



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS



**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE CHIMENEAS EN TERRENO
FRACTURADO CON RAISE BORING EN MINERA BATEAS SAC
CAYLLOMA**

EXAMEN DE SUFICIENCIA DE COMPETENCIA PROFESIONAL

PRESENTADO POR:

CESAR ARTEMIO MORALES MARIN

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO DE MINAS

PUNO – PERU

2019



DEDICATORIA

Dedico el trabajo a mis padres Víctor Morales y Francisca Marín, A mis hermanos Ronald y Jenny, y a mi familia más cercana que hicieron lo posible por apoyarme en los momentos más difíciles de mi vida.

A todos ustedes es una satisfacción y un honor dedicarles, con alegría y entusiasmo personal, profesional y también intelectual, los cientos de horas invertidas en este trabajo, que no es más que la evidencia de la muestra de mi amor y cariño hacia Ustedes.

CESAR MORALES



AGRADECIMIENTOS

Primeramente, a mis padres por darme la vida, por los valores y fuerzas para afrontar el día a día, siempre dispuestos a escucharme y darme su apoyo incondicional también por sacrificio que ellos para que yo culmine la carrera profesional de Ingeniería de Minas.

Agradezco a los docentes de la Facultad de Ingeniería de Minas, que fueron parte de mi formación académica – profesional, y que estuvieron siempre dispuestos a responder mis preguntas y aclarar mis dudas, impartiendo conocimiento y experiencias que fueron vitales en mi aprendizaje.

A la Universidad Nacional del Altiplano Puno, mi Alma Mater que me tuvo entre sus aulas durante los años de mi formación profesional, otorgándome parte del conocimiento que eh adquirido y que me servirá en mi desenvolvimiento profesional.

CESAR MORALES



INDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

INDICE GENERAL

INDICE DE FIGURAS

INDICE DE TABLAS

INDICE DE ACRONIMOS

RESUMEN	8
ABSTRACT.....	9
I. INTRODUCCIÓN.....	10
OBJETIVO GENERAL	10
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
II. REVISION DE LITERATURA	11
Antecedentes del Estudio	11
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	14
IV. RESULTADOS Y DISCUSION.....	36
V. DISCUSION	37
VI. CONCLUSIONES.....	40
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	41
ANEXOS.....	44

Tema: Diseño y construcción de chimeneas en terreno fracturado con raise boring en minera Bateas SAC Caylloma

Área : Desarrollo de labores mineras y otras excavaciones

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 14 de noviembre del 2019



INDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Ubicación de los taladros para sostenimiento	25
Figura 2.	Anillos de acero corrugado.....	25
Figura 3.	Plano de ubicación de los taladros para sostenimiento.....	27
Figura 4.	Construcción de pozas con geomembrana.....	28
Figura 5.	Escariador para rimada chimenea rase boring.....	31
Figura 6.	Escariador para chimenea Animas	32
Figura 7.	Anillos de sostenimiento para la chimenea	32
Figura 8.	Base superficial para colocado de anillos de sostenimiento para la chimenea.....	33
Figura 9.	Base superficial para anclado de anillos.....	34
Figura 10.	Colocado de anillos para la chimenea	34
Figura 11.	Colocado de anillos para la chimenea con grúa	35
Figura 12.	Anclado y soldado de anillos para la chimenea.....	35



INDICE DE TABLAS

Tabla 1	Especificaciones técnicas de rimadora utilizada	31
Tabla 2	Cuadro de costos para realizar una chimenea con Raise Boring y su respectivo sostenimiento.....	38
Tabla 3	Cuadro comparativo de los métodos para realizar chimeneas	39



INDICE DE ACRONIMOS

RMR: rock mass rating

SAC: sociedad anónima cerrada

m.s.n.m.: metros sobre el nivel del mar

Km. kilometro

UEA: Unidad económica aurífera

RB: raise boring

DDH: diamond drill hole

EPP: equipo de protección personal

IPERC: identificación del peligro y evaluación de riesgo y control

PETAR: permiso escrito de trabajos de alto riesgo

PETS: procedimiento escrito de trabajo seguro.



RESUMEN

La alternativa de minado de bajo costo y alto rendimiento continuo para realizar chimeneas ya sea de ventilación, servicios, relleno, y/o ingreso principal a las labores mineras en terrenos fracturados es utilizando el método raise boring que se basa en un sistema de corte y rimado vertical de la roca de un nivel a otro.

Por otra parte, el tiempo es vital para las operaciones en una mina motivo por el cual se realiza este trabajo de investigación titulado “diseño y construcción de chimeneas en terreno fracturado con RAISE BORING en Minera Bateas SAC Caylloma”, cuyo objetivo principal es realizar chimeneas en la minera Bateas con el método raise boring reduciendo la inestabilidad de macizo rocoso y reduciendo el riesgo personal. La chimenea RB Zona Animas en su etapa final de construcción conecto a la cámara 574N, teniendo los resultados esperados.

Los taladros de sostenimiento en número de 29 se realizaron según lo proyectado, permitiendo estos taladros estabilizar el suelo y con ello permitir perforar con el método Raise Boring según se puede apreciar en el reporte de perforación. Los taladros de sostenimiento permitieron inyectar cemento a las paredes de los taladros de sostenimiento.

La inyección de cemento en el anular que deja la chimenea entre la pared y anillo de acero es de 135 mm, la inyección de lechada se realizó hasta que no se registró absorción de lechada, permitiendo de esta manera densificar el terreno de mala calidad.

Palabras Clave: Chimenea, raise boring, diseño, terreno fracturado.



ABSTRACT

The alternative of low-cost mining and continuous high performance to perform chimneys of ventilation, services, landfill, and / or main entrance to the mining work in fractured land is using the raise boring method that is based on a cutting system and Vertical rhyming of the rock from one level to another.

On the other hand, time is vital for operations in a mine that is why this research work is carried out entitled “design and construction of chimneys in fractured terrain with RAISE BORING in Minera Bateas SAC Caylloma”, whose main objective is to make chimneys in the Bateas mining company with the raise boring method reducing rock mass instability and reducing personal risk. The chimney RB Zona Animas in its final stage of construction connected to the 574N chamber, having the expected results.

The holding holes in number of 29 were made as projected, allowing these drills to stabilize the ground and thereby allow drilling with the Raise Boring method as can be seen in the drilling report. The holding holes allowed cement to be injected into the walls of the holding holes.

The injection of cement in the ring that leaves the chimney between the wall and steel ring is 135 mm, the grout injection was carried out until no grout absorption was recorded, thus allowing densifying the ground of poor quality.

Keyword: Chimney, raise boring, design, fractured land



I. INTRODUCCIÓN

El avance tecnológico alcanzado por la minería en el Perú y otros países y la implementación de equipos sofisticados en la perforación, carguío y transporte subterráneo nos ha obligado a desarrollar y/o implementar nuevas técnicas capaces de garantizar un trabajo continuo y sostenido de tal modo que estos adelantos tecnológicos contribuyan a minimizar nuestros costos y reduciendo el riesgo de accidentes debido a la inestabilidad del macizo rocoso.

Varias empresas mineras pretenden alcanzar soluciones inmediatas a los problemas de ventilación, traslado de personal y/o chimeneas de servicios sin ocasionar perdidas, optimizando los costos y minimizando los riesgos a exposiciones de caída de rocas producto de terrenos fracturados a través del diseño y construcción de chimeneas en terrenos fracturados con el método raise boring.

