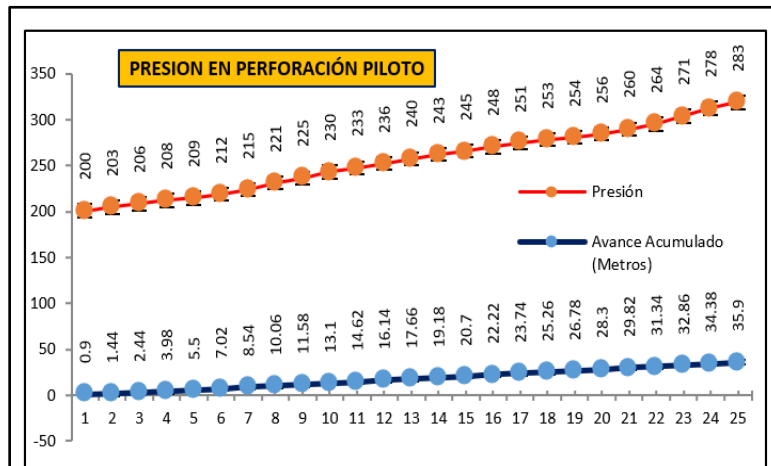
**Funciones: rotación, avance y recorrido.**

**Figura N° 3. Línea de tracción para rotación y Cilindros para avance y/o recorrido.**

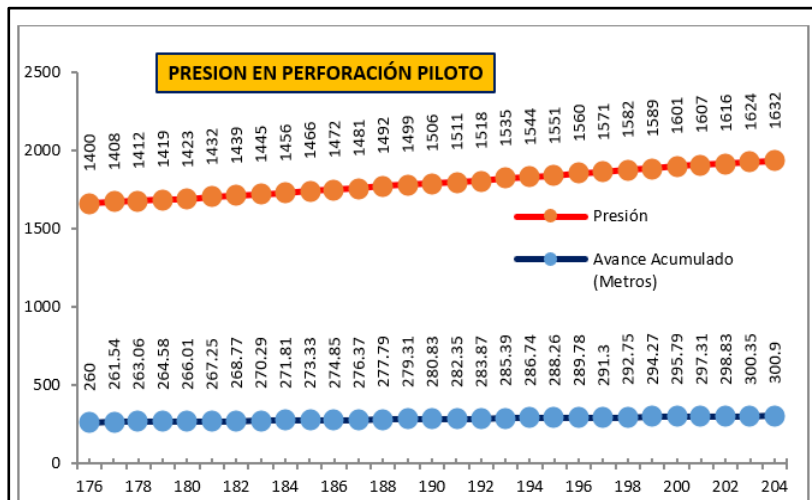


La rotación se lleva a cabo con la línea de tracción [1] del equipo. Ésta se halla montada en un Crosshead que recibe las fuerzas de torsión y presión y que transmite hacia arriba o abajo los movimientos de avance hasta el marco del equipo. La línea de tracción propiamente dicha consta de dos motores de rotación conectados en tándem, un engranaje planetario y un mandril de perforación donde se enrosca el tubo guía, las presiones que se manejan son similares a las siguientes figuras.

**Figura N° 4. Estándar de presiones (PSI) en la perforación piloto.**



**Figura N° 5. Estándar de presiones (PSI) en la perforación piloto.**



El avance lo realizan los cilindros de avance [2], los cuales suben o bajan el Crosshead según la maniobra y ajustes del operario. El avance durante la perforación se realiza progresivamente con aproximadamente una longitud de tubo de perforación por carrera. Cuando la percusión llega a su tope podrá realizarse la inserción o extracción del tubo de perforación para continuar con ésta. El Crosshead también puede recorrerse (avanzarse más rápido) arriba o abajo cuando no se lleva a cabo la perforación. Durante la operación de percusión el operario maneja el régimen y la velocidad y potencia del avance para que la fuerza neta y el par de torsión no superen la carga permitida del cabezal de perforación.(Copco 2012)

