

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



**T E S I S**

**Sostenimiento de chimeneas con el sistema Spraycrete para prevenir  
accidentes en la compañía minera el Brocal**

**Para optar el título profesional de:**

**Ingeniero de Minas**

**Autor:**

**Bach. David VILLANUEVA CORNELIO**

**Asesor:**

**Mg. Nelson MONTALVO CARHUARICRA**

**Cerro de Pasco – Perú - 2025**

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



**T E S I S**

**Sostenimiento de chimeneas con el sistema Spraycrete para prevenir  
accidentes en la compañía minera el Brocal**

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

---

**Mg. Vicente César DÁVILA CÓRDOVA**  
**PRESIDENTE**

---

**Mg. Wilfried Bryan PÉREZ PARRAGUEZ**  
**MIEMBRO**

---

**Mg. Carlos Edwin ROJAS VICTORIO**  
**MIEMBRO**



UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN



Firmado digitalmente por CONDOR  
SURICHAQUI Sarita Silvia FAU  
20154605046 soft  
Motivo: Soy el autor del documento  
05/11/2025 11.12.2025 22:01:12 -05:00

Facultad de Ingeniería de Minas

Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de Minas

“Año de la Recuperación y Consolidación de la Economía Peruana”

## INFORME DE ORIGINALIDAD N° 059-2025

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

Presentado por:

**Bach. VILLANUEVA CORNELIO David**

Escuela de Formación Profesional  
**Ingeniería de Minas**

Tipo de trabajo:  
**Tesis**

Título del trabajo  
**“Sostenimiento de chimeneas con el sistema spraycrete para  
prevenir accidentes en la compañía minera el Brocal ”**

## Asesoría

**Mg. Nelson MONTALVO CARHUARICRA**

Índice de Similitud: 11%

### Calificativo

## APROBADO

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

Cerro de Pasco, 11 de diciembre de 2025.

Sello y Firma del responsable  
de la Unidad de Investigación

## **DEDICATORIA**

Dedico mi Tesis con todo mi cariño y gratitud a mis padres, Edmundo y Salomina, por su esfuerzo y sacrificio, por brindarme una carrera para asegurarme un futuro prometedor. Ellos siempre me animaron con sus palabras para que no me desanimara, siguiera adelante y fuera constante en la realización de mis ideales. A mis amados hijos JOCELIN Y AXEL por ser mi fuente de motivación e inspiración para poder superarme cada día más y así poder luchar para que la vida nos depare un futuro mejor.

A mi amada esposa JANET con todo mi amor y cariño por su apoyo incondicional y creer en mi capacidad, aunque hemos pasado momentos difíciles siempre ha estado brindándome su comprensión. Gracias a todos

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, agradezco a Dios por darme la oportunidad de vivir una experiencia tan positiva en la universidad y de convertirme en un profesional en lo que tanto me entusiasma. Gracias a cada uno de los maestros que participaron en mi proceso educativo; esta tesis persistirá en el saber y el desarrollo de las futuras generaciones.

Por último, doy las gracias a quien lea esta sección y más de mi tesis, por dejar que mis vivencias, investigaciones y saberes se incorporan en su acervo de información mental

## RESUMEN

En la Compañía Minera El Brocal. Se efectúa el presente trabajo de investigación en referencia a la aplicación del sostenimiento con shotcrete en chimeneas por la ocurrencia de accidentes por desprendimiento de rocas en chimenea de la Mina El Brocal. La cual se denomina “Sostenimiento de Chimeneas con el Sistema Spraycrete para Prevenir Accidentes en la Compañía Minera El Brocal”.

Determinar el impacto del uso de shotcrete en la chimenea para evitar accidentes por caída de rocas en la Mina El Brocal es el objetivo principal. Nos formulamos la hipótesis general: "Con el sostenimiento de chimeneas mediante el sistema Spraycrete se logrará prevenir accidentes en la Compañía Minera El Brocal".

El Método de investigación es cuantitativo, nivel de investigación descriptivo y aplicativo, diseño de la investigación es analítico, en el sostenimiento con shotcrete con equipos Spraycrete. Concluimos nuestro estudio con el diseño de mezcla para el shotcrete proyectado por vía húmeda para el sostenimiento de chimeneas. Las técnicas del lanzado de concreto para sostener las construcciones de chimeneas se normalizaron, lo que redujo significativamente el riesgo de que se cayera roca durante las operaciones.

**Palabras Clave:** Sostenimiento de Chimeneas, Sistema Spraycrete, Prevención de Accidentes.

## **ABSTRACT**

At the El Brocal Mining Company. This research work is carried out in reference to the application of shotcrete support in chimneys due to the occurrence of accidents due to rockfall in the chimney of the El Brocal Mine. Which is called “Chimney Support with the Spraycrete System to Prevent Accidents in the El Brocal Mining Company”.

The main objective is to determine the influence of the application of support with shotcrete in chimney for the prevention of accidents due to rockfall in the El Brocal Mine, and we propose the general hypothesis, With the Support of Chimneys with the Spraycrete System the Accident Prevention at the El Brocal Mining Company.

The research method is quantitative, descriptive and applicative research level, research design is analytical, in support with shotcrete with Spraycrete equipment. We conclude our study with the mix design for wet sprayed shotcrete for supporting chimneys. Concrete casting techniques to support chimney constructions were standardized, which considerably reduced the risk of rock falls in operations.

**Keywords:** Chimney Support, Spraycrete System, Accident Prevention.

## INTRODUCCION

La presente investigación que lleva como título: “Sostenimiento de Chimeneas con el Sistema Spraycrete para Prevenir Accidentes en la Compañía Minera El Brocal”, tiene como objetivo general determinar en qué medida ayuda el equipo Spraycrete, en el control de accidentes de trabajo en el sostenimiento de chimeneas en la Compañía Minera El Brocal.

En la metodología de la investigación se utilizó el tipo aplicativo - explicativo y de diseño experimental de carácter preexperimental; Principalmente que el uso del equipo Spraycrete, tiene un efecto de rentabilidad, ya que proporciona tiempos de operación más cortos y un mayor avance en el sostenimiento de chimeneas.

Para el análisis de las causas y efectos del problema se utilizaron tablas de ponderaciones para poder determinar las frecuencias de cada problema; Se realizo el análisis correspondiente para diagnosticar los problemas encontrados y determinando si existen causas relevantes que genera el equipo Spraycrete, en comparación del sostenimiento de chimeneas con otro sistema o método, determinando el grado de exposición del personal y los tiempos del lanzado de concreto.

En la minería peruana, las caídas de rocas son un motivo de accidentes. Para prevenirlas, se emplean múltiples técnicas de soporte para chimeneas y trabajos mineros. En la presente investigación el objetivo es determinar si la aplicación de sostenimiento con equipos convencionales es más eficiente que los equipos modernos como el Spraycrete en el control de la caída de rocas. La presente investigación surgió debido al alto grado de accidentes en el proceso de sostenimiento por desprendimiento de rocas en la minería.

## INDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCION

INDICE

## CAPÍTULO I

### PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema.....	1
1.2. Delimitación de la Investigación.....	2
1.2.1. Ubicación.....	2
1.2.2. Accesibilidad .....	3
1.2.3. Geología Regional .....	3
1.2.4. Geología Económica .....	5
1.2.5. Geología Local .....	8
1.3. Formulación del Problema .....	14
1.3.1. Problema general .....	14
1.3.2. Problemas específicos .....	14
1.4. Formulación de Objetivos .....	15
1.4.1. Objetivo general .....	15
1.4.2. Objetivos específicos .....	15
1.5. Justificación de la investigación .....	15
1.6. Limitaciones de la Investigación.....	16

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

2.1.	Antecedentes de estudio .....	17
2.2.	Bases teóricas - científicas .....	22
2.2.1.	Shotcrete vía Húmeda.....	22
2.3.	Definición de términos básicos .....	25
2.4.	Formulación de hipótesis .....	31
2.4.1.	Hipótesis general .....	31
2.4.2.	Hipótesis específicos .....	31
2.5.	Identificación de las Variables .....	31
2.5.1.	Variable independiente:.....	31
2.5.2.	Variable Dependiente: .....	31
2.6.	Definición Operacional de Variables e Indicadores .....	32

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

3.1.	Tipo de investigación .....	33
3.2.	Nivel de investigación.....	33
3.3.	Métodos de la investigación.....	34
3.4.	Diseño de la investigación .....	34
3.5.	Población y muestras .....	34
3.5.1.	Población .....	34
3.5.2.	Muestra .....	34
3.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	35
3.6.1.	Técnicas .....	35
3.6.2.	Instrumentos de recolección de datos.....	35

3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	36
3.8. Tratamiento estadístico .....	36
3.9. Orientación ética filosófica y epistémica .....	36

## **CAPITULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

4.1. Descripción del trabajo de campo .....	37
4.1.1. Desarrollo del Proyecto .....	37
4.1.2. Robot Lanzador de Concreto Spraycrete.....	38
4.1.3. Bomba de Concreto TK 20.....	40
4.1.4. Compresor Portatil Modelo XATS 900 E .....	41
4.1.5. Winche Eléctrico de Izaje.....	44
4.1.6. Granulometría de Agregado .....	46
4.1.7. Diseño de Shotcrete .....	47
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados .....	55
4.2.1. Análisis de Resultados.....	55
4.2.2. Eficiencia de Equipos .....	59
4.3. Prueba de Hipótesis.....	62
4.4. Discusión de Resultados .....	62
4.4.1. Resultados del proceso desarrollado .....	62
4.4.2. Resultados control de equipos .....	65

## **CONCLUSIONES**

## **RECOMENDACIONES**

## **REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

## **ANEXOS**

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Plano de Ubicación de la Compañía Minera El Brocal .....	3
Ilustración 2 Mapa Geológico de la mina Marcapunta. ....	8
Ilustración 3. Robot lanzador Spraycrete .....	38
Ilustración 4. Bomba de Concreto TK20.....	41
Ilustración 5. Compresor portátil.....	43
Ilustración 6. Winche Eléctrico .....	45
Ilustración 7. Granulometría de Agregado .....	46
Ilustración 8. Aditivo Sika Tard .....	53
Ilustración 9. Fibra Polimérica BarChip.....	54
Ilustración 10. Plano Geomecánico Longitudinal de la Chimenea .....	56
Ilustración 11. Plano Geológico de la chimenea .....	57
Ilustración 12. Conclusiones y recomendaciones por área geomecánica.....	58
Ilustración 13. Diseño de la Ubicación de Equipos de Shotcrete.....	60
Ilustración 14. Inspección de winche Eléctrico .....	61
Ilustración 15. Inspección de Bomba de Concreto .....	61
Ilustración 16. Medición de slump - shotcrete .....	63
Ilustración 17. Trasegado de concreto hacia la bomba TK20 .....	64
Ilustración 18. Sistema de protección al personal (EPPs) .....	64
Ilustración 19. Chimenea para inicio de instalación de equipo .....	65
Ilustración 20. Instalación de equipos en la cámara .....	66
Ilustración 21. Proceso de sostenimiento con shotcrete en chimenea.....	66
Ilustración 22. Filmación de chimenea sostenida.....	67

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de Variables.....	32
Tabla 2. Dimensiones y características de Robot Lanzador.....	39
Tabla 3. Características de la Bomba de Concreto .....	40
Tabla 4. Datos técnicos de compresor portátil .....	43
Tabla 5. Datos técnicos de compresor portátil .....	44
Tabla 6. Datos técnicos de compresor portátil .....	44
Tabla 7. Datos técnicos de Winche Eléctrico .....	45
Tabla 8. Diseño de Shotcrete.....	47
Tabla 9. Datos Técnicos de Aditivo MACFLU 110.....	49
Tabla 10. Datos Técnicos de Aditivo macfree plus.....	51
Tabla 11. Características del producto. ....	55
Tabla 12. Diseño de Mezcla de Shotcrete .....	59
Tabla 13. Diseño Mejorado de Shotcrete .....	63

## **CAPÍTULO I**

### **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

#### **1.1. Identificación y determinación del problema**

El mantenimiento de las Chimeneas Alimak STH - 5E (Ch - Ak/STH - 5E) en trabajos subterráneos es una tarea de gran magnitud y complejidad, dependiendo del proyecto y los parámetros de eficiencia. Su objetivo principal es asegurar la eficacia y la seguridad en el uso de ventilación, Ore Pass (paso de mineral), servicios auxiliares u otros. Estos proyectos respaldarán el método mecanizado Cut and Fill y la profundización de la mina donde se llevan a cabo las labores de extracción mineral. La correcta investigación y evaluación del proceso de sostenimiento estructural del Macizo Rocoso es un requisito fundamental para garantizar que el sostén se realice de manera eficaz después de llevar a cabo una voladura vertical en estas chimeneas con Alimak. Este es el primer paso para continuar con las labores de seguridad relacionadas con la exposición del personal en la plataforma dentro de un espacio confinado, como parte del planeamiento del proyecto Chimenea Alimak. Al construir la Chimenea Alimak en la minería subterránea, surgen diversos problemas y condiciones de la

mecánica de rocas; si no se analizan con anterioridad, pueden modificar notablemente las características del funcionamiento de la realización del proyecto. Para Planear un proyecto de la Chimenea Alimak STH - 5E, es imprescindible cuantificar las propiedades geomecánicas del macizo rocoso, lo cual justifica técnica y económicamente una programación que sea segura y rentable. Además, su uso está dirigido a: Diseño de la chimenea Alimak, elección de complementos para el equipo Alimak, selección de equipos para perforación, voladura y sostenimiento, conservación del medio ambiente, progreso, desarrollo y controles económicos y de gestión. Los ensayos in situ, cuyo objetivo es establecer las propiedades mecánicas y físicas de los minerales y rocas, así como observar la masa rocosa durante la realización de un proyecto de chimenea Alimak, son uno de los elementos más importantes del sistema de evaluación geomecánica en relación con las características del comportamiento mecánico tanto de la masa rocosa como de sus componentes.