A continuación, se mencionará casos de varias empresas mineras que han aplicado este método para optimizar sus operaciones mineras.

OBJETIVO GENERAL

Diseñar y Construir una Chimenea en terreno fracturado mediante el método de perforación Raise Boring en la Minera Bateas SAC, Caylloma.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Estabilización del terreno para incrementar su capacidad portante del suelo en la zona de construcción de chimenea aplicando sondajes diamantinos.



II. REVISION DE LITERATURA

Antecedentes del Estudio

- Minera Aurífera Retamas S.A., empresa minera aurífera de gran importancia viene realizando trabajos de profundización por lo cual requiere chimeneas de ventilación para inyectar aire fresco y también aplicar dichas chimeneas como accesos, servicios, echaderos, etc.

(Curasma Quispe J.V. 2012)

- Compañía Minera Buenaventura S.A.A. Unidad Julcani, con el fin de mejorar el circuito de ventilación, la calidad de aire fresco que ingresa a la mina y la eliminación rápida de contaminantes y limitar el uso de puertas enrollables y la adquisición de ventiladores y arrancadores es que se proyecta “la construcción de chimeneas con el método raise boring” por otro lado, este método también nos permita generar chimeneas de traspaso de mineral o para servicios y accesos, proporcionando al método la característica de flexibilidad de usos.

(Trujillo Bravo, V. 2018)

- Compañía minera Raura viene realizando su producción en la sección reina Leticia debido a las altas leyes de zinc y plomo, pero está sujeto a un proceso de explotación lento y costoso el cual se basa en la preparación mediante una rampa positiva la cual permite subir tajeando y proporciona desmonte durante su avance que es utilizado como relleno detrítico para el tajo.

Con el fin de incrementar su producción es que viene reemplazando la rampa por dos chimeneas realizadas por el método raise boring las cuales permitirá mejorar la



ventilación, y tener un acceso más hacia la superficie, y se podrá dar mayor velocidad al ciclo de minado incrementando los niveles de producción.

(Rivera Huaman, M. A. 2015)

- Compañía minera Ares S.A.C. Unidad Operativa Pallancata, debido a la problemática en ventilación por la profundización de la mina es que construye una chimenea con el método raise boring con un diámetro de 3.10 metros y una longitud de 365 metros.

Por el tipo de roca en dicha zona que era totalmente mala con un RMR: 45 hasta un RMR: 25 es que se requirió un sostenimiento con pernos hidrabold, malla electrosoldada y concreto lanzado shotcrete con un espesor de 3 pulgadas en toda la columna de la chimenea.

(Chuquitaype Zuñiga, C. P. 2018).

- Minera Bateas SAC, con el fin de seguir explotando sus reservas de mineral es que proyecta construir una chimenea con el método raise boring desde la superficie, ya que el terreno es un terreno morenito altamente fracturado.

Con el propósito de estabilizar el terreno es que también se proyecta realizar taladros triconicos alrededor del punto donde se va a realizar la construcción de la chimenea para inyectar a dichos taladros con lechada de cemento sellando las grietas.

(Ollachica Hacha, H. 2019)

Existen varios estudios realizados en base al diseño y construcción de chimeneas aplicando varios métodos Alimak, convencional, raise boring en las cuales las ventajas y desventajas de dichos métodos varían de acuerdo al tipo de terreno y la longitud de las chimeneas.



Por los casos presentados es que se realiza este trabajo de investigación denominado “diseño y construcción de chimeneas en terrenos fracturados con el método raise boring en la Minera Bateas SAC Caylloma”, cuyo objetivo principal es realizar chimeneas en la minera Bateas con el método raise boring reduciendo la inestabilidad de macizo rocoso y reduciendo el riesgo personal.



III. MATERIALES Y MÉTODOS

Métodos del estudio

La metodología del estudio es del tipo descriptivo aplicativo en donde se va a realizar los estudios

Generalidades Chimenea

Las chimeneas se definen como labores inclinadas con ángulos mayores a 40° generalmente en sección circular, pero se puede realizar cuadradas o rectangulares dependiendo de la función que tendrá. Las chimeneas cumplen funciones variadas, la más común es para ventilación; sin embargo, puede cumplir la función movimiento de personal mediante ella, cara libre de explotación, exploración, entre otros; todas estas funciones muy importantes en la vida de una mina en su etapa de explotación.

La construcción de las chimeneas es compleja, costosa y con alto grado de ingeniería al servicio de la minería, para tal fin se emplean diferentes métodos como son métodos manuales, mecanizados y combinados.

Cementado de pozos

La cementación de un pozo es el proceso por el cual se coloca lechada de cemento en el espacio anular formado entre las formaciones que se han perforado y la tubería de revestimiento, generalmente este proceso se puede realizar de manera simple, a través de bombear cemento debajo de la tubería de revestimiento a través de la zapata guía del revestimiento, hacia arriba y dentro del espacio anular.

El proceso de cementación incluye:

- Diseño y ensayo de la lechada de cemento
- Mezclado y transporte de cemento y aditivos
- Mezclado y bombeo en el pozo



La principal función de una cementación es de aislar las zonas expuestas en el borde del pozo que contienen los fluidos y separarlas efectivamente, formando un sello hidráulico, que se forma entre las formaciones y el revestidor, con el fin de evitar la migración de los fluidos entre sí, entre otras funciones podemos mencionar:

Soportar la tubería de revestimiento y que el cemento se adhiera perfectamente a la formación y al revestidor formando un sello hidráulico impermeable.

- Sellar zonas de pérdida de circulación.
- Proteger el revestidor de la corrosión producida por aguas subterráneas.
- Prevenir inconvenientes de las formaciones expuestas.
- Proteger la tubería de revestimiento de las cargas cuando se re-perfora para profundizar un pozo.
- Prevenir el movimiento de fluidos entre zonas.

La cementación tiene una gran importancia en la vida del pozo, ya que los trabajos de una buena complementación dependen directamente de una buena cementación. (Herzog Zambrano, 2010)

Tipos de Cementación

Las operaciones con lechada de cemento que se inyectan con fines específicos del terreno. La clasificación de las operaciones se realiza de acuerdo con los objetivos que se persiguen, se tiene:

- Cementación Primaria
- Cementación secundaria o forzada



Cementación Primaria:

Se realiza una vez concluida la perforación, con la tubería de revestimiento ya en el pozo y consiste en inyectar la lechada hacia el espacio anular, tiene como principales funciones:

- Evita el flujo de los fluidos entre las formaciones.
- Fija la tubería de revestimiento con la formación.
- Ayuda a evitar surgencias descontroladas de alta presión detrás del revestimiento.

Actualmente existen técnicas de cementación primaria y la selección de cuál es la más acertada a usar depende de varios factores, a continuación, se presentan las diferentes técnicas de cementación y en momento de uso:

Cementación en una etapa:

La más sencilla de todas, la lechada de cemento es ubicada en su totalidad en el espacio anular desde el fondo hasta la profundidad deseada, para esto se requerirá de presiones de bombeo altas lo que implica que las formaciones más profundas deben tener presiones de formación y fractura altas y no permitir que se produzcan pérdidas de circulación por las mismas. Usualmente este método es usado para pozos poco profundos o para cementar el área superficial.

Cementación en dos etapas:

Consiste en ubicar la lechada de cemento primero en la parte inferior del espacio anular y luego la parte superior de la lechada. Este tipo de técnica se utiliza cuando:

- Las formaciones de fondo de pozo no soportan las presiones hidrostáticas ejercidas por la columna de cemento.