**Tabla N° 2. Características del Rimado**

TIPO DE CABEZA	SBH 6	SBH 6	SBH 6
DIÁMETRO DE CABEZA (pies)	6	6	6
DIÁMETRO DE TUBERÍA (pulg)	10	10	10
LONGITUD DE CHIMENEA (mts)	200	200	200
DUREZA DE ROCA MPa	180 - 240	180 - 240	180 - 240
ABRASIVIDAD DE ROCA	Media	Media	Media
<b>FUERZA POR CORTADOR (libras)</b>	<b>31,000</b>	<b>44,000</b>	<b>55,000</b>
PENETRACIÓN (mm/revolución)	0.9	2.0	2.7
RPM de Cabeza	8	8	8
<b>Rate de penetración mts/hora</b>	<b>0.4</b>	<b>1.0</b>	<b>1.3</b>
<b>Vida de cortador (metros)</b>	<b>267</b>	<b>684</b>	<b>950</b>

**Tabla N° 3. Presión vs empuje de rimado**

PRESIÓN		EMPUJE DE RIMADO	
psi	MPa	Libras-f	kN
6,000	41.4	760,000	3,400
5,900	40.7	750,700	3,350
5,800	40.0	738,000	3,300
5,700	39.3	725,200	3,250
5,600	38.6	712,500	3,150
5,500	37.9	699,800	3,100
5,400	37.2	687,100	3,050
5,300	36.6	674,300	3,000
5,200	35.9	661,600	2,950
5,100	35.2	648,900	2,900
5,000	34.5	636,200	2,850
4,900	33.8	623,400	2,750
4,800	33.1	610,700	2,700
4,700	32.4	598,000	2,650
4,600	31.7	585,300	2,600
4,500	31.0	572,600	2,550
4,400	30.3	559,800	2,500
4,300	29.7	547,100	2,450
4,200	29.0	534,400	2,400
4,100	28.3	521,700	2,300
4,000	27.6	508,900	2,250
3,900	26.9	496,200	2,200
3,800	26.2	483,500	2,150
3,700	25.5	470,800	2,100
3,600	24.8	458,000	2,050
3,500	24.1	445,300	2,000
3,400	23.4	432,600	1,900
3,300	22.8	419,900	1,850
3,200	22.1	407,200	1,800

La perforación Raise Boring es un método moderno de perforación de roca, ampliamente utilizado en el sector minero y en el sector hidroeléctrico, mediante el cual se efectúan hoyos verticales o inclinados entre dos niveles diferentes a ser conectados. Estos niveles pueden estar ambos bajo tierra o un nivel puede estar en superficie y el otro nivel bajo tierra. Este método soluciona los problemas presentes en el método convencional, porque suprime el uso de explosivos y principalmente el trabajo del operario dentro de la labor, mejorando la seguridad, avance, acabado y estabilidad de las chimeneas; estas mejoras han impulsado el uso más extenso de este método dentro de la minería mundial. El método Raise Boring, requiere para su operación de los siguientes componentes:

- Perforadora o fuente de poder (Raise Borer machine).
- Columna de perforación (Drill string)
- Cabeza Rimadora (Reamer)
- Broca piloto (Pilot bit)

**Figura N° 6. Robbins 73RM-VF set up in a workshop.**



La ejecución del método consta de 4 fases: preparación del lugar de operación; transporte y ensamblaje; perforación piloto y rimado. La preparación del lugar de operación, consta básicamente de 2 actividades; la primera es ensanchar la galería hasta las dimensiones recomendadas, que dependiendo de modelo se requerirá una ampliación mayor o menor, en función al tamaño de equipo; la segunda actividad consiste en la construcción de una base horizontal de concreto, sobre la cual se instalará la perforadora; esta base debe ser consistente y capaz de soportar la energía (empuje) y peso de la