## **1.2. Delimitación de la Investigación**

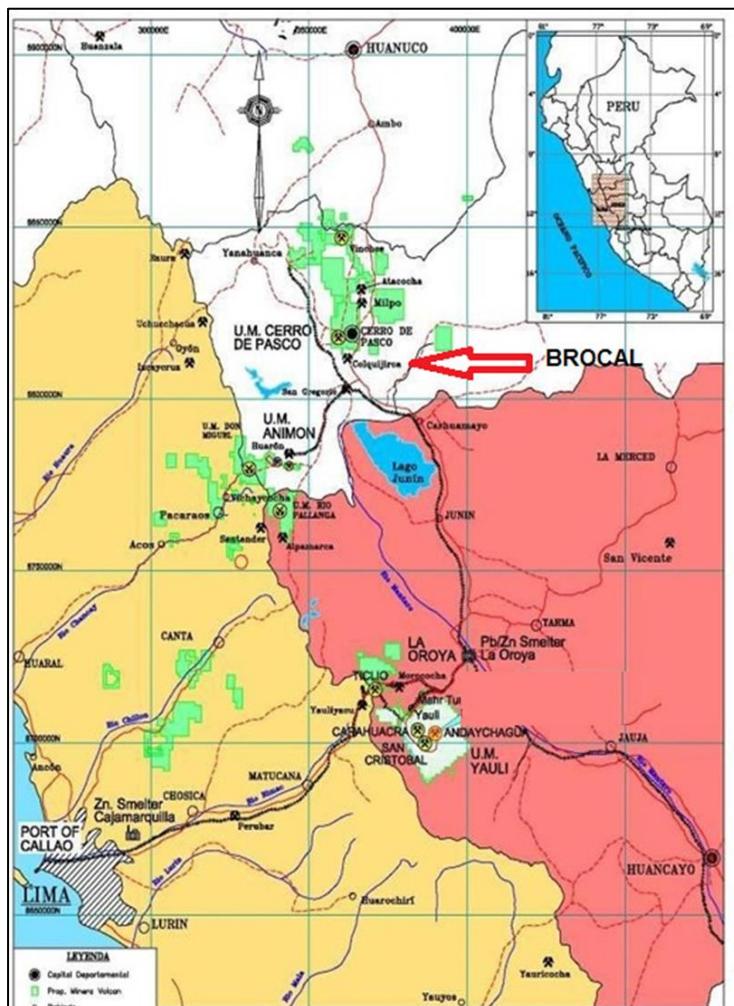
### **1.2.1. Ubicación**

La Compañía Minera El Brocal se encuentra situada en el distrito minero de Colquijirca, entre las minas de San Gregorio y Colquijirca. En términos políticos, está ubicado en el distrito de Tinyahuarco, que pertenece a la provincia y al departamento de Cerro de Pasco, así como a la región del mismo nombre. Sus coordenadas UTM son las siguientes: 8'809,200-N hasta 8'810,000-N y 361,100-E hasta 361,500-E. Su altitud varía entre los 4.180 y los 4.500 msnm

### 1.2.2. Accesibilidad

Se accede por la carretera Lima – La Oroya – Colquijirca, con una distancia de 310 Km y Lima – Canta – Colquijirca que se cubre en seis horas aproximadamente.

**Ilustración 1. Plano de Ubicación de la Compañía Minera El Brocal**



Fuente: Departamento de Ingeniería

### 1.2.3. Geología Regional

La región de estudio se encuentra en el sector norte de las Altiplanicies, según la zonación morfoestructural clásica de los Andes del Perú Central. Las altiplanicies presentan una topografía más bien suave a un nivel medio de 4.000 msnm en términos morfológicos, si se las compara con la Cordillera Oriental y Occidental que las rodea (entre los niveles 3.800 y 4.500 msnm).

El complejo del Marañón es el que contiene las rocas más viejas de la zona (figura 3, mapa geológico). Está compuesta por gneis y micaesquistos de edad.

Precámbrica (Dalmayrac, 1970). Despues, en discordancia, aparecen rocas del Paleozoico inferior, entre las cuales destaca el Grupo Excelsior. Este grupo emerge principalmente en la región de Cerrode Pasco y está compuesto, desde el punto de vista litológico, por pizarras y filitas que probablemente sean del Ordovícico. Los Grupos Tarma y Ambo son los siguientes, se encuentran ampliamente en las orillas de las altiplanicies y la Cordillera Oriental. El Grupo Ambo está conformado por lutitas y areniscas de edad Mississipiana, que son sedimentos detríticos (Newell et al., 1949). Las lutitas negras y las calizas son las características del Grupo Tarma, que es de la época pensilvaniana (Dumbar y Newell, 1946). El Grupo Mitú, que es de gran relevancia en la zona, se ubica al norte de Pasco y al este de Carhuamayo. Este grupo incluye conglomerados rojos continentales, areniscas y rocas volcánicas, con una datación del Permico superior - Triásico inferior (Megard, 1979).

Estas tres últimas series preandinas están limitadas a los centros de grandes braquianticlinales, como el Domo de Yauli, Malpaso y Cerro de Pasco. El Grupo Pucará es el que presenta discordancia. Se encuentra ampliamente en las mesetas andinas del Perú Central. Las Formaciones Chambará, Aramachay y Condorsinga componen la unidad. La formación Chambará se extiende por gran parte del área. Litológicamente, está formada por dolomitas marinas y calizas que pertenecen a la época Liásica – Triásico superior. Las formaciones Gollarisquizca y Parahuana componen el Cretácico. Surgen en el sector norte y noroeste de

Cerro de Pasco. Litológicamente, está compuesto por areniscas de color blanquecino y niveles subordinados de carbón.

Las cuencas terciarias se distribuyen en gran medida en la zona de Cerro de Pasco - Colquijirca y hacia el oeste del lago Junín. A un conjunto de conglomerados, sedimentos volcánicos y lacustres del Paleógeno se le llama Formación Pocabamba y Formación Calera (Mc. Laughlin, 1924). En la parte media y oeste de las altiplanicies, especialmente en la zona, emergen numerosos sistemas volcánicos que son principalmente dacíticos y pertenecen al Mioceno, como por ejemplo Marcapunta, Quicay, Cerro de Pasco o Yanamate.

Según Megard (1979), las altiplanicies se han dividido, en términos estructurales, en dos sectores que están delimitados por el Alto Mantaro. El sector Suroeste, que cuenta con estructuras abiertas y simples, y el sector Noreste, en el que los pliegues son compactos y se presentan muchas fallas longitudinales de dirección NO-SE y NNO-SSE. En el sector de las altiplanicies del Perú Central, la zona de Cerro de Pasco - Colquijirca se localiza en esta última área. La Falla Longitudinal Mayor de Cerro de Pasco es un caso representativo en este contexto, ya que se han determinado dos dominios estructurales: Oriental y Occidental (Ángeles, 1993). Además, en el Oligoceno y el Mioceno (Soler y Bonhomme, 1988), las fallas longitudinales más grandes han guiado la elevación del magmatismo andino.

#### **1.2.4. Geología Económica**

Los depósitos de minerales en el distrito de Colquijirca son parte de una categoría dentro de los yacimientos vinculados a pórfidos de cobre (Cu), que se llama depósitos cordilleranos. Esta clase de depósitos, que normalmente se originan en las áreas altas de un pórfido de Cu, se distinguen principalmente por

tener un marcado zonamiento: en el interior predomina el Cu y en la parte externa son más interesantes económicamente los elementos Zn, Pb y Ag.

En el distrito específico de Colquijirca, en particular entre los sectores de Marcapunta Norte y Colquijirca, la zonificación se divide generalmente en tres áreas. Desde un punto de vista mineralógico, estas zonas están compuestas principalmente por enargita en las regiones centrales, calcopirita en zonas intermedias y esfalerita y galena en las externas.

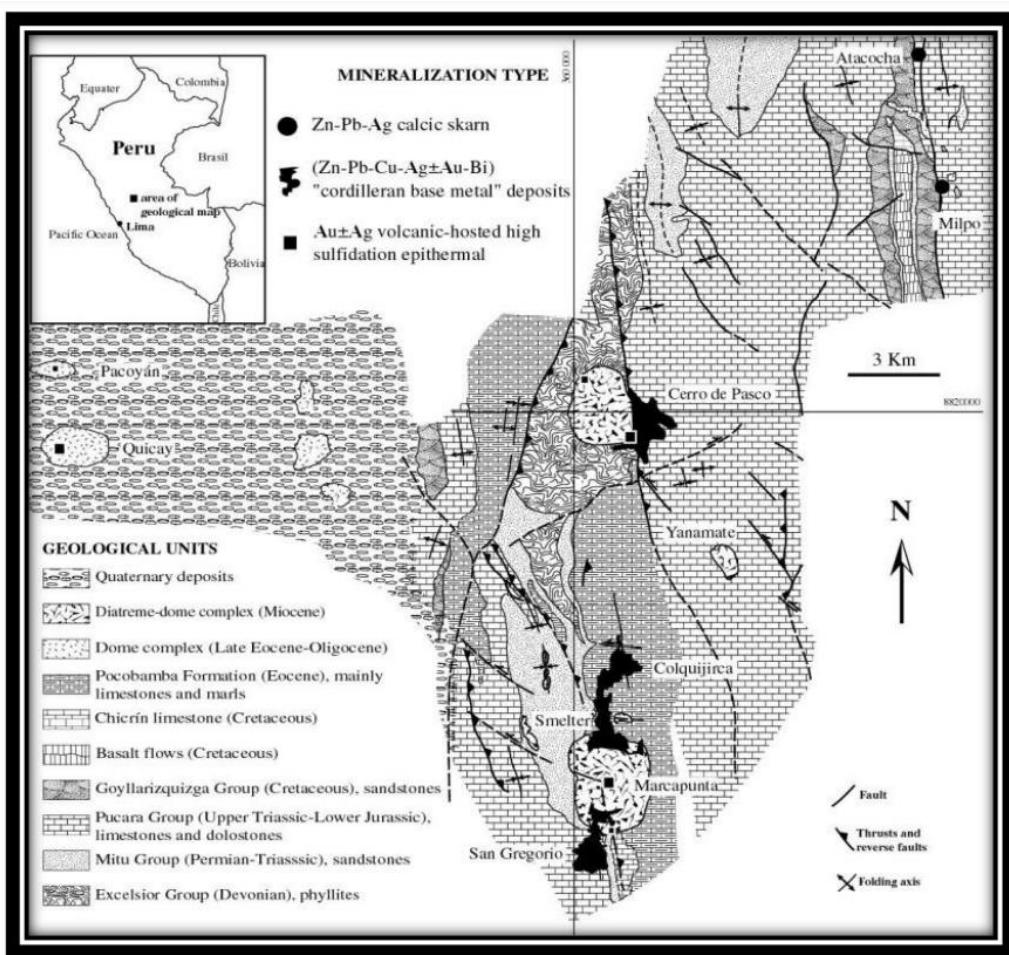
Estas tres áreas están expuestas en el depósito de Colquijirca (la parte sur del Tajo Norte). En la zona más profunda del sector suroeste del Tajo Norte (anteriormente conocido como Tajo Principal), se puede observar un núcleo tubular que está formado mayoritariamente por enargita, además de tener proporciones cambiantes de pirita y cuarzo. Este núcleo tiene una envoltura esencialmente formada por galena y esfalerita, además de tenencia en cantidades variables y calcopirita. Por otro lado, esta envolvente está circunscrita por un área de tamaño relativamente grande, que se compone principalmente de galena y esfalerita. La región más al norte del distrito, que es la última mencionada y se desarrolla en su mayor parte hacia el norte, corresponde a la sección principal del depósito de Colquijirca (Tajo Norte) que está siendo explotado en la actualidad.

En Dirección sur del Tajo Norte, el núcleo de enargita se extiende más allá de los 2 km, volviéndose más fuerte y amplio conforme se acerca al complejo volcánico de Marcapunta. Asimismo, la envoltura de este núcleo de enargita, que contiene rentita, galena, esfalerita y calcopirita, se extiende hacia el sur del Tajo Norte. Sin embargo, lo hace en menor proporción: hasta unos 400 m de la pared sur del mismo, embargo la pared del mismo.

El sector conocido como Marcapunta Norte, que se sitúa justo al sur de Tajo Norte, es la continuación del yacimiento de Colquijirca. Esta área está formada por las dos zonas internas, es decir, la que se compone de enargita y la que tiene un carácter polimetálico, es decir, de calcopirita, rentita, esfalerita y galena. El sector de Marcapunta Norte se distingue del resto de los sectores localizados más al sur por haber sufrido un proceso de enriquecimiento supergено.

Este proceso ha dado lugar a cuerpos de calcosita, que se han superpuesto en parte a la zona de enargita y en menor medida a la polimetálica compuesta por rentita, esfalerita, calcopirita y galena. Esto ha creado una región mineralógica relativamente compleja, especialmente por los intercrecimientos. La estructura mineralizada del Manto Superior Central se encuentra en las rocas carbonatadas del Miembro Medio de la Formación Calera, y tiene una forma estratiforme sub horizontal, con un rumbo de 160 grados al norte y un buzamiento de 6 grados al norte. La estructura mide aproximadamente 520 metros de largo y 270 metros de ancho, con una altura media de 21 metros. Es menos frecuente que ocurran estructuras secantes a la estratificación, como las vetas y los cuerpos de brechas.

**Ilustración 2 Mapa Geológico de la mina Marcapunta.**



### 1.2.5. Geología Local

El distrito minero de Colquijirca está compuesto por conglomerados, facies continentales de brechas y carbonatos de la formación Calera del Eoceno superior, que suceden a las areniscas, filitas Excelsior y conglomerados rojos del grupo Mitú; y por último, las calizas marinas del grupo Pucará. Estas unidades son instrucciones por el complejo volcánico de Marcapunta del Mioceno medio. La estructura más relevante en la región es la Falla Longitudinal Mayor, que tiene una dirección de NS y una evolución polifásica. Esta ha regulado la sedimentación desde el Triásico, así como el establecimiento de las diatremas de Cerro de Pasco y Marcapunta junto a sus depósitos minerales relacionados.

Para este apartado, nos basaremos en las obras de Ángeles (1993, 1999).

### **Sedimentos pre Cenozoicos**

#### ***Grupo Excelsior***

“En 1924, Mc Laughlin nombró a la unidad que forma el basamento rocoso de la región como "Series de Excelsior". Surge alrededor de la ciudad de Cerro de Pasco y al noroeste de Colquijirca. Se compone de pizarras y filitas de tonalidades gris o gris verdoso y, en menor medida, capas delgadas de cuarcitas, algunas con laminación oblicua. Muestra una metamorfosis de grado bajo con sericita-clorita y vetillas de cuarzo en forma de segregación magmática. Su grosor es de más de 300 m.

En el Valle de Chaupihuaranga, en Huachar, a 6 kilómetros al suroeste de Ambo, hay un paquete que está discordante angularmente sobre sericitoesquistos precámbrios. Contiene graptolitos del Ordovícico, que Steinmann ya había descrito en 1929 (Dalmayrac, 1978).

#### ***Grupo Mitu***

Se apoya en el Grupo Excelsior con discordia angular. Son conglomerados, limos y areniscas de tonalidad roja. Se pueden distinguir dos unidades en la zona de Colquijirca.

La unidad inferior, que es principalmente conglomerática y varía de gris oscuro a gris bronceado, presenta clastos subangulares o redondeados de cuarzo blanco y cuarcita, de hasta 20 cm de diámetro y con poca selección. Se pueden ver algunos canales que probablemente son fluviales y se mezclan con sedimentos finos hacia la parte superior. Su potencia se calcula en 400 m. La unidad superior consiste en areniscas rojas con lentes de conglomerados subordinados fluviales,

y su transición desde la unidad infrayacente no está claramente definida. Se estima que su grosor es de 200 metros.

La edad del Grupo Mitú no se sabe exactamente. Boit (1962) halló en Carhuamayo y Colquijirca rodados de calizas que contenían fósiles del Carbonífero y Pérmico inferior. Esta unidad se habría sedimentado entre el Triásico Inferior y el Pérmico Superior (Megard, 1979).

En la región de Bohórquez se presenta como el centro del anticlinal que lleva su nombre. En Marcapunta, en un contexto de pliegues y altos estructurales, es el sustrato donde se sitúan los depósitos terciarios de la Formación Calera en discordancia erosional.

### ***Grupo Pucará***

El Grupo Pucará se manifiesta en gran medida en la región oriental y en la parte occidental. El estudio de facies revela importantes transformaciones entre estas dos áreas, situadas al este y al oeste de la falla longitudinal mayor y llamadas Pucará Oriental y Pucará Occidental respectivamente. El Pucará Occidental inicia con una brecha basal de tonalidad gris verdosa que incluye clastos de cuarzo y filita, los cuales se encuentran sobre las areniscas del Grupo Mitu. Luego, vienen las dolomitas con laminación fina. Estos presentan capas de cineritas, fósiles, figuras sedimentarias y seudomorfos de evaporitas o concreciones de sílex (chert).