- Zonas de interés están muy separadas entre sí y es necesario cementarlas.
- Zonas superiores a ser cementadas con cementos no contaminados.
- Pozos profundos y calientes requieren lechadas diferentes de acuerdo a las características propias de un nivel determinado.

Cementación secundaria:

Proceso de inyectar cemento a presión a través de disparos en la tubería de revestimiento al espacio anular. Esta es una medida para remediar una cementación primaria defectuosa. Entre sus aplicaciones más comunes tenemos:

- Reparar un trabajo de cementación primaria fallida debido a canalización de lodo o una altura de cemento insuficiente en el espacio anular.
- Eliminar la intrusión de agua proveniente de arriba, debajo o dentro de la zona productora.
- Reparar tuberías fracturadas debido a corrosión o fallas por ruptura.
- Abandonar una zona no productiva.
- Sellar zonas de pérdida de circulación.
- Prevenir la migración vertical de los fluidos del reservorio dentro de las zonas productoras.

CASO DE ESTUDIO MINERA BATEAS SAC

Ubicación y Acceso

La UEA San Cristóbal de la Minera Bateas SAC se encuentra ubicado en el paraje de Huayllacho, distrito de Caylloma provincia de Caylloma y departamento de Arequipa con coordenadas UTM:

NORTE: 8' 317 650



ESTE: 192 584

COTA: 4 500 – 5 000 m. s. n. m.

Las vías de acceso al Proyecto desde la ciudad de Lima, vía terrestre, son a través de la carretera Panamericana Sur:

Lima – Arequipa: 1005 Km. Carretera Asfaltada

Arequipa – Caylloma: Un tramo Asfaltado y Afirmado de 225 Km.

Caylloma – Mina: 14.5 Km.

Minera Bateas SAC., es una empresa que pertenece al sector minero y se encuentra clasificada como mediana minería, siendo sus actividades la exploración, explotación y tratamiento de minerales con contenido de plata, oro, plomo y zinc. Asimismo, se dedica a la comercialización de los concentrados de minerales obtenidos en este proceso.

El centro de producción es el asiento minero Caylloma, ubicado en el distrito de Caylloma, provincia de Caylloma, departamento de Arequipa.

Los principales activos de la empresa están constituidos por los derechos mineros a la explotación de las concesiones ubicadas en la UEA San Cristóbal, donde se encuentran las edificaciones e instalaciones del campamento Caylloma: planta concentradora, central hidroeléctrica, oficinas, talleres, almacenes, maquinaria y equipos mineros instalados en diferentes lugares de la Unidad de Producción.



MÉTODO DE EXPLOTACIÓN

Corte y Relleno Ascendente Semi-mecanizado

Minera Bateas viene utilizando el método de corte y relleno (Cut and Fill) semi-mecanizado y mecanizado en forma ascendente empleándose la roca de desmonte como material de relleno y también el relleno hidráulico.

Es un método ascendente en que el mineral es arrancado por franjas horizontales y/o verticales empezando por la parte inferior de un tajo y avanzando verticalmente, comenzando del fondo del tajo y avanzando hacia arriba.

Cuando se ha extraído la franja completa, se rellena el volumen correspondiente con material estéril y/o relleno hidráulico (relleno), que sirve de piso de trabajo a los obreros proporcionando una plataforma mientras la próxima rebanada sea minada y al mismo tiempo permite sostener las paredes del caserón, y en algunos casos especiales el techo.

Para el corte y relleno ascendente semi-mecanizado (vetas con potencias entre 0.8m a 2.0m), se realiza cortes con perforación semi-vertical (realce) con una altura aproximada de 1.8m, manteniendo una abertura para la perforación de 2.7m.

Para el corte y relleno ascendente mecanizado (vetas con potencias mayores de 2.0m), se realiza cortes con perforación horizontal (breasting) con una altura máxima de banqueo de 4.5 m, y un ancho de minado según las condiciones de la estructura mineralizada.

La explotación de Corte y Relleno Ascendente que utiliza Minera Bateas es debido a que éste presenta las siguientes características:



- Potencia de veta entre 0.8 a 7 metros
- Mineral firme, y de buena ley
- Limites regulares el yacimiento

En la mayoría de los tajos la roca de caja es relativamente regular permitiendo un arranque seguro del mineral.

Las tajadas ascendentes rellenas se ajustan a distancias entre niveles de 50 metros en vertical, mineral pobre se deja como material de relleno. La resistencia del mineral en el techo puede ser verificada con la excavación en el nivel mismo de la galería de base.

Corte y Relleno Ascendente Convencional

Este presente método consiste en extraer el mineral o desmonte mediante cortes verticales en la estructura mineralizada y con un ancho mínimo del minado entre 0.8 y 3.5 m. Estos cortes son perforados en forma vertical o inclinadas de acuerdo a una malla de perforación preestablecida y detonada, para luego limpiar el material roto, hacia el echadero. Una gran parte del material roto se deja como piso hasta una altura que posibilite perforar nuevamente (y se extrae hacia el echadero el excedente formado por el incremento en el volumen de la masa rocosa después del disparo (esponjamiento), Cabe indicar que la altura máxima a considerar en la explotación es de 3.9 m (en el último corte se considerara la instalación de puntales en línea, la cual será nuestro techo hasta culminar la limpieza). Luego de la cual se hará la limpieza total para su relleno. De esta manera se completa el ciclo de minado, el cual se repetirá hasta llegar al nivel superior del block; siendo el ciclo de minado el siguiente: Perforación, Voladura, Limpieza. Cabe indicar que cada tres metros de corte se dejará pilares en los hastiales la cual será de dimensiones



2.5m x 2.5m y según recomendación geomecánica para su mejor performance en la estabilidad del block a minar.

Este método será aplicado a partir de las chimeneas sobre la cual se correrán subniveles paralelos a las galerías, a 3 m. de distancia vertical del techo y a ambos lados de las chimeneas. Se utilizarán maderas con frecuencia en la preparación de tolvas, caminos y en el armado de barreras para contener el relleno hasta terminar la explotación de los blocks.

Desarrollo y Preparación

Se desarrolla una galería de transporte a lo largo del yacimiento en un nivel principal;

En Minera Bateas las chimeneas y caminos son construidos a una distancia requerida según el diseño o planeamiento de desarrollo y/o explotación; El área del tajo debe estar a 3 m. sobre la galería de transporte; y en los tajos que están siendo preparados para la explotación. Las chimeneas para ventilación y transporte de relleno deben ser construidas del nivel inferior al nivel superior.

La preparación se realiza teniendo en cuenta los siguientes objetivos:

Una buena concepción y una ejecución correcta, ya que estos trabajos son la base para una buena explotación de los recursos.

La preparación adecuada de un tajo para su explotación depende de un trabajo bien realizado, dando como resultado la total recuperación del mineral y lo más importante un área de trabajo seguro para el personal.



Los costos de esta fase de trabajos tienen considerable incidencia en los costos totales.

Las disposiciones en el trazado de las Galerías de Base en los tajeos de preparación son de acuerdo al diseño propuesto por el área de planeamiento bajo ciertas características que se adecúan a la morfología y disposición del cuerpo mineralizado y a las dimensiones adecuadas del tajo para su explotación.

Las posiciones de la galería base en relación a la veta son numerosas, ya que su construcción debe adecuarse a la posición del cuerpo mineralizado. Se puede admitir que para potencias inferiores o iguales a 4 m. la galería de base es única, ella sigue la veta dentro de la zona mineralizada en los niveles intermedios.