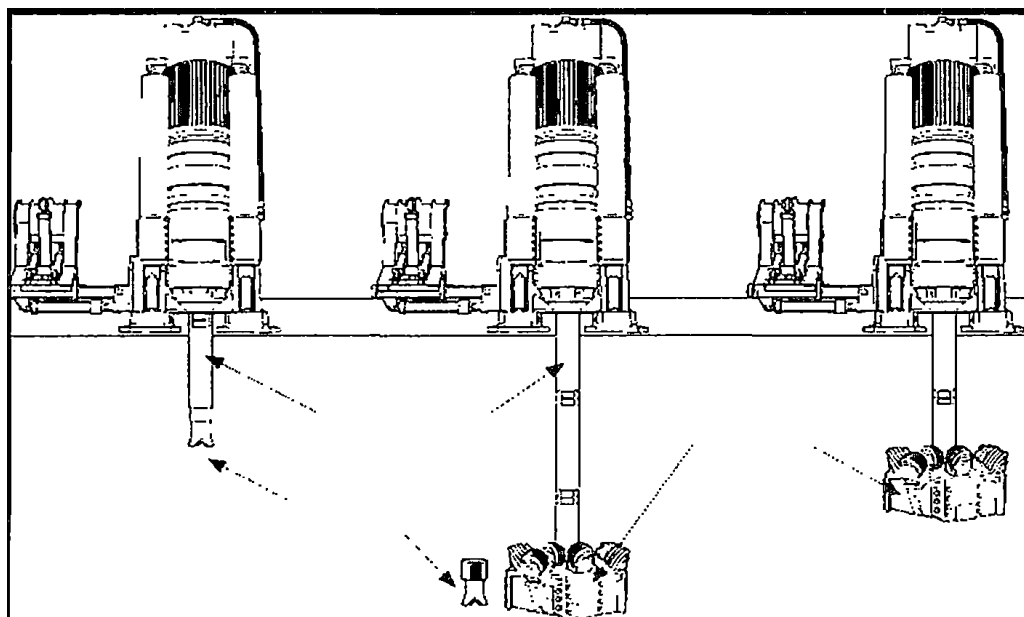
perforadora; sus dimensiones están en función al modelo del equipo. Una vez acondicionado el lugar de operación, se procede con el traslado de los componentes del sistema para ser instalados en su lugar de operación. Concluida la instalación, se procede a suministrar la energía eléctrica requerida para el funcionamiento del equipo, quedando apto para iniciar la perforación.

**Tabla N° 4. Dimensiones de cámara RB según máquina Raise Borer.**

MAQUINA	AREA	ALTURA	TAMAÑO LOSA (m) mínimo
Boesman	6 x 6	7	3 x 3
Lena	6 x 6	7	3 x 3
Ghana	6 x 6	7	3 x 3
Gatiep	6 x 6	7	3 x 3
RBM-6	6 x 6	7	3 x 3
43R	6 x 6	6	3 x 3
41R	6 x 6	6	3 x 3
61R	6 x 6	6	3 x 3
71R	6 x 6	7	3 x 3
72R	6 x 6	7	3 x 3
73R	6 x 6	7.5	3 x 3

Se realiza la perforación piloto, de un nivel a otro, con el rumbo e inclinación deseados, luego se acopla una broca escariadora, la cual regresa ensanchando el taladro por la trituración de la roca (rimado). (Llanllaya Huamani 2019)

**Figura N° 7. Método de Perforación Raise Boring**





La perforación Raise Borer es método alternativo para la perforación de pozo largo con agujeros extremadamente precisos para permitir el desbarbado en una sola toma. Una maquina Raise Borer también puede llevar a cabo la apertura del agujero o socavación, utilizando un escariador de diámetro pequeño para agrandar un agujero piloto existente.

El costo de capital de un maquina Raise Borer es alto, pero si se usa de manera metódica y consistente, el retorno de la inversión es muy útil. Los aumentos no solo se construirán de manera más segura y rápida, sino que serán más largos, más suaves, menos perjudiciales que la voladura y producirán menos sobrecortes. Los detritus de roca producidas por un maquina Raise Borer son consistentes en tamaño y fáciles de cargar.

### **III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

La selección adecuada del método Raise Boring es uno de los factores importantes en términos del éxito económico de los proyectos de minería y túneles. Los modelos propuestos en este estudio se usaron para la primera aproximación de las especificaciones de una máquina Raise Boring, como la velocidad de rotación, consumida por la cabeza del escariador, así como la potencia consumida de la fresa. Es un hecho conocido que el método más confiable para el rendimiento Estimación de mineros mecánicos como máquinas perforadoras de túneles (TBM) consiste en realizar un conjunto de pruebas de corte lineal a gran escala utilizando una vida real herramienta de corte, los resultados de pruebas más simples causando una precisión reducida en los esfuerzos de diseño y estimación. Por consiguiente, los modelos propuestos en este estudio podrían ser utilizados por proyecto gerente, planificador e ingenieros para la estimación preliminar del desempeño de máquinas Raise Boring similares. Sin embargo, los modelos propuestos podrían ser fortalecido al agregar diferentes tipos, capacidades y diámetros de RBM para crear una estimación de rendimiento más confiable y generalizada modelos.