Según Ángeles (1993), las facies indican un entorno de escasa energía en la región interna de una plataforma carbonatada. de 360 metros. sector de Bohórquez, que se encuentra en el límite sur del área de estudio, emerge con sutileza capas delgadas de dolomitas y brechas basales que pertenecen al Pucará Occidental, las cuales reposan sobre areniscas del Grupo Mitu de 360 metros.

yacimiento epitermal polimetálico de San Gregorio es hospedado por el Grupo Pucará Occidental.

El Pucará Oriental o Formación Chambará está conformado por más de 1,500 m de calizas con sílex y no tiene una base aflorante. Contiene también grandes cantidades estratiformes que se han recristalizado después; se trata de depósitos de plataforma carbonatada externa.

Boit (1940, en Boit, 1949) encontró *Entomonotis ochotica* (actualmente conocida como *Monotis subcircularis* (Villavicencio y Chalcaltana, 1991)) en los afloramientos de San Gregorio, que estaban completamente silicificados. *Myophorias* en la ladera oeste del cerro Puca Ingenio también fueron reportadas por el mismo autor (Boit, 1966).

Estos bivalvos señalan que la edad es de Noriano a Rhetiano (perteneciente al Triásico Superior). Además del braquíópodo *Spondylospira*, en el Pucará Oriental se ha identificado la misma fauna, y en la cercanía de Cerro de Pasco (Steinman, 1929; Haas, 1953) se recolectaron una gran cantidad de gasterópodos. No obstante. Además, Johnson et Alabama. (1955) informó la presencia de un *Arietites*, un ammonideo del Liásico, en la parte superior de las facies orientales de la zona de Atacocha (noreste de Cerro de Pasco). Es posible suponer que el Grupo Pucará tiene una edad entre el Triásico superior y el Liásico inferior.

En la plataforma carbonatada del Pucará se presentan variaciones en la distribución de facies y en las potencias. El Pucará Oriental es más hondo y tiene una subsistencia mucho mayor, mientras que el Pucará Occidental es un ambiente somero con poca subsistencia. Siguiendo lo establecido por el Principio de Anderson (1951), las orientaciones de los sistemas de fallas pueden darnos una

idea sobre la dirección en que se extienden. Esta La dirección de extensión parece ser NO-SE a NNO-SSE, o sea, un poco oblicua pero casi paralela a la Falla Longitudinal Mayor. De acuerdo a Ángeles (1993), esto sugiere que el funcionamiento es transcurrente y probablemente tiene un componente de extensión de la estructura mayor durante la sedimentación.

Podemos deducir que, en el área estudiada, la sedimentación del Grupo Pucará fue regulada por la Falla Longitudinal Mayor de tipo transtensivo durante el Triásico.

### **Sedimentos Cenozoicos**

En el área de estudio, o sea, en Colquijirca y sus alrededores, no se han encontrado unidades del Cretácico. La Formación Pocabamba y la Formación Calera constituyen el Terciario, que se encuentra en discordancia erosional con el Grupo Pucará o Mitú.

#### **Formación Pocabamba**

La Formación Pocabamba se encuentra dividida en dos partes: Cacuán y Shuco.

##### **a. Miembro Cacuán**

Se presenta solamente a través de una franja de norte a sur, que va desde el cerro Puca Ingenio hasta el cerro la Chipana. Se asientan en discordancia angular sobre el Pucará Occidental y, a nivel local, sobre el conglomerado Mitú. Forma secuencias de granocrecientes de 10 a 25 m que incluyen areniscas cuarzosas con laminación oblicua, limonitas rojas laminadas y niveles estrechos de conglomerados donde predominan los clastos de caliza, además de tosca estratificación fluvial (Foto 5) que tiene más de 100 m de espesor. La sedimentación revela un sistema que es mayormente aluvial,

fluvial torrencial y canalizado, posiblemente en la parte distal de los abanicos aluviales. En areniscas con laminación oblicua, son escasas las medidas de paleo corrientes que apuntan hacia el Oeste y el Suroeste.

El Miembro C bacuán, localizado entre el bloque de la falla San Juan Venenococha y la Falla Longitudinal Mayor, no se encuentra en el lado Este. Tal vez debido a la erosión que ocurrió antes o durante el depósito del Miembro Shuco (Jenks, 1951); o bien a la onlap proximal contra el paleorelieve

#### **b. Conglomerado Shuco**

El Miembro C bacuán, localizado entre el bloque de la falla San Juan Venenococha y la Falla Longitudinal Mayor, no se encuentra en el lado Este. Tal vez debido a la erosión que ocurrió antes o durante el depósito del Miembro Shuco (Jenks, 1951); o bien a la onlap proximal contra el paleorelieve. El depósito presenta una gran heterogeneidad, con bloques que pueden llegar hasta los 6 metros en ocasiones. (Al sureste de la laguna Quiulacocha). Proviene de un origen aluvial y sintectónico, y representa un prisma con un grosor mayor a 150 m que está adjunto a la Falla Longitudinal Mayor. Las facies Shuco no están limitadas solamente al bloque occidental de la Falla Longitudinal Mayor. Al este de esta falla, en la zona de la laguna Chaquicocha. Consulte la figura 4. Se observan brechas homométricas con clastos de la Formación Chambará que tienen un diámetro de unos pocos centímetros. Esta exposición podría ser parte del proceso de transición de una torrentera hacia la zona alta de un abanico aluvial.

Es probable que su depósito sea contemporáneo con el evento de formación eocena de la Cordillera Occidental, al pie de un sistema de fallas que delimitaban altos estructurales.

### **Formación Calera**

Se encuentran principalmente en la zona cercana a Colquijirca y a la laguna Cuchis Grande. Se distingue por la presencia mayoritaria de depósitos volcánicos, conglomerados, brechas sedimentarias, margas, calizas, dolomitas y pedernal con un espesor mínimo de 250 m; estos son lacustres.

Peck y Rever hallaron carofitas, probablemente *Actochara mitella*, en la Formación Calera; estas se asignaban al Cretácico superior - Cenozoico inferior sin mayor exactitud. Una edad radiométrica de K/Ar sobre biotita en una toba ácida de la sección inferior resultó entre 36 y 37 Ma. Divida esta Formación en tres miembros: Calera de la parte baja, media y alta. La Formación Calera es la roca huésped para el proceso de mineralización en Marcapunta y Colquijirca, incluyendo el flanco norte y una porción del flanco oeste.

## **1.3. Formulación del Problema**

### **1.3.1. Problema general**

¿Es posible efectuar el Sostenimiento de Chimeneas con el Sistema Spraycrete para Prevenir Accidentes en la Compañía Minera El Brocal?

### **1.3.2. Problemas específicos**

- a) ¿La ejecución del sostenimiento con el Sistema Spraycrete fortalecerá la estabilidad de las chimeneas en la Compañía Minera El Brocal?

- b) ¿La aplicación del sostenimiento con el Sistema Spraycrete mejorara los avances en la construcción de las chimeneas de la Compañía Minera El Brocal?

## **1.4. Formulación de Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo general**

Efectuar el Sostenimiento de Chimeneas con el Sistema Spraycrete para Prevenir Accidentes en la Compañía Minera El Brocal.

### **1.4.2. Objetivos específicos**

- a) Ejecutar el sostenimiento con el Sistema Spraycrete para fortalecer la estabilidad de las chimeneas en la Compañía Minera El Brocal.
- b) Aplicar el sostenimiento con el Sistema Spraycrete para mejorar los avances en la construcción de las chimeneas de la Compañía Minera El Brocal.

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

La compañía planea llevar a cabo mejoras importantes en los procesos relacionados con las operaciones de explotación por métodos subterráneos en la mina Coturcan. En estos procedimientos, tanto la geomecánica como el tipo de sostenimiento son muy relevantes porque aportan información valiosa al diseñador (planificador) para el "Diseño y Dimensionamiento de la Mina. En este marco, la compañía Minera ha encargado que se lleve a cabo el "Estudio Geomecánico de la Mina y se evalúe el uso del Sostenimiento con Shotcrete vía húmeda". El presente proyecto de investigación muestra los resultados, el desarrollo, las conclusiones y las sugerencias.

## **1.6. Limitaciones de la Investigación**

La principal limitación en la mina y para la realización del trabajo de investigación fueron los parámetros de eficiencia en la construcción de chimeneas, donde el fin principal es garantizar la seguridad y la eficacia en sostenimiento de chimeneas ya que estas son de mucha utilidad para la ventilación y el manejo de los servicios Auxiliares para las labores en desarrollo y explotación de la Mina El Brocal.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

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

##### **a) Antecedentes Nacionales.**

- (Torres L., 2015), de la Universidad Nacional San Agustín de Arequipa, desarrolla su tesis “Diseño y Aplicación de Shotcrete para optimizar el Sostenimiento en la Unidad Económica San Cristóbal - Minera Bateas”, prueba que el progreso de las tareas de exploración, desarrollo y preparación para la extracción de los cuerpos mineralizados en la Unidad Minera determinada la continuidad de la Unidad Económica San Cristóbal – Mina Bateas SAC Por esta razón, es crucial mejorar el sostenimiento. La importancia de utilizar hormigón proyectado como soporte definitivo en las operaciones, debido a la calidad de la roca, es otro aspecto que se debe considerar. Por eso la Minera Bateas tiene como objetivo mejorar los métodos de sostenimiento empleados en la mina. Para optimizar la Aplicación del shotcrete húmedo, se considerarán las

propiedades geomecánicas y geométricas, así como el sostenimiento, lo que condujo al diseño que se implementó en la mina.

- **(Camarena F. , 2018)**, de la Universidad Nacional del Centro del Perú, presenta su tesis “Optimización del sostenimiento con shotcrete vía húmeda con fines de minimizar costos y mejorar la producción de lanzado de la E.E. Robocon S.A.C. En la Mina San Cristóbal - Cía. Minera Volcán S.A.A.”; Muestra que la minería es indiscutiblemente una de las ocupaciones más peligrosas que el ser humano lleva a cabo. Las estadísticas muestran que la caída de roca es el motivo más común de los accidentes dentro de las minas. Por lo tanto, se utilizan los métodos de sostenimiento apropiados para cada tipo de terreno, basándose en la evaluación realizada por el área de geomecánica. Esto es necesario para prevenirla pérdida de cualquier recurso y permitir que el ciclo de minería siga funcionando con su rendimiento óptimo, garantizando así que la masa rocosa involucrada en las operaciones funcione correctamente. La geomecánica es muy importante en la industria minera hoy en día, especialmente para asegurar que la masa rocosa se mantenga estable. Esto se debe a las aberturas que existen en las minas debido a las operaciones mineras. El sostenimiento subterráneo mecanizado es un procedimiento de gran relevancia que posibilita, entre otras cosas: Para optimizar el rendimiento de todo el ciclo, es necesario determinar las dimensiones apropiadas de las actividades mineras, definir la dirección general del progreso minero en el cuerpo mineralizado y establecer el tipo de sostenimiento correcto para cada frente laboral. El trabajo se desarrolla en base a la reducción del elevado

costo operativo que surge al mantener el shotcrete subterráneo por vía húmeda, puesto que este problema se refleja en los altos porcentajes de efecto rebote obtenidos en cada proceso de lanzamiento de frente con el equipo Alpha 20, lo cual repercute en el precio por metro cúbico del shotcrete. Por eso se propuso establecer un sistema de control de calidad, que consiste en garantizar la confiabilidad de los procesos, técnicas, productos y servicios para optimizar el desempeño de todo el sistema de sostenimiento con hormigón proyectado. Se llevaron a cabo conversaciones de sensibilización acerca de los métodos, técnicas, procedimientos y pruebas experimentales en campo (operaciones de lanzamiento) para conocer con precisión las fluctuaciones y desviaciones en el porcentaje del efecto rebote que ocurre durante el lanzamiento con los equipos Robot Alpha 20, que son seis. Conforme a los resultados de la prueba, los equipos que utilizan una técnica de lanzamiento inadecuada y aquellos que funcionan con lanzamiento parámetros y aquellos que funcionan con parámetros de caudal y presión del aire más bajos que el resto mostraron una mayor fluctuación en el rebote. Esto provocó un ligero cambio en el ciclo de sostenimiento, prolongándolo. Un problema esencial que se presenta en el trabajo es la dificultad de determinar con precisión la eficacia de la producción de cada lanzamiento de Shotcrete para cada zona dentro de la unidad operativa San Cristóbal. Sin embargo, utilizando este tipo de sostén con proyección robotizada de soporte rocoso por vía húmeda, es posible alcanzar una producción media entre 60 y 100 m<sup>3</sup> por un trabajador, con un rebote menor al 10%, durante un turno laboral de 12 horas. Por esta

razón, también se elaboran cuadros comparativos que toman en cuenta el desempeño de cada operador en términos de la producción del transporte de concreto, aplicación de Shotcrete e instalación de calibradores. Estos datos son recabados entre enero y septiembre del 2015, y se basan en el empleo adecuado de las técnicas para proyectar Shotcrete, lo que permite optimizar la bombe habilidad con maquinaria robotizada y obtener una mejor adherencia entre el concreto y la roca en cada área laboral. Las simulaciones de lanzado de Shotcrete en tres frentes de explotación de la mina San Cristóbal se expandieron gracias a los procesos investigativos llevados a cabo en el terreno, tales como: Zona Alta, Zona Baja y Zona Lidia, que son las áreas donde se distribuyen los diferentes equipos lanzadores Alpha 20 junto con sus Mixers correspondientes por zonas y niveles de operación. En este lugar, se van a analizar e interpretar los resultados alcanzados, que se fundamentan en la productividad total registrada en (m<sup>3</sup>) por cada lanzamiento frontal. De esta manera, se implementa la simulación planteada con un diseño óptimo para la dosificación de Shotcrete

**b) Antecedentes Internacionales**

- (Gonzales L., 2009), de la Universidad Javeriana Bogotá, Colombia, presenta tesis de investigación “Diseño del Sistema de sostenimiento mecanizado para la Empresa Wilcos Minera S.A”. La investigación se fundamenta en la creación de un sistema de sostenimiento mecanizado para la compañía WILCOS Minera SA, que emplea métodos estandarizados con el objetivo de reducir los peligros a los que están expuestos los empleados diariamente, mejorar su calidad de vida e

incrementar la productividad empresarial. Se elaboró un mapa de procesos inicialmente para comprender la dirección estratégica de la compañía y armonizar el trabajo con sus metas. Posteriormente se realizó el diagnóstico de la situación actual de la empresa frente a los requisitos exigidos por las normas de seguridad, y otro diagnóstico para saber el cumplimiento de las normas legales colombianas vivientes. Se elaboró el Análisis de vulnerabilidad, se llevó a cabo un panorama de riesgos y se desarrolló un plan para implementar el sistema con el fin de que la compañía lo use; Además, se definieron las estrategias preventivas y correctivas para adecuar la situación de la empresa a los requerimientos establecidos por la legislación colombiana en vigor. Para determinar si la compañía puede implementar el sistema, finalmente se llevó a cabo el análisis financiero.