Para potencias superiores a 4 m. la galería de base es desquinchada para poder delimitar su ancho de explotación en su totalidad, y paralelamente se desarrolla un By Pass en desmonte que sirve de nivel principal de extracción; esta red de base juega un rol importante tales como:

La construcción de Ore Pass o Echaderos de Mineral es simple en vetas angostas como es el caso de algunos tajos de la Veta Ánimas se extrae tonelaje bajo. Pero su construcción se torna compleja en vetas de mayor potencia y a mayor tonelaje de producción.

La construcción de los Ore Pass se desarrolla en desmonte en forma de chimeneas verticales de sección de 2.4 m. por 1.50 m. de abertura.

En el método de explotación corte y relleno convencional se desarrollará la galería principal para la extracción de mineral o desmonte según recomendación.



Análisis para Estabilizar el Suelo

La información obtenida de los sondajes NANS001007, NANS001207 y NANS001507A realizados con fines de exploración de la zona Ánimas se obtuvo la información del tipo de suelo, presentando una cobertura de 35 m de material cuaternario.

Los sondajes mencionados se encuentran a distancia de 6, 7 y 9 metros del punto en el cual se construirá la chimenea, por lo tanto, la información del tipo de terreno obtenida es confiable.

Inyección de Lechada de Cemento

El objetivo de la inyección de lechada es estabilizar el terreno para hacer el terreno más competente y estable.

Se estabilizará mediante el sellado de grietas detectadas con lechada de cemento, las rocas fracturadas se hace penetrar la lecha a presión a través de sondajes a tratar. En los macizos rocosos, las fisuras pueden considerarse de abertura prácticamente constante, siendo rellenas por colmatación hidráulica, con una lecha de cemento y agua.

El método de inyección es por tramos de 5m de longitud en forma ascendente, cada tramo está limitado en su parte superior por un obturador y en su parte inferior por el fondo de la perforación.

El procedimiento de inyección se desarrollará del siguiente modo:

Preparación de terreno:

Perforación rotativa hasta el nivel de fondo de inyección programada e instalación de revestimiento hasta el nivel de contacto suelo-roca.

Lavado de la perforación para obtener una superficie limpia libre de residuos.

Inyección de cemento

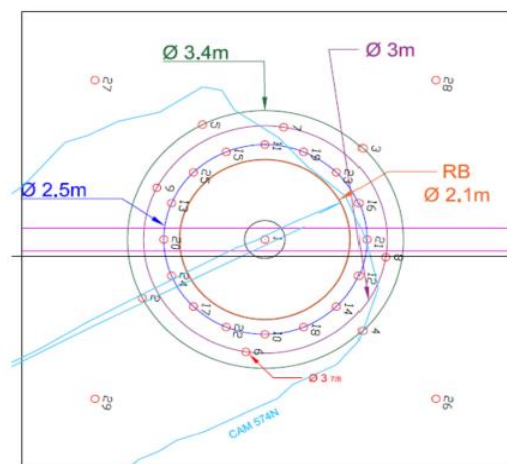
Una vez ejecutado la perforación, se baja la manguera de inyección hasta el extremo superior del tramo a inyectar, la cual va adosada de un obturador que sella la perforación contra las paredes de la misma.

Se procede con la inyección de la lechada a través del tubo hasta alcanzar la presión de inyección (300 PSI).

Una vez fraguado la lechada de cemento, se procede con la siguiente etapa de inyección de lechada en la perforación.

Diseño de Chimenea Raise Boring y Sostenimiento Chimenea

Teniendo en cuenta que la zona tiene una cobertura de material cuaternario de 33.3 m según el sondaje diamantino 1PLA-RB 571N realizado como taladro piloto de la chimenea previamente.



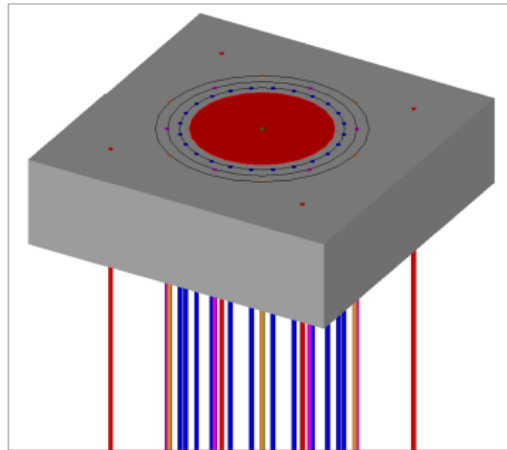


Figura 1 Ubicación de los taladros para sostenimiento

Sostenimiento

Al finalizar perforación del rimado, se deberá realizar el colocado de un reforzado con anillos metálicos que será cementado desde la superficie.



Figura 2 Anillos de acero corrugado

Estabilización de Terreno para Construcción de Chimenea

Acciones Previas

Movimiento de tierras: Para la perforación de la chimenea mediante el método Raise Boring (RB 571N) se realiza nivelación de suelo para instalación de máquina perforadora, accesorios y área de trabajo.

Losa de concreto: Para la chimenea RB 571N se construye una losa de dimensiones 6.0m x 6.0m x 2.0m, luego se realizará la perforación de taladros



diamantinos y cementado de estos para poder fijar la zona de material cuaternario. Sobre esta infraestructura se instala la máquina Raise Boring, anclada con pernos para poder tener estabilidad a la hora de realizar la perforación del piloto y el rimado.

Poza de sedimentación: También es necesario contar con 1 poza de sedimentación para cada plataforma, eso para captar los sólidos generados por la perforación, estas pozas deben tener las siguientes dimensiones 5.0m x 5.0m x 2.0m y construido a 7 metros de la plataforma de perforación.

Grupo electrógeno: Se prevé acondicionar un generador de energía eléctrica en la plataforma de Perforación Raise Boring para poder abastecer de electricidad.

Ejecución de Taladros

Se ejecutan 29 taladros de profundidad de 60 m. en línea HQ, estos taladros se realiza con tricono 3 7/8". El taladro central de 170 m se ejecuta en línea HQ con recuperación de muestra para su posterior estudio, se perfora con una máquina perforadora E-3000 de la empresa Explodrilling.

Construcción de Chimenea con Método Raise Boring

Ubicación

Se ubica a 4 km. del Campamento Bateas en las siguientes coordenadas UTM

Zona 19:

Este: 195 726

Norte: 8 319 066

Cota: 4 679 msnm

El RB está ubicado dentro del radio de influencia de 60.0 m del punto autorizado en

R.D. N° 280–2017–MEM DGAAM (03.10.2017)



Figura 3 Plano de ubicación de los taladros para sostenimiento

Accesibilidad

Se cuenta con una vía afirmada desde el Campamento Bateas hacia la zona de Ánimas NE.

Zona de Plataforma

Ubicada en el área efectiva de Ánimas NE con 01 Plataforma

Programada y aprobada en la R.D. No. 280 – 2017 – MEM DGAAM

(03.10.2017)

Características Geomorfológicas

La zona presenta pendientes moderadas a suaves, corresponde a la parte media de la quebrada Michihuasi, con cobertura vegetal característica de Pajonal.