**Tabla N° 5. Características de las máquinas**

	SBM 2000	SBM 800	SBM 700	SBM 450	SBM 400 LP / SP	SBM 400 SR	SBM 300	SBM 28 BX
<b>Potencia Total Instalada</b>	900 hp 670 kW	400 hp 300 kW	300 hp 224 kW	200 hp 150 kW	200 hp 150 kW	200 hp 150 kW	100 hp 75 kW	200 hp 150 kW
<b>Empuje de Escariado</b>	5'100,000 lbf 22,240 kN	1'140,000 lbf 5,000 kN	760,000 lbf 3,390 kN	384,000 lbf 1,700 kN	384,000 lbf 1,700 kN	384,000 lbf 1,700 kN	192,000 lbf 850 kN	384,000 lbf 1,700 kN
<b>Torque Máximo</b>	775,000 lbf-pie 1,050 kN-m	200,000 lbf-pie 270 kN-m	158,000 lbf-pie 214 kN-m	60,000 lbf-pie 81 kN-m	60,000 lbf-pie 81 kN-m	60,000 lbf-pie 81 kN-m	37,000 lbf-pie 50 kN-m	60,000 lbf-pie 81 kN-m
<b>Ajuste del Ángulo de Perforación</b>	60° - 90°	45° - 90°	45° - 90°	45° - 90°	60° - 90°	45° - 90°	36° - 90°	45° - 90°
<b>Ancho de la Máquina</b>	12 pies 3,630 mm	7 pies 6 pulg. 2,300 mm	6 pies 2 pulg. 1,880 mm	6 pies 5 pulg. 1,960 mm	4 pies 7 pulg. 1,400 mm	4 pies 7 pulg. 1,400 mm	7 pies 7 pulg. 2,320 mm	3 pies 10 pulg. 1,170 mm
<b>Altura Extendida de la Máquina</b>	25 pies 4 pulg. 7,740 mm	15 pies 2 pulg. 4,620 mm	13 pies 2 pulg. 4,020 mm	12 pies 6 pulg. 3,810 mm	11 pies 3 pulg. 3,430 mm	12 pies 10 pulg. 3,920 mm		10 pies 10 pulg. 3,300 mm
<b>Altura Retraída de la Máquina</b>	18 pies 5,500 mm	12 pies 6 pulg. 3,800 mm	10 pies 6 pulg. 3,200 mm		8 pies 9 pulg. 2,670 mm	9 pies 8 pulg. 2,950 mm	10 pies 3 pulg. 3,130 mm	8 pies 9 pulg. 2,670 mm
<b>Máx. Altura de la Máquina en Ángulos</b>	25 pies 4 pulg. 7,740 mm	15 pies 5 pulg. 4,700 mm	13 pies 8 pulg. 4,170 mm	13 pies 6 pulg. 4,120 mm	11 pies 5 pulg. 3,480 mm	13 pies 1 pulg. 4,000 mm		11 pies 3,360 mm
<b>Profundidad de la Máquina</b>	9 pies 3 pulg. 2,830 mm	7 pies 4 pulg. 2,240 mm	5 pies 1 pulg. 1,550 mm	7 pies 4 pulg. 2,240 mm	4 pies 3 pulg. 1,300 mm	4 pies 3 pulg. 1,300 mm	18 pies 7 1/2 pulg. 5,670 mm	3 pies 5 pulg. 1,050 mm
<b>Peso (*)</b>	100,000 libras 45,000 kg	48,000 libras 21,800 kg	30,000 libras 13,650 kg	27,000 libras 12,300 kg	12,100 libras 5,500 kg	15,400 libras 7,000 kg	40,700 libras 18,500 kg	7,600 libras 3,500 kg
<b>Tubería</b>	11 1/4 pulg. x 5 pies 286 mm x 1.5 m	10 pulg. x 5 pies 254 mm x 1.5 m	10 pulg. x 5 pies 254 mm x 1.5 m	10 pulg. x 5 pies 254 mm x 1.5 m	8 pulg. x 4 pies 203 mm x 1.2 m	10 pulg. x 5 pies 254 mm x 1.5 m	10 pulg. x 3 pies 254 mm x 0.91 m	8 pulg. x 4 pies 203 mm x 1.2 m
	12 7/8 pulg. x 5 pies 327 mm x 1.5 m	11 1/4 pulg. x 5 pies 286 mm x 1.5 m	11 1/4 pulg. x 5 pies 286 mm x 1.5 m					11 1/4 pulg. x 3 pies 286 mm x 0.9 m
		12 7/8 pulg. x 5 pies 327 mm x 1.5 m						
<b>Altura del lugar de Trabajo</b>	27 pies 8.3 m	16 1/2 pies 5 m	15 pies 4.5 m	14 pies 4.2 m	12.5 pies 3.8 m	14 pies 4.2 m	12 pies 6 pulg. 3.80 m	12 pies 3.6 m
								17 pies 3 pulg. 5.25 m

(\*) Incluye el peso del Brazo Posicionador de Tuberías. / Transportador opcional: Crawler (Oruga autónoma) o Sted.  
Para la SBM 400 SR y SBM 28 BX incluye el peso del Crawler según imágenes.  
Nota: Especificaciones pueden cambiar sin aviso.