- **(Salgado R., 2014)**, Universidad Austral, Valdivia- Chile, desarrolla la tesis “Sistema de Sostenimiento para la Construcción de Obras Civiles, Aplicado a la Construcción de túneles”. Esta Tesis exponen un modelo de Sistema de Sostenimiento para la construcción de obras civiles, en particular para la construcción de túneles. Se incluye un manual que describe todos los procedimientos documentados implementados para el Sistema Sostenimiento y cómo interactúan los procesos. Se hace referencia a los puntos normativos y al sistema de sostenimiento. El Plan Integrado, el cual está enfocado en la construcción de túneles, se describe aquí. Este Plan permite identificar los procesos del sistema, los recursos y controles que se aplican a las distintas partidas de la obra, así como los procedimientos constructivos que derivan de el.

## 2.2. Bases teóricas - científicas

### 2.2.1. Shotcrete vía Húmeda

#### *¿Qué significa shotcrete?*

La gunita o shotcrete (mortero) se empezó a emplear hace alrededor de 90 años. Cement-Gun fue la primera empresa en trabajar con shotcrete, y lo hizo en 1907 en Allentown, Pensilvania, Estados Unidos. Carl Ethan Akeley, un trabajador de la compañía, requería una máquina que le posibilitara proyectar sustancias sobre mallas con el objetivo de modelar dinosaurios. Por eso, desarrolló el primer aparato diseñado para proyectar materiales secos en obras nuevas.

El término "gunita" sigue siendo empleado en la actualidad. En algunas clasificaciones, es lo mismo que el mortero proyectado; Sin embargo, los límites de tamaño del grano cambian (la definición del límite para el máximo agregado es de 4, 5 o incluso hasta 8 mm, dependiendo del país). máximo es de 4, 5 o incluso hasta 8 mm, dependiendo del país).

Con el fin de evitar la confusión entre mortero proyectado y shotcrete, en este libro nos referiremos a la mezcla proyectada de cemento y agregados como "shotcrete" (o gunita).

En la actualidad, hay dos métodos para aplicar el shotcrete: el método de vía húmeda y el de vía seca. Las primeras aplicaciones del hormigón proyectado se implementaron a través de la vía seca. Este procedimiento consiste en insertar una mezcla de arena y cemento en una máquina, que luego es trasladada por tubos utilizando aire comprimido. La boquilla es el lugar donde se añade el agua requerida para la hidratación.

Después de la Segunda Guerra Mundial fue cuando se empezó a utilizar el método por vía húmeda. Las mezclas se preparan con toda el agua necesaria para la hidratación, al igual que en el concreto común, y se bombean por medio de mangueras utilizando equipos especializados. El material se proyecta por medio de la boquilla, a la que se le aplica aire comprimido. Algunos individuos sostienen que el shotcrete es un concreto especial; Sin embargo, en realidad, no es más que otro método de aplicar el concreto. El shotcrete, al igual que los métodos convencionales de colocación, necesita ciertas propiedades específicas del concreto durante la colocación y también necesita cumplir con todas las exigencias tecnológicas estándar del concreto: cantidad de cemento, relación entre agua y cementante, consistencia adecuada y postratamiento. En todo el mundo, existen muchas obras de shotcrete de mala calidad porque las personas olvidan que el shotcrete es simplemente otra forma de colocarlo y que es esencial satisfacer todas las especificaciones tecnológicas del concreto. Se ha mejorado de forma notable el equipo para implementar los dos procedimientos (vía seca y vía húmeda). avances más recientes de la tecnología serán descritos en un capítulo aparte.

### ***Método por vía húmeda***

Como se indicó previamente, este procedimiento es el único que se emplea en Italia, Escandinavia y en una gran cantidad de proyectos relevantes subterráneos a nivel global, proyectos subterráneos a nivel global. Durante los últimos 15 a 20 años, el empleo de shotcrete para soportar rocas ha crecido exponencialmente, lo que ha propiciado un desarrollo significativo del mismo.

En Escandinavia, entre 1971 y 1980, el método por vía húmeda experimentó un asombroso crecimiento, lo que llevó a una completa

transformación de su mercado de shotcrete: se pasó del 100% de vía seca al 100% de vía húmeda, y la aplicación se volvió robótica en lugar de manual. Este cambio drástico sucedió únicamente en Noruega. Desde Alrededor de 1976-1978, el hormigón proyectado producido por vía húmeda ha ido incorporando progresivamente más fibra metálica y humo de sílice. Indudablemente, los noruegues son los que están por delante en la tecnología del hormigón proyectado fabricado por vía húmeda, tanto en términos teóricos como prácticos.

El escaso conocimiento del método y los equipos inadecuados que se emplean han llevado a la producción de un concreto de mala calidad, lo que ha contribuido a la mala reputación de la técnica de proyección por vía húmeda. Se empleaban cantidades muy elevadas de agua, hasta una relación de 1:1 con el cemento, para que la mezcla pudiera atravesar el equipo.

La tecnología de la industria del concreto actual permite, en la actualidad, producir hormigón proyectado por vía húmeda con una resistencia a la compresión superior a 60 MPa a los 28 días. La tecnología, además, se emplea hoy en día para construir nuevos edificios (en lugar del método de colocación original) y reparar plataformas petroleras situadas en el Mar del Norte. Esto es una clara evidencia de la elevada calidad del método, considerando los rigurosos requisitos que tienen que satisfacer los materiales y métodos empleados en la construcción submarina.

### ***Revolución del Shotcrete***

La solución de shotcrete se basa en sostener las paredes del macizo rocoso de la chimenea para dar mayor durabilidad y tener una vida útil de al menos 50 años.

La compañía peruana Tumi, que opera a nivel mundial y se enfoca en la perforación de chimeneas dentro de las industrias hidroeléctrica, minera y de ingeniería civil, ha propuesto su solución de shotcrete para incrementar la durabilidad y la vida útil de las chimeneas en las unidades mineras subterráneas.

La solución de shotcrete se basa en sostener las paredes del macizo rocoso de la chimenea para dar mayor durabilidad y tener una vida útil de al menos 50 años, aunque lo ideal es que se extienda el mayor tiempo posible.

Las técnicas que se utilizan para la aplicación del shotcrete incluyen un cabezal robotizado incorporado con un sistema de cámaras y escáner que visualiza la identificación y fallas del macizo rocoso. Con la ayuda del escáner y el software, se puede tener un sólido para la revisión de toda la chimenea y ahí, poder determinar los tipos de espesores de shotcrete.

El concreto lanzado (shotcrete) se emplea en todas las unidades mineras subterráneas donde se encuentre baja resistencia y calidad del macizo rocoso, evaluado por el departamento de geomecánica.

### 2.3. Definición de términos básicos

- **Apertura:** Es el espacio entre las paredes de roca de una discontinuidad, o lo abierto que está esta última. A menor apertura, las condiciones de la masa rocosa mejorarán; en cambio, a mayor apertura, las condiciones serán menos favorables.
- **Árido:** La grava es un árido formado por pequeños fragmentos de roca.
- **Bomba TK20:** Es un sistema de bombeo de alta presión sólido para el transporte de hormigón pre mezclado vía húmeda.
- **Buzamiento (DIP):** Se refiere al ángulo entre la veta, el manto o el estrato y la horizontal, que se calcula en un plano vertical.

- **Caballo:** Se trata de la región estéril de gran tamaño que se encuentra dentro de la veta, normalmente compuesta por el mismo material que las rocas encajonantes.
- **Caja Piso:** Es la roca que está por debajo del filón
- **Caja Techo:** Es la roca que se encuentra en la parte superior de un filón inclinado
- **Contactos litológicos:** Que normalmente constituyen, por ejemplo, la caja de piso y la caja del techo de una veta
- **Criadero, Yacimiento o Depósito Mineral:** Porción o segmento de la corteza terrestre donde se generan o han sido generadas, debido a procesos geológicos, sustancias minerales que pueden ser aprovechadas con beneficio económico utilizando los recursos técnicos disponibles
- **Cuerpo (ORE BODY):** Se trata de depósitos de minerales, voluminosos e irregulares, sin una forma o tamaño determinado
- **Depósitos primarios y secundarios.** Los primeros son los que están asociados al proceso de formación original de las rocas. Los segundos se forman por alteración de los primeros y en general suelen dar lugar a la formación de nuevos minerales.
- **Desmonte:** Es cualquier material estéril que no tenga valor económico
- **Diaclasas:** También se les conocen como juntas; son fracturas que no han sufrido desplazamiento y son las que aparecen normalmente en la masa rocosa
- **Diseminaciones.** Se trata de depósitos mineralizados en los que los granos minerales están esparcidos dentro de la masa rocosa

- **Espaciado:** Es la distancia perpendicular entre discontinuidades contiguas. Este establece el volumen de los bloques de roca sin alterar. Los bloques serán más pequeños si están menos espaciados y más grandes si están más espaciados
- **Estratificación:** Es una superficie distintiva de rocas sedimentarias que dividen estratos con la misma o distinta litología. Estas rocas pueden aparecer también en aquellas que se han formado a partir de la transformación de rocas sedimentarias
- **Explotación.** Es un proceso de extracción con el objetivo de obtener mineral económico, empleando distintos procedimientos de explotación para luego ser tratado en la planta concentradora
- **Fallas:** Son fracturas que han sufrido desplazamiento. Estas son fracturas de menor importancia que se encuentran en zonas locales de la mina o en estructuras muy relevantes que pueden extenderse a lo largo de toda la mina
- **Fibra Polimérica:** Es un polímero de material resistente que se utiliza en el soporte con shotcrete
- **Ganga.** Zona del mineral que no tiene valor, pero está vinculado a la sección con buena ley. Este El concepto es relativo, ya que cambia dependiendo de la cotización, el tiempo y la ley del mineral
- **Granulometría:** Es la distribución por tamaños de las partículas de un árido.
- **Hilos.** Vetillas de mineral muy finitas que se entrelazar
- **Investigaciones Geotécnicas.** - Se trata de un programa de Investigaciones geotécnicas que utilizan perforaciones diamantinas para adquirir parámetros y propiedades hidrogeológicas de los materiales localizados en el área estudiada

- **Lentes.** Es el depósito que tiene una forma lenticular y cuya potencia se reduce hacia su alrededor. Los lentes tienen una longitud de decenas de metros
- **Mantos.** Se presenta un cuerpo mineralizado de forma tabular, que suele estar en una posición horizontal o ligeramente inclinado (menos de 30°), y con una potencia relativamente alta
- **Masa Rocosa:** Es el ambiente, *in situ* que incluye diversas clases de discontinuidades, como las diaclasas, los estratos, las fallas y otros atributos estructurales
- **Matriz rocosa.** - Muestra de mano o mayor que consiste en material rocoso sin discontinuidades, o bloques de roca completa entre estas. Aunque se considera continua, es anisótropa y heterogénea; está relacionado con la fábrica, la textura y la estructura mineral.
- **Mena.** La parte más valiosa de un mineral, que posibilita la extracción de uno o varios metales a bajo costo.
- **Mineral.** Materia inorgánica natural que forma parte de la corteza terrestre, tiene un valor económico y está compuesta por dos elementos: La ganga y la mena. Además, es una materia inorgánica.
- **Minería.** Sector de la industria encargada de encontrar, extraer, tratar y comercializar las rocas y minerales que tienen un rendimiento económico.
- **Orientación:** Es la ubicación de la discontinuidad en el espacio, que se describe mediante su rumbo y buzamiento. Cuando un conjunto de discontinuidades se manifiestan con una orientación parecida, se dice que constituyen un "sistema" o una "familia" de discontinuidades.

- **Perfil geotectónico:** El conjunto de actividades que incluye la investigación del subsuelo, así como el análisis y las recomendaciones para proyectar y edificar en él.
- **Perfil litológico:** Se Trata del segmento de la geología que analiza cómo están formadas las rocas y cuál es su composición, como la estructura metamórfica, el tamaño de grano y las propiedades físicas y químicas. También incluye su estructura, su textura, el transporte que utiliza, la disposición de los minerales y el material cementante.
- **Perforación:** es el primer paso en la preparación de una voladura. Su Finalidad es crear en las cavidades cilíndricas llamadas taladros, que se utilizan para contener el explosivo y sus componentes iniciadores.
- **Persistencia:** Es la amplitud o tamaño de una discontinuidad. La estabilidad de la masa rocosa es inversamente proporcional a su persistencia; es decir, la menor persistencia significa mayor estabilidad.
- **Pliegues:** Son estructuras en las que los estratos aparecen curvados, y son intrusiones tabulares de roca ígnea que suelen ser verticales o escarpadas.
- **Potencia.** El grosor del ancho de un yacimiento mineralizado se mide en dirección perpendicular a las cajas.
- **Productividad.** - Es la relación entre la cantidad de bienes y servicios que se producen y la cantidad de recursos empleados.
- **Relleno:** Son aquellos materiales que se encuentran dentro de la discontinuidad. La masa rocosa es menos competente cuando los materiales son suaves y más competente cuando son más duros.

- **Roca intacta:** Es el bloque situado entre las discontinuidades y podría ser representado por una muestra de mano o un fragmento de testigo que se emplea para ensayos en laboratorio.
- **Roca meteorizada:** Cuando los minerales y las rocas se ponen en contacto con la atmósfera, la biosfera y la hidrosfera, se descomponen. Esto sucede sobre o cerca de la superficie terrestre.
- **Rugosidad:** Se refiere a la rugosidad o falta de uniformidad de la superficie de la discontinuidad. A medida que disminuye la rugosidad de una discontinuidad, la masa rocosa es menos competente; por el contrario, cuando la rugosidad aumenta, la competencia de la masa rocosa crece.
- **Rumbo (STRIKE):** Se refiere a la dirección de la veta, capa o manto inclinado en comparación con el norte magnético; se mide en un plano horizontal.
- **Spraycrete:** Sistema automatizado para la sustentación de chimeneas con concreto proyectado (Shotcrete).
- **Veta o Filón:** Son diminutas hendiduras de la corteza terrestre que están colmadas con minerales, las cuales normalmente tienen una inclinación superior a  $30^{\circ}$  y un desarrollo uniforme en ancho, profundidad y longitud
- **Yacimiento de Mineral.** Formado por uno o más minerales que incluyen materiales metálicos útiles, sin importar su tamaño o la configuración de la totalidad.
- **Zonas de corte:** Son bandas de material que pueden tener varios metros de ancho, en las que se ha producido un fallo de la roca.

- **Zonificación geomecánica.** - Procedimiento de demarcación de áreas en las que la masa rocosa presenta condiciones geomecánicas similares y, por ende, también un comportamiento parecido.

## 2.4. Formulación de hipótesis

### 2.4.1. Hipótesis general

Con el Sostenimiento de Chimeneas con el Sistema Spraycrete se tendrá la Prevención de Accidentes en la Compañía Minera El Brocal.

### 2.4.2. Hipótesis específicos

- a) El sostenimiento con el Sistema Spraycrete fortalecerá la estabilidad de las chimeneas en la Compañía Minera El Brocal.
- b) El sostenimiento con el Sistema Spraycrete mejorara los avances en la construcción de las chimeneas de la Compañía Minera El Brocal.

## 2.5. Identificación de las Variables

### 2.5.1. Variable independiente:

X: Sostenimiento de Chimeneas en la Compañía Minera El Brocal.

### 2.5.2. Variable Dependiente:

Y: Sistema Spraycrete para Prevenir Accidentes en la Compañía Minera El Brocal.