Descripción de las Actividades en la Zona de Trabajo

Condiciones de Alimentación y Unidades Sanitarias para el Personal La plataforma dispondrá de un espacio (caseta) con una mesa y sillas que servirá para que el personal consuma sus alimentos (sólo almuerzos). El almuerzo será transportado en camioneta desde el comedor hacia la plataforma en sus respectivos cooler. Se cuenta con un baño químico, ubicado a 30 m de la plataforma, como unidad sanitaria; Disposición

de Lodos y Recirculación de Agua de Perforación El manejo de lodos debe ser el adecuado, para ello se ha acondicionado 02 pozas de sedimentación, las que tendrán por objetivo la primera poza, es de acopio de finos, y; La segunda poza, es de recirculación de agua para la perforación DDH, y su posterior perforación del piloto y rimado RB.



Figura 4 Construcción de pozas con geomembrana

La construcción de la poza se realizó con geomembrana, en caso de que se requiera, se instalará una bomba para la recirculación de agua, y su abastecimiento será con tubería de 2”.

El lodo excedente en la poza 01, previa coordinación con el área de MM. AA. para el apoyo de la cisterna de lodos, será derivado a un centro de acumulación autorizado.

Condición de los Instrumentos de Emergencias y Contingencias Debido al uso de aceites, grasas y combustibles se realizará la impermeabilización de la zona de trabajo, colocándose por debajo de la máquina, bandejas de geomembrana para minimizar el impacto de derrame de hidrocarburos. Así mismo, se contará con bandejas de contención durante las actividades de perforación, así sea para limpieza de herramientas.



Si las medidas anteriores presentan alguna falla y ocurriese un derrame a causa del uso de aceites y combustibles líquidos, se contará con un kit antiderrames constituido por paños absorbentes en cantidad suficiente. Se cuenta con contendedores de residuos sólidos.

Además, se cuenta con equipos de emergencia tales como extintores, botiquín, lava ojos, camilla, frazadas, y pararrayos. La Empresa Especializada a cargo de la(s) fase(s) del proyecto contará con radio de comunicación y detector de tormentas.

Abastecimiento de Agua

El abastecimiento de agua se realizará desde los tanques del NV 7NE Animas, en la zona del proyecto, se cuenta con 02 tanques para el abastecimiento de agua para la perforación, Estos tanques estarán conectados mediante tubería HDPE hacia el Equipo y la poza sedimentación si lo requiera, que luego serán inyectados al pozo de perforación. El sistema de almacenamiento de agua o abastecimiento de agua estará controlado por válvulas, para hacer un uso racional del recurso.

Medidas de Seguridad

Se adoptarán todas las medidas de seguridad pertinentes. Se contará con personal capacitado para realizar las actividades de perforación DDH, en una primera etapa, para luego contar con personal capacitado para realizar las actividades de perforación del piloto y rimado de RB.

Se contarán con procedimientos escritos de trabajo seguro, así como registros de todas las actividades (Check list, IPERC, PETAR).

Se contará con detector de tormentas; adicionalmente la zona cuenta con pararrayos; y se recalcará al personal en el apagado de radios portátiles, celulares y la



paralización de actividades y su ubicación en un refugio y/o lugar seguro de presentarse una tormenta eléctrica.

El personal en obra estará bajo control de manera permanente de un supervisor directo de la Empresa Especializada a cargo del proyecto, con el apoyo de un jefe de seguridad para su inspección diaria. Las observaciones planeadas de trabajo y las inspecciones tanto opinadas como inopinadas se realizarán de manera constante. Se tiene la disposición de paralizar las operaciones si se presenta algún incidente que ponga en riesgo la seguridad, la salud del trabajador, así como al ambiente.

La plataforma estará debidamente señalizada y delimitada, restringiéndose el ingreso a personal no autorizado. Se contará con la señalización según el DS 024-2016-EM. El personal contará con su respectivo EPP y será sensibilizado diariamente al inicio de la jornada y capacitado (entrenado) de manera semanal.

Remediación y Reforestación

La remediación y reforestación se realizará una vez concluida la perforación del RB, a cargo del área de Planeamiento y Proyectos con apoyo y coordinaciones del área de MM. AA. y RR. CC., asimismo, durante la ejecución de los trabajos de perforación de taladros de DDH y posterior perforación de piloto y rimado de RB en la plataforma, es responsabilidad del área de Planeamiento y Proyectos asumir las medidas de controles ante incidentes ambientales.

Perforación Taladro Piloto

Taladro Piloto: con tricono de 12 1/4" posteriormente cementado.

Repiloto: con tricono de 11".

Diámetro de tubería de Perforación: 10”

Escariado Chimenea

Las operaciones de rimado de chimenea de diámetro 2.1 m de diámetro se inicia el día 04 de febrero y culmina el 21 de febrero del 2019 cumpliendo el Procedimiento Escrito de Trabajo Seguro Código TUMI-OP-BAT-PETS- 08.

Especificaciones técnicas de accesorio escariador que realizado el trabajo de rimado se muestra en la tabla N° 01.

Tabla 1 Especificaciones técnicas de rimadora utilizada

Descripción	Medida	Unidad Medida
Diámetro	2.10	M
Stem SBI	11	Pulg
N° de Cortadores	12	M
Altura	A=1.50 B=1.98	M M
Peso	7200 kg	

Fuente: Elaboración propia

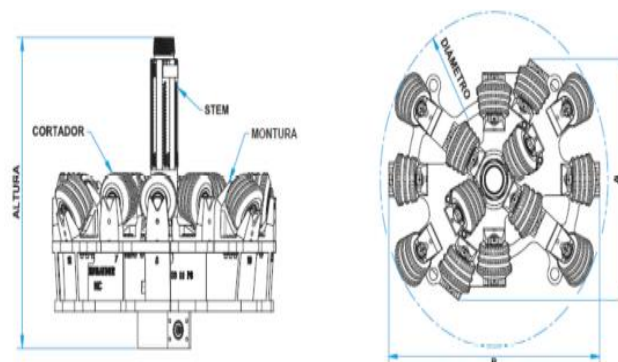


Figura 5 Escariador para rimada chimenea rase boring



Figura 6 Escariador para chimenea Animas

Instalación de Anillos Metálicos

Los anillos de sostenimiento para la chimenea Zona Animas son diseñados exclusivamente para este fin, las características técnicas son las siguientes:

- Longitud anillo: 9 m.
- Peso anillo: 3235 kg.
- Diámetro de anillo: 6 pies (exterior)
- Espesor: 5 mm



Figura 7 Anillos de sostenimiento para la chimenea

Para instalación como sostenimiento para la chimenea se debe considerar lo siguiente:

- Longitud de chimenea: 160 m

- Longitud para anillar: 140 m
- Ángulo de chimenea: 90°
- Diámetro de chimenea: 7 pies
- N° de anillos: 15.5 piezas
- Peso total : 50 toneladas
- Requerimiento de equipos : 01 Grúa
- Capacidad de grúa : 300 toneladas
- Dimensiones: 25 m de brazo telescópica

Procedimiento de Instalación

Se inicia colocando la base metálica en la parte superior de la chimenea concluida, Estos trabajos se realizan cumpliendo el Procedimiento Escrito de Trabajo Seguro, código TUMI-OP-BAT-PETS-19

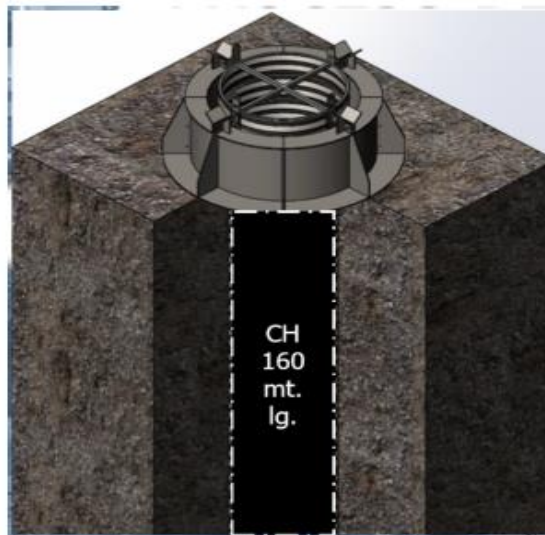


Figura 8 Base superficial para colocado de anillos de sostenimiento para la chimenea

Se instala la primera estructura guía metálica de 5 metros de longitud que cumple la función de base.