■ Boxhole   
 ■ Modelo 400 LP   
 ■ Modelo 400 SP

**VENTAJAS Y DESVENTAJAS**

- **El método Raise Boring tiene las siguientes ventajas en la unidad San Rafael - MINSUR respecto a los métodos tradicionales:**
  - ✓ **Seguridad:** Se eliminan los riesgos asociados por la menor exposición de personas a los peligros necesarios en la construcción de una chimenea convencional, no se usan explosivos.
  - ✓ **Protección del Medio Ambiente:** No se contamina el medio ambiente porque no se emiten gases, ni humo. Se controla la emisión de polvos debido a la utilización de agua. Se aprovecha la reutilización del agua a través de un circuito cerrado.
  - ✓ **Disponibilidad mecánica:** El sistema es de avance continuo y se tiene buen rendimiento operativo. En cuanto a perforación piloto se tiene un avance de 12 a 13m por g/día. Es decir aprox. 25m de avance por día y en perforación escariado, se tiene un avance de 6 a 7m por g/día dando un avance de aprox. 13m por día esto varía de acuerdo al tipo de roca que se podría encontrar.
  - ✓ **Paredes auto sostenidas:** Las chimeneas culminadas son cilíndricas, son más estables y con paredes lisas. Esto ayuda a la libre circulación del aire.

- ✓ **Desviaciones mínimas:** Construcción de chimeneas de gran longitud con diferentes tipos de inclinaciones, de acuerdo a las especificaciones del cliente. Las desviaciones mínimas permitidas y que se pueden dar son de 1.5m por cada 100m perforado en piloto, esto puede variar de acuerdo a contrato con el cliente.
- **Desventajas del empleo de RAISE BORING en la unidad San Rafael – MINSUR**
  - ✓ **Consumo de energía:** Debido a que se consume un recurso no renovable.

**Tabla N° 6. Requerimiento de energía.**

Máquina	KVA	Voltios
Todas las 41 RB	350	460
Todas las 61 RB	450	460
Todas las 71 RB	450	460
BOESMAN	450	460
GATIEP	450	460
RBM 6M	450	460
GHANA 71 R	450	460
WIRTH HG380	1000	460

- ✓ **Vertimiento de lodo de peñoradora:** Es por el vertimiento del lodo de perforación, ya que si no se toma un control adecuado como diques pozas de sedimentación pueden llegar hasta ríos cercanos o alrededores del proyecto.
- ✓ **Inversión muy elevada:** En comparación con otros métodos para la elaboración de chimeneas los costos son más elevados pueden llegar a alcanzar los costos hasta el triple o doble más que otros métodos.

## **IV. CONCLUSIONES**

Se llegó a la conclusión que con la alternativa propuesta se mejora el sistema de ventilación en la unidad San Rafael – MINSUR, debido a que las chimeneas Raise Boring permiten una rápida evacuación de los gases de la voladura, gases emanados por equipos que utilizan combustible petróleo mejorando las condiciones de trabajo en los tajos, labores de desarrollo, así mismo aplicando el método Raise Boring en la construcción de chimeneas no se presenta incidentes y accidentes durante el proceso de los proyectos, por tanto, se puede decir que es un método efectivo también al realizar una evaluación económica se obtienen que en un periodo de tiempo utilizando el método Raise Boring los costos puede no resultar elevados, además de ser más seguros y eficientes el uso del sistema Raise Boring, minimiza la exposición al personal en los trabajos de alto riesgo el cual minimiza y a la vez se mejora la ventilación de manera rápida y segura. Este método actualmente ha ido evolucionando tecnológicamente, al día de hoy se la empresa Tumi Raise Boring, cuenta con máquinas autónomas, estos nuevos diseños de máquina innovan y mejoran los procesos de la perforación ahorrando tiempos en traslado de máquina, así mismo está ingresando a las operaciones con Slot Raises diseño para la explotación de mineral realizando los taladros de alivio.