## 2.6. Definición Operacional de Variables e Indicadores

**Tabla 1. Operacionalización de Variables**

TIPO DE VARIABLE	NOMBRE DE LA VARIABLE	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
VARIABLE INDEPENDIENTE	X: Sostenimiento de Chimeneas en la Compañía Minera El Brocal.	<p>Resulta crítico seleccionar soportes apropiados y diseñar adecuadamente el sistema de sostenimiento de chimeneas para prevenir los derrumbes y los accidentes relacionados.</p> <p>Los problemas de la chimenea pueden variar desde un inconveniente menor hasta un gasto importante, o incluso un problema de salud grave. Una chimenea es generalmente una estructura vertical que se usa para conducir gases, al ambiente exterior o inyectar aire limpio para las labores.</p>	Caracterización Geomecánica. Sostenimiento	<p>Tipo de roca</p> <p>Tiempo de Auto Soporte</p> <p>Parametros Geotécnicos</p> <p>Zonificación</p>
VARIABLE DEPENDIENTE	Y: Sistema Spraycrete para Prevenir Accidentes en la Compañía Minera El Brocal.	Método de investigación es científica, tipo aplicada, nivel de investigación descriptivo y aplicativo, diseño de la investigación es casual, el sostenimiento shotcrete con equipos Spraycrete. Concluimos nuestro estudio con el diseño de mezcla para el proyectado de shotcrete vía húmeda. Para el sostenimiento de chimeneas con shotcrete. Se consiguió normativizar las técnicas del lanzado de concreto que sostiene las construcciones de chimeneas, lo cual redujo considerablemente el riesgo de caída de roca en las operaciones.	Compañía Minera El Brocal	<p>Spraycrete.</p> <p>Estabilidad</p> <p>Resistencia</p>

*Fuente: Elaboración Propia.*

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. Tipo de investigación**

- Se establece que la investigación es de tipo cuantitativo, al tener en cuenta su aplicación en el procedimiento de sostenimiento con el Sistema Spraycrete.
- Aplicada: En el proceso de aplicación del Sistema Spraycrete en la Mina El Brocal, teniendo como objetivo fundamental el sostenimiento de chimeneas.
- Experimental: Por el análisis realizado a los resultados del proceso de sostenimiento con el Sistema Spraycrete en las chimeneas.
- Documental: En base a los procesos de detalles para llegar a un buen resultado, ajustando detalles en la información para lograr un buen fin del proceso de sostenimiento de chimeneas de la Compañía Minera El Brocal.
- De campo y de laboratorio: De los resultados obtenidos en la mina y los análisis realizados para la efectividad de la investigación.

#### **3.2. Nivel de investigación**

El nivel de investigación es aplicada

### **3.3. Métodos de la investigación**

El procedimiento que se utilizó para llevar a cabo la investigación actual es el siguiente:

**Método deductivo:** Examen de los datos generales para obtener una conclusión concluyente.

**Método inductivo:** Llegar a la conclusión general a partir de los antecedentes de la empresa Minera El Brocal y los datos recabados, apoyándose en el trabajo de campo.

### **3.4. Diseño de la investigación**

El diseño corresponde a la investigación cuantitativa, descriptiva y correlacional, como lo detalla el sostenimiento de chimeneas con un nuevo sistema para prevenir accidentes en estas labores tan importantes de la mina con un diseño adecuado y garantizado de acuerdo a la investigación efectuada con respecto al sostenimiento con el Sistema Spraycrete en la mina El Brocal.

### **3.5. Población y muestras**

#### **3.5.1. Población**

En conjunto las chimeneas fueron un gran resultado cumpliendo como la población del trabajo realizado por que cada una presenta detalles a tomar en consideración para su respectivo análisis y aplicación del Sistema de sostenimiento adoptado para la prevención de accidentes.

#### **3.5.2. Muestra**

Cada chimenea en si representa una muestra de acuerdo al Tipo de Roca y las características de su construcción, determinante para la aplicación del Sistema Spraycrete.

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

#### **3.6.1. Técnicas**

##### **Descripción de las técnicas empleadas**

Para sustentar el presente trabajo utilizaremos la técnica:

- Recopilación y análisis de data

Se recolecta la información histórica del sostenimiento aplicado a las chimeneas para obtener detalles de soporte y control de los tiempos de soporte del sostenimiento aplicado.

- Observación directa y toma de datos

Se llevan a cabo observaciones directas de todo el procedimiento de soporte en las chimeneas de la mina, confirmando los resultados con la evaluación geomecánica del macizo rocoso.

- Búsqueda de información bibliográfica

Se llevó a cabo un análisis de los datos suministrados por El Brocal, además de las referencias de otras mineras que están aplicando el Sistema Spraycrete.

#### **3.6.2. Instrumentos de recolección de datos**

##### **Materiales**

- Planos topográficos.
- Mapeos geomecánicos Efectuados.
- Informes geomecánicos.
- Reporte de procesos de sostenimientos realizados.
- Sostenimientos realizados con anterioridad (Documentación).
- Informe de Sostenimientos y detalles geomecánicos.
- Picota, brújula, flexómetro, mapeador.

- Equipos Topográficos
- Libreta de campo

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

La mina llevó a cabo el proceso de datos, especificando la clase de roca y la zonificación pertinente en función de las chimeneas existentes en toda la Mina, de acuerdo a la información obtenida y las consideraciones determinadas con respecto a los resultados de la Evaluación geomecánica, para validar el sostenimiento en las chimeneas con el Sistema Spraycrete.

Es importante precisar que el Modelo Geomecánico, considerado para el análisis de la estabilidad varía según la zona de ubicación de la chimenea, en este contexto se empleó el modelamiento numérico solo en las zonas representativas.

### **3.8. Tratamiento estadístico**

Las unidades experimentales y que son objeto de comparación son los sostenimientos realizados con anterioridad en las chimeneas, que sirven como referencia en cada zona. Lo cual permite obtener datos estadísticos en el proceso efectuado para el sostenimiento de las chimeneas obteniendo modelo estadístico del proceso efectuado.

### **3.9. Orientación ética filosófica y epistémica**

El trabajo fue realizado teniendo en cuenta los valores y principios de la persona, manteniendo la ética profesional en cada ocasión permitida en la investigación. Ocasión para agradecer y reconocer las bondades de la Empresa Minera El Brocales, que nos fue brinda con cada detalle de aporte y apoyo para la conclusión del presente trabajo.

## **CAPITULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **4.1. Descripción del trabajo de campo**

##### **4.1.1. Desarrollo del Proyecto**

El proceso de sostenimiento con shotcrete con el sistema Spraycrete se utilizará las herramientas de calidad, con lo que se busca es obtener una respuesta de solución.

**Costo de la asignación de recursos:** El costo total del proyecto de sostenimiento con shotcrete asignados, incluyendo los costos directos y costos indirectos de los procesos relacionados.

**Productividad:** Es el resultado de rendimiento obtenido de la estabilidad del macizo rocoso de la chimenea, con equipo spraycrete a través del sostenimiento con shotcrete. por la cantidad de tiempo y recursos necesarios asignados para obtener los resultados de la estabilidad de la chimenea.

**Equipos:** Los equipos spraycrete asignados que se usan de manera efectiva para realizar el sostenimiento en chimenea con shotcrete de un proyecto

ejecutado con equipo Raise Boring son ejecutados acuerdo a los procedimiento y altos estándares.

#### **4.1.2. Robot Lanzador de Concreto Spraycrete**

El lanzador de concreto spraycrete de doble boquilla es un equipo de gran capacidad de lanzado, con sus dos boquillas con giro de 180° logra recubrir de manera homogénea a la chimenea de gran diámetro desde 2.5m hasta 12m, permitiéndole llegar a cubrir las zonas erosionadas sin ninguna complicación, logra sostener hasta 300m de longitud en sistema descendente y 100m ascendente.

#### **Características y beneficio.**

**Ilustración 3. Robot lanzador Spraycrete**



*Fuente: (Master Drilling 2023).*

El sostenimiento de chimeneas mediante el sistema de lanzado de doble boquilla spraycrete se da de manera circular y cada boquilla opuesta logra girar y proyectar el concreto a 180°, logrando una adherencia adecuada y homogénea a lo largo de la chimenea. Se ha comprobado que este sostenimiento incrementa

sustancialmente la vida útil de las chimeneas y eliminando los riesgos de exposición del personal al no ingresar a la chimenea.

**Tabla 2.** Dimensiones y características de Robot Lanzador

Dimensiones y Características	
Alto	Alto 1.40m aprox.
Ancho y largo (Sin estabilizadores) 1.5m	1.5m
Ancho y largo (Con estabilizadores)	2.5m a 12m
Peso	400 Kg
Tipo de rotación del sistema Hidráulico	Giro (cada boquilla) 180°
Consumo de aire	750 a 900cfm
Presión de trabajo	7 a 10bar
Sostenimiento Angulo de inclinación 90° a 85°	90° a 85°
Diámetro	2.5m a 12m
Longitud de sostenimiento descendente 300m max.	300m max.
Longitud de sostenimiento ascendente	100m max.
Diámetro de manguera de concreto	2"
Máxima presión de Trabajo 1450 PSI	1450 PSI

Fuente: (Master Drilling 2023)

#### 4.1.3. Bomba de Concreto TK 20

**Tabla 3. Características de la Bomba de Concreto**

<p>Bomba putzmeister modelo pc 20 t (tk 20) con accionamiento eléctrico, esta bomba tiene como principal ventaja que se ha eliminado el pistoneo de cambio, permitiendo realizar las labores de bombeo manual de forma suave sin perjudicar al operador.</p>	
<b>CAPACIDAD</b>	Hasta (0 - 17yd <sup>3</sup> ) 13 metros cúbicos por hora, dependiendo de la distancia y altura de bombeo, de la calidad de mezcla, condiciones de trabajo y diámetro de tubería usado.
Maximo tamaño de agregado:	(5 mm), tamiz N° 4
Presión sobre concreto:	144 bar (2083 PSI)
Cilindros para concreto:	4.5" de diámetro x 30" de carrera, revestidos con cromo duro.
Tubo de Salida:	Tipo S 4.5" – 4"
Tolva:	De 8 pies cúbicos de capacidad (227litros) y 48" (122 cm) altura de llenado, Concreto premezclado.
Motor:	Eléctrico 460 V 60 Hz TEFC de 50 hp. (37 kW).
Tanque hidráulico:	De 37 galones (140 litros) de capacidad con control termostático para Temperatura.
Montaje:	Sobre chasis tipo TRAILER (1 eje, 2 llantas).
Dimensiones:	3.70 m de largo total, 1.64 m de ancho y 1.60 de altura
Peso:	4800 libras (2177 Kg.).
Control de volumen:	Variable.
	Control remoto con cable de 100' de largo.
Opciones consideradas:	Bomba de agua para limpieza a alta presión Vibrador eléctrico para parrilla Bomba para aditivos DP 20 12 V

Fuente: (Master Drilling 2023).

**Ilustración 4. Bomba de Concreto TK20**



Fuente: (Putzmeister 2023).

#### **4.1.4. Compresor Portatil Modelo XATS 900 E**

##### **Características Generales**

El modelo XATS 900 E pertenece a una gama innovadora de compresores combinadola robustez tradicional del compresor portátil de diésel impulsado por un motor eléctrico WEG22 PREMIUM. El principio de compresión asegura un suministro confiable de aire sin pulsaciones.

El compresor está fabricado conforme las estrictas normas en Sistemas de Gestión Decalidad y Gestión Ambiental aplicado plenamente Atlas Copco en el diseño y fabricación de estas unidades para que cumblas los requisitos de la norma ISO 9001 e ISO 14001. La gama también ha sido probada / dado el certificado de prueba de acuerdo con la norma ISO1217.

Un modelo que se adapta a múltiples aplicaciones, desde aplicaciones de construcción para alimentar varias herramientas neumáticas, para perforación, cantera y minería operaciones, hasta proyectos de arenado, esta unidad de asegura una alta fiabilidad y rendimiento.

**Motor:** El compresor está accionado por un motor eléctrico de la marca WEG22 PREMIUM, La meta del nuevo motor eléctrico WEG es tener un rendimiento elevado con una eficiencia energética máxima. La nueva plataforma W22 se ha desarrollado con base en la alta eficiencia y el bajo costo de propiedad a lo largo de toda la vida útil del motor. Un Diseño que busca optimizar el ahorro de energía y la eficiencia.

**Elemento del compresor:** El blindaje de compresor contiene dos rotores en forma de tornillo, que están instalados sobre cojinetes de rodillos y bolas. El motor macho, activado por el motor, pone en funcionamiento el rotor hembra. El componente proporciona aire sin pulsaciones. Se emplea el aceite inyectado para sellar, refrigerar y lubricar.

**Carrocería:** La carrocería está equipada con puertas que se abren con bisagras y ranuras para la entrada y salida de aire de ventilación, que son útiles para realizar operaciones de mantenimiento o reparación. La carrocería tiene una cobertura parcial de material que aísla el sonido.

**Panel De Control:** Fácil de operar con alarmas de calentamiento, control de la capacidad electro neumático, Conectores de potencia para una rápida instalación einterruption principal con puertas individuales

**Ilustración 5. Compresor portátil**



Fuente: (Atlas Copco 2023).

**Tabla 4. Datos técnicos de compresor portátil**

<b>Rendimiento</b>			
Presión normal efectiva de trabajo	10.3	bar	150 psi
Presión máxima efectiva de trabajo	11	bar	160 psi
Presión mínima efectiva de trabajo	7	bar	101.5 psi
Aire libre suministrado conforme ISO 1217 Ed.3, 1996 anexo D	419 - 427	l/s	879 - <del>cfm</del> 906
Nivel de presión sonora (LP) conforme ISO 2151 @ 7 m			73 dB(A)

Fuente: (Atlas Copco 2023).

**Tabla 5.** *Datos técnicos de compresor portátil*

<b>Motor</b>	
Marca	WEG
Modelo	W22 Premium
Potencia	160 kW
Rotación nominal	1,165 rpm
Eficiencia	IE3

Fuente: (Atlas Copco 2023).

**Tabla 6.** *Datos técnicos de compresor portátil*

<b>Dimensiones y pesos</b>		
Largo	4,623 mm	182.01 pulg.
Ancho	2,070 mm	81.5 pulg.
Altura	2,321 mm	91.38 pulg.
Peso con líquidos (listo para operar)	3,511 kg	7,741 Lb

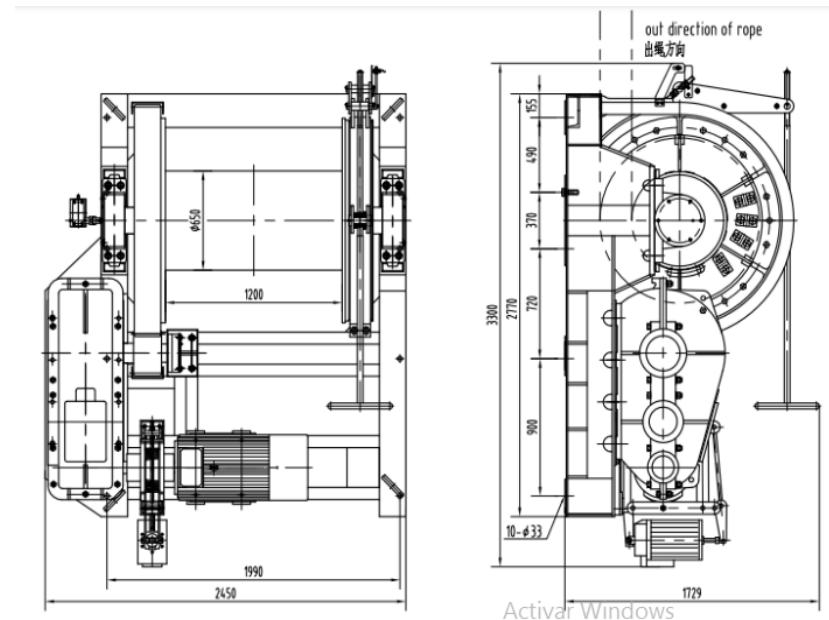
Fuente: (Atlas Copco 2023).