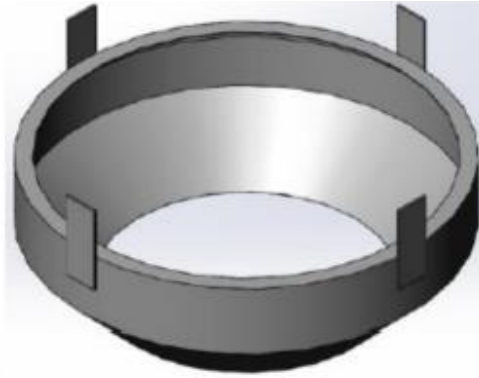


Figura 9 Base superficial para anclado de anillos

Enseguida el anillo de 9 m. que descansará sobre la guía puntera y se sostendrá en la base metálica con los pines de seguridad, hasta colocar el siguiente tramo de anillos.

Pin de seguridad:

Resistencia del pin: soportar 20 toneladas de carga de corte y tiene una resistencia a la tracción de 655MPa.



Figura 10 Colocado de anillos para la chimenea

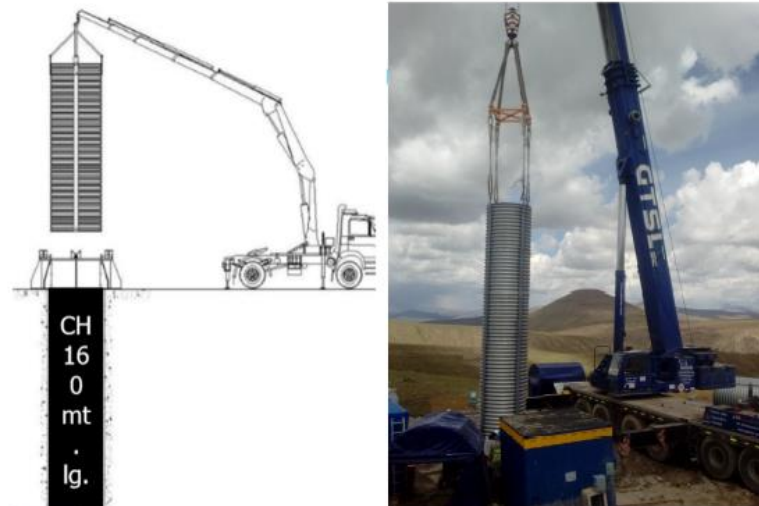


Figura 11 Colocado de anillos para la chimenea con grúa

Seguidamente se unirán los dos tramos de anillos, se empernarán las juntas y con soldadura se unirán las platinas laterales quedando unidos los dos tramos. Se realiza la secuencia con los otros tramos de anillos hasta completar el Encamisado.

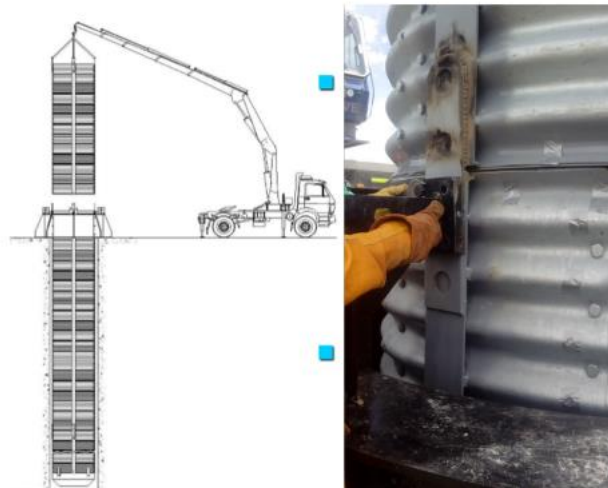


Figura 12 Anclado y soldado de anillos para la chimenea

Se instala los anillos hasta llegar a los 140 m, finalmente se deja suspendido la columna de anillos, para cementar por el espacio anular de la chimenea de 13cm.



IV. RESULTADOS Y DISCUSION

Construcción de Chimenea

La chimenea RB Zona Animas en su etapa final de construcción conecta a la cámara 574N, teniendo los resultados esperados.

Los taladros de sostenimiento en número de 29 se realizaron según lo proyectado, permitiendo estos taladros estabilizar el suelo y con ello permitir perforar con el método Raise Boring según se puede apreciar en el reporte de perforación. Los taladros de sostenimiento permitieron inyectar cemento a las paredes de los taladros de sostenimiento.

La inyección de cemento en el anular que deja la chimenea entre la pared y anillo de acero es de 135 mm, la inyección de lechada se realizó hasta que no se registró absorción de lechada, permitiendo de esta manera densificar el terreno de mala calidad.

Con el diseño y construcción de la chimenea mediante el método raise boring se logra estabilizar el terreno fracturado reduciendo costos de explosivos y riesgo al personal.

El método raise boring resulto muy eficiente ya que es un método continuo de avance mediante el corte y rimado del macizo rocoso sin la necesidad de utilizar explosivos y sin causar vibraciones producto de perforaciones con equipos de roto percusión.



V. DISCUSION

En este punto también existe otro tipo de sostenimiento en las chimeneas realizadas por el método raise boring que es usado comúnmente en otras minas como por ejemplo.

Compañía minera Ares S.A.C. Unidad Operativa pallancata, debido a la problemática en ventilación por la profundización de la mina es que construye una chimenea con el método raise boring con un diámetro de 3.10 metros y una longitud de 365 metros.

Por el tipo de roca en dicha zona que era totalmente mala con un RMR: 45 hasta un RMR: 25 es que se requirió un sostenimiento con pernos hidrabold, malla electrosoldada y concreto lanzado shotcrete con un espesor de 3 pulgadas en toda la columna de la chimenea.

Tabla 2 Cuadro de costos para realizar una chimenea con Raise Boring y su respectivo sostenimiento

Actividad	Cantidad	UM	P. Unitario	Total
			US\$	US\$
TALADOS DE REFORZAMIENTO				196,403.30
Movimiento de tierra para plataforma	40 Pit 36 m.	Pit	820.25	32,810.00
Construcción de pozas de sedimentación	03	Pz	3,120.00	9,360.00
Perforación tricono	1740.00	M	57.00	99,180.00
Perforación NQ	58.00	M	75.00	4,350.00
Cementado	1303.1	H	18.00	23,455.80
Alquiler de sistema	01	Und	7,500.00	7,500.00
Desmovilización de equipos de perf	01	Und	3,000.00	3,000.00
Perforación HQ	159.50	M	105.00	16,747.50
CONSTRUCCIÓN CHIMENEA RB				675,151.50
Movimiento de tierra	90	M3	24.56	2,210.40
Construcción loza de concreto 7x7x2.5 m	99	M3	294.35	29,140.65
Perforación piloto 12 1/4"	72.4	M	384.00	27,801.60
Cementado de taladro piloto	65	M	125.00	8,125.00
Inicio y recepción de obra	01	Glb	19,082.00	19,082.00
Instalación de Máquina SBM 61R	01	Und	3,326.00	3,326.00
Perforación piloto 11"	159	M	414.00	65,826.00
Perforación de rimado 2.10 m	159	M	841.00	33,719.00
Desinstalación de Máquina SBM 61R	01	Und	2,494.00	2,494.00
Tarifa Stand by por hora				-
Perforación de repiloto 11"	72.4	M	393.58	28,495.19
Aditivo en perforación RB	145	Und	10.00	1,450.00
Movilización de anillos(camiones)	09	Glb	2,250.00	20,250.00
Instalación de anillos metálicos	01	Und	315,469.66	315,469.66
Finalización y entrega de obra	01	Glb	17,762.00	17,762.00
CEMENTADO DE CHIMENEA CON ANILLO				16,000.00
Inyección de lechada (cemento) espacio anular chimenea-anillo	01	Glb	16,000.00	16,000.00
Subtotal				887,554.80