## **V. AGRADECIMIENTO**

Primeramente, agradezco a Dios por protegerme durante toda mi vida estudiantil y profesional por darme fuerza y valentía para superar obstáculos, dificultades, y poder así culminar esta etapa de mi vida.

A la Universidad Nacional del Altiplano mi Alma Mater, y de manera especial a la Facultad de Ingeniería de Minas, haciendo extensivo mi agradecimiento a los docentes, por los conocimientos impartidos durante mis años de estudio.

A mis padres Pedro y Rosa, por ser el pilar más importante y demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional sin importar los desaciertos cometidos en mi vida, siendo ellos las personas que me han acompañado durante todo mi trayecto estudiantil y profesional, con su demostración ejemplar me han enseñado a no dejar de luchar y salir adelante como también no rendirme ante nada y siempre perseverar; a mis hermanos Joel, Samuel y Rosaluz por su gran apoyo brindado en mi vida estudiantil, siempre alentándome a sobresalir y ser un buen profesional con sus buenos consejos.

A mi compañera de vida Rocío por su gran apoyo brindado en la realización de este trabajo, gracias totales.

## VI. BIBLIOGRAFIA

- Alegría Vega, Arturo. 2014. "DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN BRAZO HIDRÁULICO CARGADOR DE TUBERÍAS DE ACERO DE 10" PARA UNA MÁQUINA PERFORADORA RAISE BORER." Universidad Nacional de Ingeniería. <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/13367>.
- Centeno Flores, Dante. 2016. "OPTIMIZACIÓN DE LAS LABORES DE SERVICIOS CON LA IMPLMETACIÓN CON EQUIPOS RAISE BORING PARA EL INCREMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD DE LA E.E. ETRAMIM S.R.L. EN LA UNIDAD OPERATIVA SAN CRISTÓBAL DE BATEAS (CAYLLOMA-AREQUIPA)-2016." Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac.
- Contreras Llica, Laddy Eliana. 2015. "PERFORACION DE CHIMENEAS CON EL METODO RAISE BORING EN LA UNIDAD MINERA ARCATA". Universidad Nacional de San Agustín. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/220>.
- Copco, Atlas. 2007. "Mining Methods in Underground Mining." Second Edi: 144. [www.atlascopco.com](http://www.atlascopco.com).
- . 2012. "RBM 34RH C QRS Instrucciones de Funcionamiento." (9852): 283.
- Global Business Reports. 2014. *Minería En Perú 2014*. Lima. <https://www.gbreports.com/>.
- Llanllaya Huamani, Jose Luis. 2019. "CONTROL DE CALIDAD Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL SISTEMA DE PERFORACIÓN DE LA SBM 700." Universidad Nacional de San Agustín. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/9349>.
- Ollachica Hacha, Humberto, and Aurelio Ollachica Sulla. 2019. "Optimización En La Construcción de Chimenea En La Veta Ánimas Mediante El Método de Perforación Raise Boring En La Minera Bateas SAC, Caylloma." Universidad Tecnológica del Perú. [https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UTPD\\_9f90a3c79ef61238d91925bd9e6751df](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UTPD_9f90a3c79ef61238d91925bd9e6751df).
- Rivera Huaman, Miguel Ángel. 2015. "CONSTRUCCIÓN DE CHIMENEAS RAISE BORER PARA OPTIMIZAR EL PROCESO DE MINADO Y LOS COSTOS DE

EXPLOTACIÓN EN EL TAJO 355 DE REINA LETICIA EN COMPAÑÍA MINERA RAURA S.A.” Universidad Nacional del Centro del Perú.  
<http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/1349>.

Shaterpour-Mamaghani, Aydin, Hanifi Copur, Engin Dogan, and Tayfun Erdogan. 2018. “Development of New Empirical Models for Performance Estimation of a Raise Boring Machine.” *Tunnelling and Underground Space Technology* 82(August): 428–41.

Vilca Yucra, Junior Jerik, and Juan Luis Vilca Yucra. 2018. “APLICACIÓN DE LA GEOMECÁNICA PARA EL CONTROL DE LA DESVIACIÓN EN LA PERFORACIÓN DEL TALADRO PILOTO CON EQUIPO RAISE BORING EN LA EJECUCIÓN DE CHIMENEAS EN LA UNIDAD MINERA SAN RAFAEL – MINSUR S.A. TESIS.” Universidad Nacional del Altiplano.  
<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/8026>.