#### 4.1.5. Winche Eléctrico de Izaje

El winche de 15tn es un equipo diseñado para el izaje de cargas con una envergadura de cable de hasta 500m es capaz de movilizar cargas a grandes distancias, con la capacidad de ser controlada desde una estación de control desde donde se puede variar la velocidad y el sentido de giro del tambor de acuerdo a las necesidades de la operación.

**Características y beneficio.** El winche de 15tn es un equipo fácil de transportar y de instalar ya que cuenta con conectores rápidos que facilita esto.

**Ilustración 6. Winche Eléctrico**



Fuente: (Master Drilling 2023).

**Tabla 7. Datos técnicos de Winche Eléctrico**

<b>Dimensiones</b>	Alto 1.72m Ancho 2.5m Largo 3.4m Peso 4.5tn. aprox.
<b>Dimensiones del equipo.</b>	Tipo JM15 Motor 37Kw Voltaje 440v Capacidad 150 KN Diámetro del cable 36mm Longitud de cable 300m Variador de velocidad 0 a 12 m/min Ordenador de cable No Diámetro de cable acero 36mm
<b>Número de serie.</b>	Diámetro de chimenea de hasta 4.5m Longitud sostenida Centrifugo 300m Longitud sostenida D. Boquilla 250m
<b>Aplicaciones en shotcrete.</b>	

Fuente: (Master Drilling 2023).

#### 4.1.6. Granulometría de Agregado

Ilustración 7. *Granulometría de Agregado*

MUESTRA	AGREGADO PARA SHOTCRETE				FECHA DE MUESTREO	8 de Junio de 2023
CANTERA	CAMPOS				FECHA DE ENSAYO	8 de Junio de 2023
PLANTA	JRC				REALIZADO POR	
TIPO DE M						
<b>GRANULOMETRIA</b>				<b>CARACTERISTICAS FISICAS</b>		
MALLA	PESO REtenido en gramos	% REtenido	% REtenido ACUMUL.	% PASANTE ACUMUL.	<b>ACI 506</b>	<b>4.17</b>
					<b>Gradacion 2</b>	
3"					MODULO DE FINEZA	4.17
2 1/2"					TAMAÑO MÁXIMO	3/8"
2"		0.0	0.0	100.0	(A) peso de tara (g)	79.10
1 1/2"		0.0	0.0	100.0	(B) peso de muestra original humeda (g)	335.40
1"		0.0	0.0	100.0	(C) peso demuestra seca (g)	301.40
3/4"		0.0	0.0	100.0	% HUMEDA	11.28
1/2"		0.0	0.0	100.0	(B-C)* 100C /(C-A)	
3/8"	25.00	2.3	2.3	97.7	(D) peso de tara (g)	169.80
# 4	250.40	23.4	25.7	74.3	(E) peso de muestra seca + Tara (g)	618.60
# 8	226.40	21.1	46.9	53.1	(F) peso de muestra después de lavado + Tara	604.30
# 16	207.30	19.4	66.2	33.8	% PASANTE DE Malla 200	2.31
#30	184.20	17.2	83.4	16.6	(E-F) * 100 / (E-D)	
#50	120.00	11.2	94.6	5.4	8 - 20	
#100	39.60	3.7	98.3	1.7	2 - 10	
fondo	18.10	1.7	100.0	0.0	<b>OBSERVACIONES</b>	
					- Porcentaje de humedad % 11.3	
					- Malla % 2.31	
					<i>se observa la falta de % minimo de material fino</i>	
					<i>NO CUMPLE CON LA G2</i>	
					Norma ACI 506 - ASTM C33	
<b>TOTAL</b>	<b>1071.0</b>	<b>100.0</b>	<b>MODULO</b>	<b>FINEZA</b>	<b>4.17</b>	

TAMICES STANDARD ASTM

Fuente: (Brocal 2023).

#### 4.1.7. Diseño de Shotcrete

**Tabla 8. Diseño de Shotcrete**

Diseño de shotcrete		Humedad	11.4%
Cliente:	Master Drilling Perú S.A.C.	Absorción	2.8%
Proyecto:	Aplicación de shotcrete en chimenea de UM El Brocal		
f <sub>c</sub> :	310.00 kg/cm <sup>2</sup> a 28 días.		
Energía absorbida:	Mayor a 500 Joules		
Diseño de prueba N° 01 a probar en mina		a/c	0.44
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>P.E. (Kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Cantidad</b>
Cemento tipo I	Kg.	3,150.00	500.00
Arena gruesa de Vicco	Kg.	2,540.00	1,390.00
Aditivo hiperplastificante Macflu 110	Kg.	1,080.00	4.65
Aditivo acelerante HAA Macfree Plus	Kg.	1,430.00	34.30
Aditivo inhibidor de fragua SikaTard	Kg.	1,010.00	1.00
Fibras poliméricas Barchip R 50	Kg.	910.00	4.00
Agua	Lt.	1,000.00	220.00
Aire atrapado	%	1.00	0.04
		<b>2,153.95</b>	<b>1.000</b>

Fuente: (Master Drilling 2023)

#### Aditivo Hiperplastificante MACFLU 110

MACFLU 110 Es un hiperplastificante potente para morteros y concretos, que se clasifica como parte de una nueva generación de aditivos que utilizan la tecnología de polímeros (éteres policarboxílicos). Está Formulado específicamente para la fabricación de concreto que necesita un rápido desarrollo de la resistencia inicial, una reducción significativa del agua y una trabajabilidad excepcional. Además, mantiene durante mucho tiempo la fluidez, presenta propiedades sobresalientes con los agregados finos y cuenta con una cohesión óptima y un comportamiento autocompactante elevado.

Se recomienda MACFLU 110 para los siguientes tipos de concreto:

- Concreto lanzado – shotcrete.
- Concreto autocompactante.

- Concreto para climas fríos y/o cálidos.
- Concreto de alta resistencia, etc.
- Excelente comportamiento con cementos adicionados.

### **Ventajas y Beneficios**

Con MACFLU 110 se obtienen las siguientes propiedades en el concreto al emplear como aditivo único:

- Debido a que disminuya el consumo de agua y mejore la cohesión, es apropiado para producir concreto autocompactante.
- Alta Impermeabilidad.
- Reducción extrema de agua (lo que conlleva una gran resistencia y densidad).
- Fluctuación excepcional (disminuye significativamente el esfuerzo de colocación y vibración).
- Optimiza la plasticidad y reducción de la contracción plástica.
- Mantiene la fluidez por mayor tiempo (a diferencia de los aditivos tradicionales) sin variar el fraguado.
- Fraguado del concreto, en menor tiempo que del aditivo estándar.
- Desencofrado de las estructuras en menor tiempo.
- Rheología controlada
- Reduce la carbonatación del concreto.
- Aumenta la durabilidad del concreto.
- Reduce la exudación y la segregación.
- Produce concretos cohesivos y sin segregación ni sangrado.
- Incrementa la vida de servicio de las estructuras.

## Recomendación

Al manipular cualquier producto químico, es importante no entrar en contacto directo con la piel, los ojos o las vías respiratorias. Utilice guantes de goma sintética o natural y gafas de seguridad para protegerse correctamente. Si entre en contacto con los ojos, llévelos a su médico y lávelos al instante con una gran cantidad de agua durante 15 minutos, manteniendo abiertos los párpados

**Tabla 9. Datos Técnicos de Aditivo MACFLU 110**

Estado Físico	Líquido
Color	Marrón oscuro
Densidad, 20°C	1.08 $\pm$ 0.02

Fuente: (Maccaferri 2023)

## Norma

Cumple con la especificación ASTM C 494

## Aplicación

Se recomienda dosificar al aditivo MACFLU 110 en un rango de:

- Para concretos plásticos: Del 0.8% al 1.2% del peso del contenido cementicio.
- Para concretos fluidos. Del 1.2% al 1.8% del peso del contenido cementicio.
- En todos los casos, se aconseja llevar a cabo ensayos preliminares para comprobar el fraguado y la resistencia que se emplearán en el proyecto.

Dado que la absorción de parte del aditivo con los agregados reduciría su rendimiento, no debe ser vertido en concreto seco y en agregados.

Para más información, contactarse con su representante técnico de MACCAFERRI.

## **Aditivo Acelerante HAA MACFREE PLUS**

HAA MACFREE PLUS Es un acelerador de fraguado líquido, sin álcalis, que se puede usar en el concreto lanzado (shotcrete) de ambas formas: húmedo y seco.

El objetivo es lograr cortos lapsos de tiempo para el fraguado inicial y una adherencia rápida a la superficie que se cubrirá, así como propiedades mecánicas altas.

Es un aditivo líquido cuya dosificación puede variar para obtener los tiempos de fraguado y resistencias iniciales deseados.

### **Ventajas y Beneficios**

Con HAA MACFREE PLUS, El fraguado rápido permite que la obra avance rápidamente y se formen revestimientos de capas más gruesas de hormigón proyectado en una misma secuencia.

Posibilita la creación de una resistencia inicial constante, al mismo tiempo que se logra una resistencia excepcional a largo plazo.

Menos pérdida de la resistencia final del shotcrete(normalmente con los acelerantes convencionales entre 20 y 50 %).

Minimizar el riesgo de la reacción de agregado-álcali a través de la supresión de los álcalis que provienen de los acelerantes habituales. Produce un entorno laboral saludable y mejora la visibilidad en el lanzamiento, ya que genera poca formación de polvo. No es agresivo, disminuye los costos de manejo y reduce el impacto sobre el medio ambiente.

Aumente la seguridad en el trabajo al prevenir lesiones como quemaduras cutáneas, problemas de visión y dificultades respiratorias.

**Tabla 10. Datos Técnicos de Aditivo macfree plus**

Estado Físico	Líquido
Color	Beige
Densidad, 20°C	1.43 $\pm$ 0.02
pH	2.5 – 3.2
Contenido de Cloruros	< 0.1%

*Fuente: (Maccaferri 2023)*

### **Norma**

Cumple con la especificación ASTM C 494 para aditivos acelerantes de Fraguado Tipo C.

### **Aplicación**

La temperatura del concreto y la del ambiente de trabajo determinan el rango de dosificación sugerida para el HAA MACFREE PLUS, es otro factor importante que influye en la dosificación.

- Dependiendo el tiempo requerido de fraguado y resistencia temprana.
- El consumo del aditivo HAA MACFREE PLUS tiende a variar: entre 4 – 9% con respecto al peso del material cementico dosificado.
- Una sobredosis de HAA MACFREE PLUS que supere el 12% puede ocasionar que la resistencia final del hormigón proyectado disminuya.
- Para todos los casos, se aconseja llevar a cabo ensayos preliminares que confirmen el fraguado y la resistencia inicial hasta las 24 horas del hormigón proyectado que se empleará en el proyecto.
- Es posible que se necesiten rangos de dosificación distintos a los sugeridos debido a los cambios en las condiciones del trabajo y de los materiales de concreto.
- En tales casos, contactarse con su representante técnico de MACCAFERRI.

## **Modo de Empleo**

- El acelerante líquido HAA MACFREE PLUS se dosifica en la boquilla.
- Para garantizar una dosificación precisa y constante, lo cual garantiza la calidad del concreto lanzado, sugerimos el uso de bombas de dosificación:
- Bombas peristálticas

## **Tipos de Cemento**

El cemento Pórtland Tipo I

Se empleará conforme a las normas nacionales ITINTEC (Instituto de Investigación Tecnológica Industrial y de Normas Técnicas) y también a las estadounidenses ASTM-C150 o ASTM-C595 (Sociedad Americana de Pruebas de Materiales).

## **El Agua**

El agua tiene que estar limpia y no debe contener cantidades dañinas de ácidos, álcalis, sales, materia orgánica, aceite ni otras sustancias que puedan resultar perjudiciales para el acero y el concreto.

El contratista, en cooperación con la supervisión, tomará muestras de agua que sean representantes. Estos se someterán a un análisis químico y no deben superar los límites máximos permitidos para las sustancias presentes.

## **Aditivo Inhibidor de Fragua SIKA TARD**

SikaTard®PE Es un aditivo creado para gestionar la hidratación del cemento. De esta manera, las mezclas de concreto tienen la capacidad de estabilizarse por mucho tiempo sin que su calidad se vea afectada.

### Ilustración 8. Aditivo Sika Tard



Fuente: (Sika Tard 2023).

- El aditivo SikaTard® PE permite obtener un concreto en el que la hidratación del cemento se regula a lo largo de un lapso de tiempo que varía según la cantidad de aditivo empleada. La mezcla de concreto fresco se mantiene estable durante el tiempo de retraso, conservando así su calidad y su capacidad de trabajo.
- SikaTard® PE, un aditivo, se emplea sobre todo en trabajos de otros subterráneos con concreto proyectado por vía húmeda para extender su tiempo de trabajabilidad.
- Es perfecto para concretos en épocas de calor.
- Para preservar el Slump y evitar la hidratación de la mezcla durante largas jornadas o tramos de colocación de concreto.

Tabla 11. Datos Técnicos de Aditivo Sika tard

INFORMACIÓN DEL PRODUCTO	
Cilindro	200 L
IBC	1000 L
Líquido	marrón claro a oscuro
Vida Útil	12 meses
Temperatura	1 y 35°C

Fuente: (Sika Tard 2023).

### **Fibras Poliméricas BarChip R50:**

Es una Fibra sintética estructural, ecológica y optimizada para una variedad de usos, que tiene un alto rendimiento y se utiliza para reforzar el concreto.

BarChip R50, fabricado con materiales reciclables, brinda una gran reducción de carbono para sus labores de hormigón sin que sea necesario renunciar a su eficiencia.

**Ilustración 9. Fibra Polimérica BarChip**



*Fuente: (BarChip Inc. 2023)*

### **Dosificación**

- Presenta un intervalo de dosificación habitual que varía entre 4 kg y 6 kg por metro cúbico. La dosis debe ser establecida de acuerdo a los requisitos de funcionamiento. Las Dosis típicas pueden disminuir la medición del asentamiento.
- Disminución de un 85 % en los niveles de emisión de carbono, en comparación con el acero.
- Más seguro y liviano de manejar que el acero.
- Disminución del desgaste en las mangueras y bombas para el hormigón.

- Disminución de la duración de los ciclos y de los cierres por mantenimiento.
- Para soportar la degradación por el sol, la fibra BarChip se estabiliza a los rayos UV.