Descripción	Cantidad	UM	P. Unitario	Total
			US\$	US\$
Anillo corrugado E=5mm	160.4	M	763.22	122,420.49
Mano de obra	15	Día	913.00	13,695.00
Camioneta	15	Día	191.33	2,869.95
Combustible (2.50US\$/Gl)	15	Día	33.33	499.95
Alquiler de grúa	15	Día	5,037.58	75,563.70
Herramientas y EPP	15	Día	58.98	884.70
Seguros e imprevistos	15	Día	25.92	388.80
Dispositivos de instalación	1	Global	13,793.98	13,793.98
Plancha de anillo y fijación	160.40	Global	420.80	67,496.32
		Subtotal		297,612.89
		Gastos Generales (6%)		17,856.77
		Total General		315,469.66

Tabla 3 Cuadro comparativo de los métodos para realizar chimeneas

Método	Costo x m aprox.	Diámetro máximo	Longitud máximo	Seguridad	Energía utilizada	Avance por turno
Convencional	\$290.98	2.5 m	35.00 m	Sobre los 35 m es altamente inseguro este método	Explosivos Encartuchados	1.74 a 1.3 m
Plataforma trepadora Alimak	\$462.85	1.95 a 5.05 m	900 m	Riesgo medio	Explosivos	2.20 a 3.00 m
Vértical Cráter Retreat (VCR)	\$215.00	3.8 m	70 m	Seguro en la perforación y tronadura ya que se evita el acceso al personal dentro de chimenea.	Explosivos	1.8 a 3.00 m
Raise Boring	D:2.1 m \$1,255.00	6.4 m	600 m	Altamente seguro	Mecánica (trituration de roca)	Tipo de roca IV-V Piloto: 15 m Escariado: 10 m
Jaula Jora Jora	\$ 345.00	2.82 m	60 m	Riesgo medio	Explosivos	3.00 a 4.0 m



VI. CONCLUSIONES

El suelo cuaternario con el método de estabilización de suelo mediante taladros de sostenimiento no presenta problemas en la construcción de Chimenea de diámetro 2.10 metros, siendo el terreno estabilizado con la inyección de lechada de cemento.

La chimenea realizada mediante el método raise boring tiene una longitud de 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, por tanto se puede decir que fue un método efectivo

Se optimizó en un gran porcentaje la construcción de la Chimenea RB 571N utilizando los taladros de sostenimiento que evitaron el movimiento de tierra hasta llegar a roca solida (33.3 m según logueo de taladro 1PLA-RB571N), con este método a su vez se optimizó el tiempo de construcción.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ollachica Hacha, H. (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, Facultad de Ingeniería de Minas.
- Curasma Quispe, J. V. (2012) *Optimización de Operaciones en las Construcciones de Chimeneas con el Método Raise Climber Utilizando Equipo Alimak STH-5E en Mina Marsa*. Universidad Nacional de Huancavelica Facultad de Ingeniería de Minas –Civil.
- Contreras Llica, L. E. (2015) *“Perforación de Chimeneas con el Metodo Raise Boring en la Unidad Minera Arcata”* Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Facultad de Geología, Geofísica y Minas.
- Tapia España, J. J. (2008) *Construcción de pozos y Chimeneas en Túneles, mediante la Técnica de: Raise Boring*, Universidad de Oviedo.
- Fernández, V. (2015) Departamento Técnico Pedraplus *SISTEMA DE EXCAVACION: RAISE – BORING*.
- Chuquitaype Zúñiga, C. P. (2018) *“Gestión de Seguridad en la Construcción de la Chimenea Raise Boring 01 y Sostenimiento de la Columna para servicio de Ventilación Empresa IESA S.A. U.O. Pallancata”* Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Facultad de Geología, Geofísica y Minas.
- Rivera Huamán, M. Á. (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,
Facultad de Ingeniería de Minas.*

Trujillo Bravo, V. (2018) "*Costos Operativos de la Construcción de Chimeneas para el
Mejoramiento del Sistema de Ventilación en la Compañía de Minas Buenaventura
S.A.A. – Unidad Julcani*" Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión

Facultad de Ingeniería de Ingeniería de Minas.

FIM-UNA, (1999). *Explotación Subterránea, Métodos y casos prácticos Presentado a la
Universidad Nacional del Altiplano Puno. Perú. P-183.*

Arias Calla, L. (2013): *En su Tesis "Planeamiento Y Diseño del Sistema de Extracción
del Proyecto de Profundización de La U.O San Braulio Uno"*

Llanque Maquera, Oscar E. y otros (2008). *Servicios auxiliares mineros. Tomo 1.
Editorial UNAP. Puno.*

OIT, (03/2005) *Condiciones de trabajo, seguridad y salud ocupacional en la minería del
Perú Obtenido el 20 de Agosto de 2011 en
http://white.oit.org.pe/spanish/260ameri/publ/docutrab/dt-145/dt_145.pdf*

Crisólogo Arce, A. (1994). *Conceptos, Métodos y Modelos de la Investigación Científica.
Perú: Ediciones Abedul E.I.R.L.*

López Jimeno, C. (2000). *Manual de Sondeos. Madrid: Universidad Politécnica de
Madrid.*

Olofsson, S. (1988). *Applied Explosives Technology for Construction and Mining. Arla
Sweden: Aplex.*



Salinas, C. (1998). *Construcción de Túneles, Piques y Chimeneas*. Santiago- Chile:

Departamento Ingeniería de Minas de la Universidad de Chile.

Sandvik Mining and Construction. (2014).

TUMI Raise Boring. (2015). Brochure Tumi Raise Boring. Lima.