**Tabla 11. Características del producto.**

Característica	BarChip R50	Estándar
Clase de Fibra II	Para uso estructural en hormigón, argamasa y lechada de cemento	EN 14889 - 2
Resistencia a la tensión	610 MPa	JIS L 1013/ISO 2062
Longitud	48 mm	
Anclaje	Relieve continuo	
Material de base	Polipropileno	
Resistencia alcalina	Excelente	
Certificado ISO 9001:2015		0044943

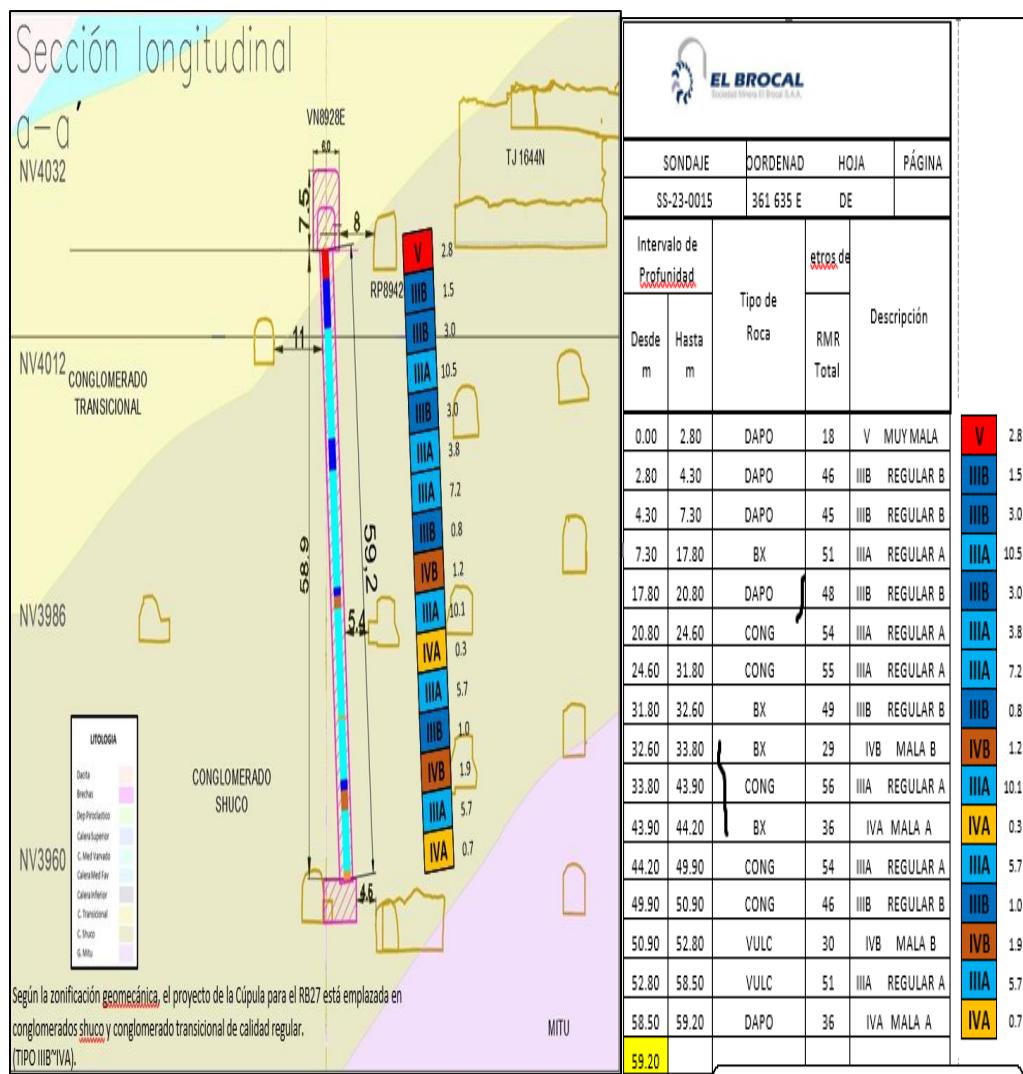
Fuente: (BarChip Inc. 2023).

## 4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

### 4.2.1. Análisis de Resultados

Con un buen diseño de mezcla de shotcrete y sostenimiento en chimeneas con el sistema spraycrete se logra prevenir accidentes de trabajo en la Mina El Brocal. Este ciclo de mejora continua actúa como un círculo sin término final que puede seguir repitiéndose para mantener el progreso y los cambios favorables.

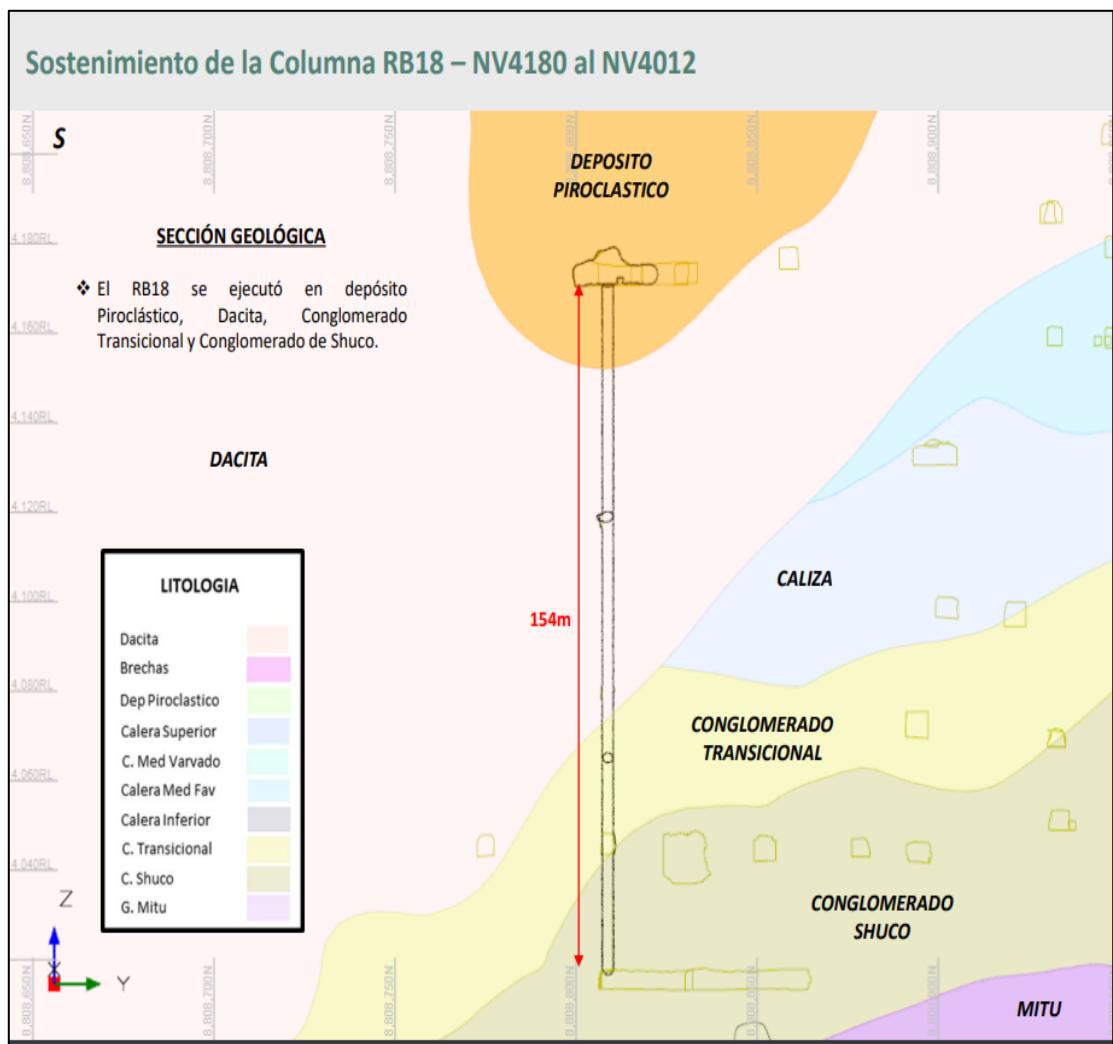
**Ilustración 10. Plano Geomecánico Longitudinal de la Chimenea**



Fuente: (Brocal 2023)

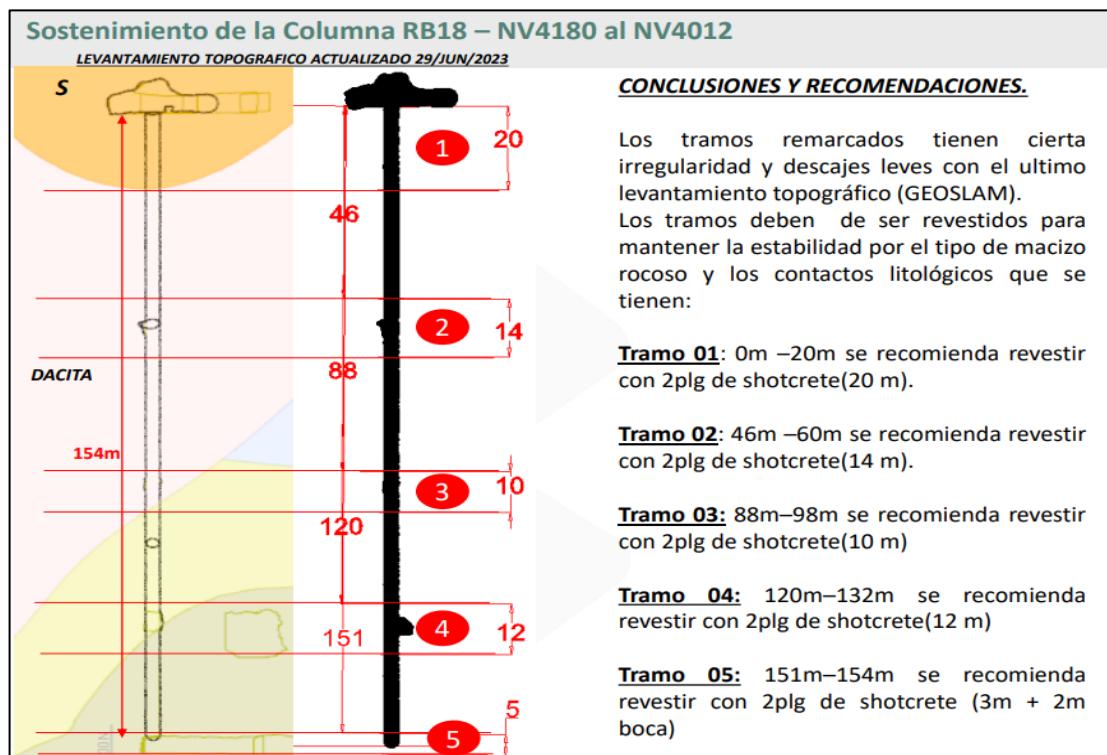
De acuerdo a las especificaciones geomecánicas nos permiten evaluar el comportamiento geomecánico del macizo rocoso de toda la longitud de la chimenea y estimar los parámetros geotécnicos, que nos permiten determinar el tipo de sostenimiento de toda la longitud de la chimenea.

**Ilustración 11. Plano Geológico de la chimenea**



De acuerdo a los análisis de las muestras que se realizó presenta depósito de piroclástico, Dacita conglomerado transicional y conglomerado de Shuco

**Ilustración 12. Conclusiones y recomendaciones por área geomecánica**



Fuente: (Brocal 2023).

Recomendaciones por el área geomecánica los tramos remarcados para el sostenimiento del macizo rocoso de la chimenea

**Tramo 01:** 0m – 20m se recomienda revestir con 2plg de shotcrete (20m) roca tipo IIIA

**Tramo 02:** 46m – 60m se recomienda revestir con 2plg de shotcrete (14m) roca tipo IIIA

**Tramo 03:** 88m – 98m se recomienda revestir con 2plg de shotcrete (10m) roca tipo IIIB

**Tramo 04:** 120m – 132m se recomienda revestir con 2plg de shotcrete (12m) roca tipo IIIB conglomerado Shuco

**Tramo 05:** 151m – 154m se recomienda revestir con 2plg de shotcrete (3m + 2m boca) roca tipo IIIB conglomerado Shuco

## Diseño de Mezcla de Shotcrete para el Sostenimiento de Chimeneas con el Sistema Spraycrete

**Tabla 12. Diseño de Mezcla de Shotcrete**

Diseño de shotcrete							
				Humedad		13.0%	
Cliente:	Master Drilling Perú S.A.C.		Absorción		2.8%		
Proyecto:	Aplicación de shotcrete en chimenea de UM El Brocal						
$f'_c$ :	310.00						
Energía absorbida:	Mayor a 500						
Diseño de prueba N° 01 a probar en mina		<b>m3</b>					
		1.0	2.0	3.0	4.0		
Descripción	Unidad	Cantidad	Cantidad	Cantidad	Cantidad		
Cemento tipo I	Kg.	500.00	1,000.00	1,500.00	2,000.00		
Arena gruesa de Vicco	Kg.	1,570.70	3,141.40	4,712.10	6,282.80		
Aditivo hiperplastificante Macflu 110	Kg.	4.65	9.30	13.95	18.60		
Aditivo acelerante HAA Macfree Plus	Kg.	34.30	68.60	102.90	137.20		
Aditivo inhibidor de fragua SikaTard	Kg.	1.00	2.00	3.00	4.00		
Fibras poliméricas Barchip R 50	Kg.	4.00	8.00	12.00	16.00		
Agua	Lt.	78.22	156.44	234.66	312.88		
Aire atrapado	%	0.04	0.04	0.04	0.04		

Fuente: (Yapo Choquehuanca 2023)

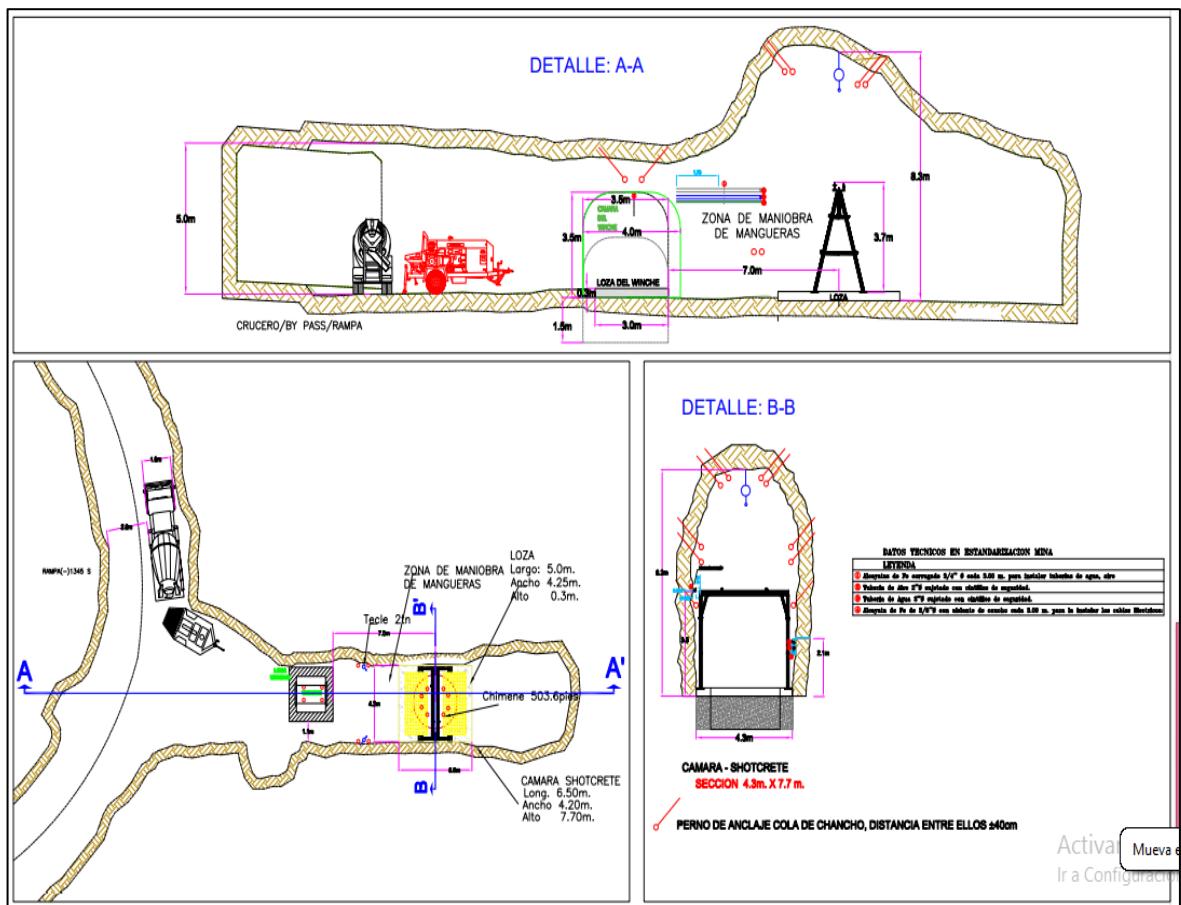
### 4.2.2. Eficiencia de Equipos

Con un buen control de equipos en funcionamiento del proceso de sostenimiento de shotcrete con el sistema spraycrete, se logra prevenir accidentes de trabajo en la Mina El Brocal.