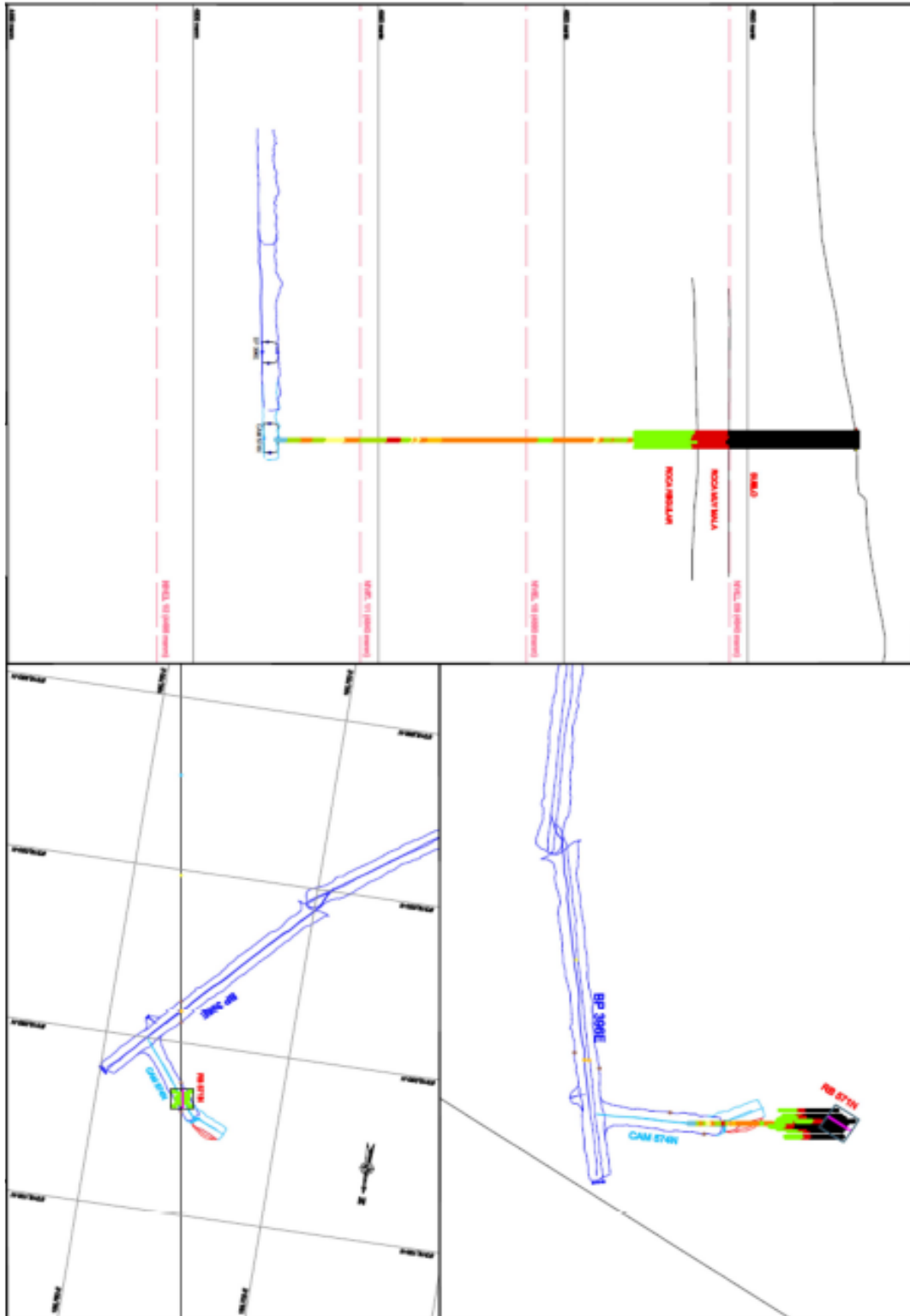
TUMI RAISE BORING. (2015). Manual 61R Your Complete Raise Boring Solution.

TUMI RAISE BORING. (01 de 06 de 2016). *Estándar Técnico Instalación y Desinstalación de Máquina RB*. Perú.

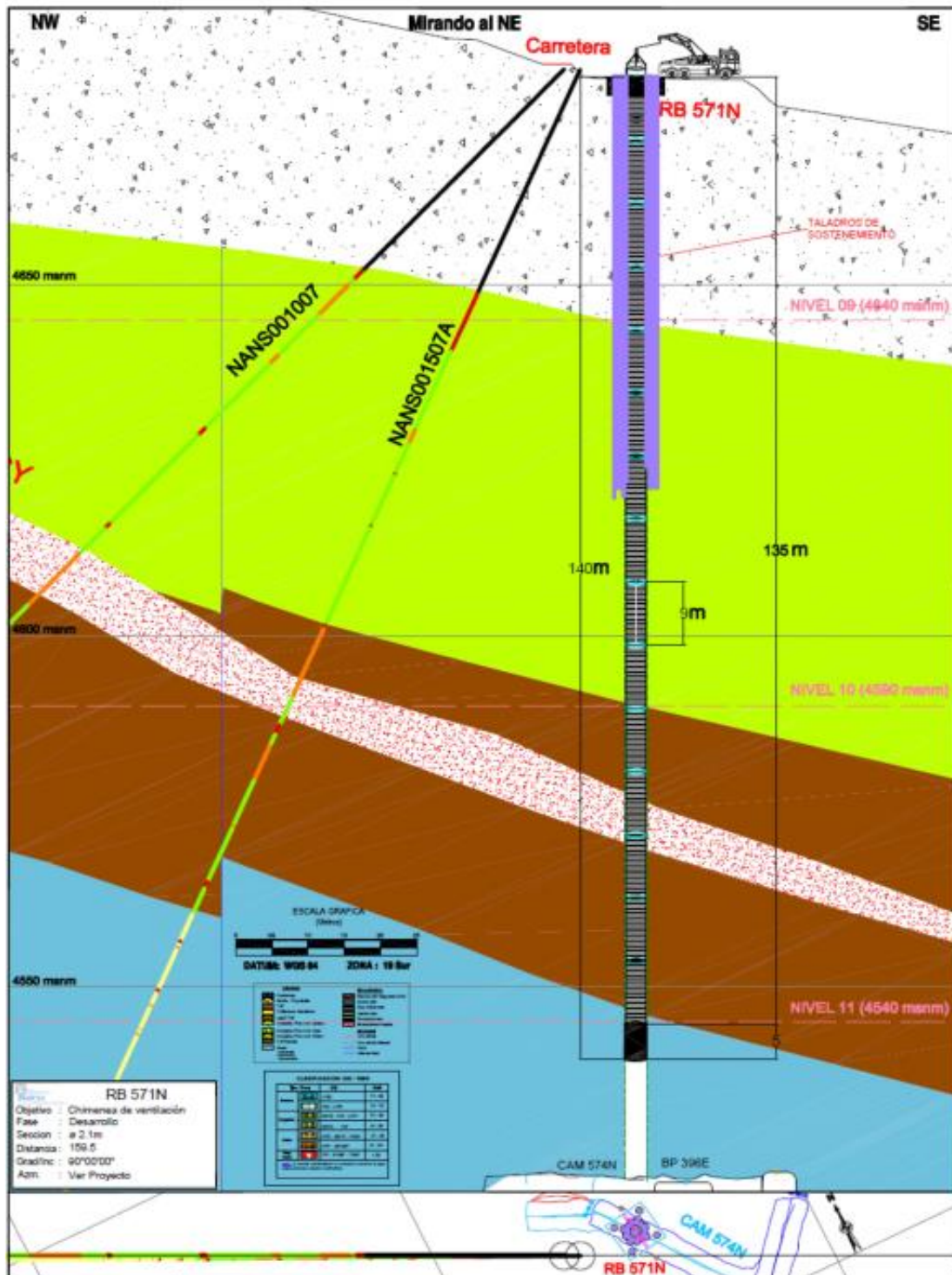
Hoek E, B. E. (1987). *Excavaciones subterráneas en Roca*. México: Mc Graw Hill.

ANEXOS

Plano 1 SECCION DE LA CHIMENEA CON TALADROS DE SOSTENIMIENTO



Plano 2 SECCION DE LA CHIMENEA CON TALADROS DE SONDAJE



Plano 3 DISEÑO DE LA CHIMENEA RAISE BORING