Tomando en cuenta lo planteado inicialmente que los procesos tal como.

La implementación de nuestro sistema spraycrete para el sostenimiento con shotcrete en chimeneas. Condiciones del equipo, control de equipo con checklist diario y mantenimiento.

**Ilustración 13. Diseño de la Ubicación de Equipos de Shotcrete**



Fuente: (Of. Planeamiento).

Se realiza un diseño de la ubicación de los equipos y componentes para una distribución y accesibilidad para el personal.

Para un buen control de equipos tener en cuenta la operabilidad del equipo registrando en los formatos de checklist diario.

**Ilustración 14. Inspección de winche Eléctrico**



Fuente: (Propia)

Se realiza la inspección del equipo winche eléctrico mediante el formato checklist diario

**Ilustración 15. Inspección de Bomba de Concreto**



Fuente: (Propia).

Inspección de la bomba de concreto TK20 mediante el formato chec klis diario para tener un buen funcionamiento del equipo.

#### **4.3. Prueba de Hipótesis**

Siendo  $H_0$  verdadera, las hipótesis formuladas tienen la posibilidad de rechazar lo que se ha propuesto. Sin embargo, en ningún caso prueben que la hipótesis alternativa (es decir, que existe un efecto o una diferencia) sea cierta.

La variable independiente y la dependiente, las cuales se obtuvieron y a través de las cuales se acepta o se rechaza la hipótesis formulada en una investigación específica: Sostenimiento de Chimeneas con el Sistema Spraycrete para Prevenir Accidentes en la Compañía Minera El Brocal.

- **$H_0$ :** Sostenimiento de Chimeneas con el Sistema Spraycrete en la Compañía Minera El Brocal.
- **$H_1$ :** Prevenir Accidentes en la Compañía Minera El Brocal.

#### **4.4. Discusión de Resultados**

##### **4.4.1. Resultados del proceso desarrollado**

De acuerdo al desarrollo del diseño de mezcla del shotcrete para el sostenimiento de chimeneas con el sistema Spraycrete en la Mina El Brocal. Se logra mejorar el proceso de sostenimiento en las chimeneas.

**Tabla 13. Diseño Mejorado de Shotcrete**

Diseño de shotcrete 02		DISEÑO MEJORADO			
				Humedad	10.0%
Cliente:	Master Drilling Perú S.A.C.			Absorción	2.8%
Proyecto:	Aplicación de shotcrete en chimenea de UM El Brocal				
$f'_c$ :	310.00				
Energía absorbida:	Mayor a 500				
Diseño de prueba N° 01 a probar en mina		m3			
		1.0	2.0	3.0	4.0
Descripción	Unidad	Cantidad	Cantidad	Cantidad	Cantidad
Cemento tipo I	Kg.	500.00	1,000.00	1,500.00	2,000.00
Arena gruesa de Vicco	Kg.	1,529.00	3,058.00	4,587.00	6,116.00
Aditivo hiperplasticante Macflu 110	Kg.	4.65	9.30	13.95	18.60
Aditivo acelerante HAA Macfree Plus	Kg.	34.30	68.60	102.90	137.20
Aditivo inhibidor de fragua SikaTard	Kg.	1.00	2.00	3.00	4.00
Fibras poliméricas Barchip R 50	Kg.	4.00	8.00	12.00	16.00
Agua	Lt.	119.92	239.84	359.76	479.68
Aire atrapado	%	0.04	0.04	0.04	0.04

Fuente: (Propia).

**Ilustración 16. Medición de slump - shotcrete**



Fuente: (Propia).

El ensayo consiste en llenar un molde metálico el concreto preparado en planta para ver el asentamiento del shotcrete.

**Ilustración 17. Trasegado de concreto hacia la bomba TK20**



*Fuente: (Propia).*

Es la separación de material que no pertenece a la mezcla shotcrete preparada.

**Ilustración 18. Sistema de protección al personal (EPPs)**



*Fuente: (Propia).*

El personal utiliza todos los EPPs adecuados al sistema de trabajo en shotcrete.

#### 4.4.2. Resultados control de equipos

Con la integración del personal y con un buen control de equipos en el funcionamiento del proceso de sostenimiento con shotcrete con el sistema Spraycrete nos permite lograr prevenir accidentes de trabajo en la Mina El Brocal. Tomando en cuenta a las siguientes consideraciones.

- El personal no está expuesto a la caída súbita de material que se desprenda de la chimenea o el desprendimiento de una jaula al vacío.
- Personal no está expuesto en espacio confinado.
- Mayores rendimientos.
- Menor mano de obra.
- Automatización del proceso aportando nuevas tecnologías en la tarea.
- Entrega uniformidad de espesor a lo largo del túnel vertical.

**Ilustración 19.** *Chimenea para inicio de instalación de equipo*



*Fuente:(Propia).*

Antes de iniciar con los trabajos de instalación de los equipos la chimea debe tener una parrilla metálica de fierro corrugado con una compuerta al centro.

**Ilustración 20.** *Instalación de equipos en la cámara*



*Fuente: (Propia).*

En el proceso de instalación de los equipos spraycrete deben estar ubicados en lugares estratégicos para tener la accesibilidad al personal.

**Ilustración 21.** *Proceso de sostenimiento con shotcrete en chimenea*



En el proceso de sostenimiento con shotcrete en chimenea el personal está ubicado sobre una plataforma metálica utilizando el arnés de seguridad, línea de vida y son anclados en el equipo retráctil, así poder adicionar la línea de manguera dentro de la chimenea en el lanzado shotcrete.

**Ilustración 22. Filmación de chimenea sostenida**



*Fuente: (Propia).*

Después de culminar el sostenimiento con shotcrete en chimenea se realiza la filmación de toda la columna de la chimenea sostenida para verificar la uniformidad de shotcrete.

### **Zona Alta**

- Rampas, By pases y Accesos: 3.5 m x 3.5
- Galerías y subniveles: de 2.8 m x 2.8 m a 3.5 m x 3.5 m de acuerdo al ancho de estructura
- Chimeneas VCR: 2.0 m x 2.0 m
- Chimeneas RB: de 1.5 m o 3.0m de diámetro

## CONCLUSIONES

- La aplicación del sistema Spraycrete para el soporte de chimeneas contribuye principalmente a la estabilidad de la roca en la chimenea y a la rapidez de su funcionamiento. Además, es posible alcanzar distancias bastante largas, incluso hasta 300 metros, y con un control eficaz se pueden optimizar los tiempos operativos.
- El equipo Spraycrete es un método que proporciona una gran seguridad en comparación con otros métodos de soporte de chimeneas, pues es un proceso seguro y versátil.
- El equipo Spraycrete al momento de ejecutar el respectivo sostenimiento, este se torna más seguro debido a que existe plataformas seguras en la parte superior de la chimenea, donde el trabajador no está expuesto dentro de la chimenea o trabajos similares.
- En la realización del sostenimiento de chimeneas, el equipo Spraycrete, su eficiencia a permito la reducción de los costos considerables, ya que este sistema reduce los tiempos operativos y se tiene mayor avance por día; es decir el costo por metro lineal de avance es más rentable.
- Para el lanzamiento de shotcrete por vía húmeda, la baja humedad limpia y anguloso es la más adecuada, ya que cumple con todas las exigencias en términos de resistencia de muestras.
- Para el sostenimiento de chimeneas con shotcrete, se necesita baja humedad de la arena y en grandes cantidades de una cantera limpia, y arena angulosos; con estos elementos se consigue un sostenimiento efectivo.

## RECOMENDACIONES

- Realizar el sostenimiento con el equipo Spraycrete, manteniendo una revisión exhaustiva de los equipos, accesorios y distintos materiales, a fin de evitar tiempos muertos en las operaciones.
- Se recomienda que al equipo Spraycrete, se le realice el mantenimiento al periódico requerido, pero sobre todo se debe tomar atención en los equipos y accesorio de todo el sistema.
- Se recomienda que el personal que ejecuta los trabajos con el equipo Spraycrete, se le capacite constantemente a fin de evitar incidentes o accidentes.
- Para que el sostenimiento con shotcrete sea más eficiente y efectivo es necesario contar con un diseño de mezcla de acuerdo a los estándares establecidos para este sistema, para optimizar el rendimiento de equipos y del personal.
- Para alcanzar una alta efectividad y eficiencia, es necesario desarrollar las habilidades y competencias del operador. Asimismo, el equipo spraycrete debe estar en condiciones óptimas con una disponibilidad mecánica elevada, para lograr el lanzamiento de concreto de acuerdo a lo previsto.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Milton Abel, A. (2019) proyecto de investigación “eficiencia del equipo alimak sth-5e en los costos de construcción de chimeneas en la empresa minera sierra antapite s.a.c.”
- Campos Bravo, J. (2015) Planeamiento Estratégico para Sociedad Minera El Brocal S.A.A.
- César David, V. (2022) “implementación de un sistema de control de nivel en las pozas de agua reciclada para la planta concentradora de la sociedad minera el Brocal S.A.A.”
- Oswaldo Ortiz, S. (2016) Espaciamiento óptimo de niveles y chimeneas en la explotación minera subterránea
- Arca Cordero, P. (2012) análisis de esfuerzos de los pernos hydrabolt para estandarización geomecánica en la construcción de chimeneas con equipo alimak sth - se en consorcio Minero Horizonte S.A.·”
- Contreras, E. (2018). Ejecución de Chimeneas mediante Sistema Alimak y V.C.R. USACH.
- Curasma, J., & Tito, E. (2014). Optimización de operaciones en las construcciones de chimeneas con el método Raise Climber utiliando equipo Alimak STH-5E en Mina Marsa - 2012. Titulación en Ingeniería de Minas. Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica, Perú.
- Dammert, A., & Molinelli, F. (2007). Panorama de la Minería en el Perú. Lima, Perú.
- Gómez Herrera, G. (2023). Trabajo de Suficiencia Profesional de la EPII/UAP para el título de Ingeniero Industrial. “Mejora al proceso de despacho de materiales a las áreas operativas de la unidad minera de Orcopampa – CIA Buenaventura S.A.A. 2023”. Lima, Perú: Electrónico&Digital.

Minera Yanacocha sulfuros. (2023). Procedimientos y otros documentos de la web

Obtenidos de

[https://www.google.com/search?gs\\_ssp=eJzj4tTP1TcwLShJNjVgtFI1qLA0TDIyNTYwNzUwM7FMMze0MqiwMDBNsRJTUpOTrU0MLRI8xKqTMxLTM5PzkhUKC7NSSstyi8GAJc2FL0&q=yanacocha+sulfuros&oq=yanacocha+&gs\\_lcrp=EgZjaHJvbWUqDQgCEC4YrwEYxwEYgAQyBggAEEUYOTIHCAEQABiABDINCAIQLhivARjHARIABDIHCAMQABiABDIHCAQQABiABDIHCAUQABiABDIHCAYQABiABDIGCAcQRhB0gEINDkzNmowajeoAgCwAgA&sourceid=chrome&ie=UTF-8](https://www.google.com/search?gs_ssp=eJzj4tTP1TcwLShJNjVgtFI1qLA0TDIyNTYwNzUwM7FMMze0MqiwMDBNsRJTUpOTrU0MLRI8xKqTMxLTM5PzkhUKC7NSSstyi8GAJc2FL0&q=yanacocha+sulfuros&oq=yanacocha+&gs_lcrp=EgZjaHJvbWUqDQgCEC4YrwEYxwEYgAQyBggAEEUYOTIHCAEQABiABDINCAIQLhivARjHARIABDIHCAMQABiABDIHCAQQABiABDIHCAUQABiABDIHCAYQABiABDIGCAcQRhB0gEINDkzNmowajeoAgCwAgA&sourceid=chrome&ie=UTF-8)

Minera Yanacocha. (2022). Estándares de trabajo y normas de respuesta a emergencias, obtenido del plan anual de respuesta a emergencias.

Jorge Barra. (2015). FODA Minera Yanacocha, (fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas) obtenidos de <https://es.scribd.com/document/273259423/FODA-de-Minera-Yanacocha#>

Aiteco consultores. (2012). Herramientas de calidad, las siete herramientas básicas, obtenidos de <https://www.aiteco.com/diagrama-de-pareto/>

Gomes Herrera. G. (2023). Trabajo de Suficiencia Profesional de la EPII/UAP para el título de Ingeniero Industrial. “Mejora al proceso de despacho de materiales a las áreas operativas de la unidad minera de Orcopampa – CIA Buenaventura S.A.A. 2023”. Lima, Perú: Electrónico Digital.

D.S. N° 023-2017-EM. (2017). Capítulo XVII plan de preparación y respuesta para emergencias

[https://minem.gob.pe/minem/archivos/file/Mineria/LEGISLACION/2016/RSSO\\_2017.pdf](https://minem.gob.pe/minem/archivos/file/Mineria/LEGISLACION/2016/RSSO_2017.pdf).

## **ANEXOS**

## Instrumentos de Recolección de Datos

### Anexo 1. Formato de Control y Mejora

 MASTER DRILLING	FORMATO		MDP-SHT-008	
	SHOTCRETE		Revisión	1
	Check List Pre arranque Equipo, Tablero Bomba Concreto		Fecha de efectividad	30/06/2022
	Página		1 de 2	



APAGADO COMPONENTES PARA REVISAR CON EL EQUIPO



TABLERO DE CONTROL

COMPONENTE	ESTADO		
	BUENO	REGULAR	MALO
1.- SENSORES (DE PISTONES Y DE TOLVA)			
2.- CAJA DE AGUA DE CILINDROS			
3.- CONTROL			
4.- ESTADO DEL RADIADOR (NIVEL DE AGUA)			
5.- VÁLVULA DE CONTROL DE CAUDAL			
6.- SISTEMA HIDRÁULICO			
7.- NIVEL DE ACEITE DEL MOTOR			
8.- ESTADO DE FILTRO DE AIRE Y ACEITE			
9. ESTADO DE LLANTAS Y SOPORTE DE TIRO			
10.-Estado General			

COMPONENTES PARA REVISAR CON EL EQUIPO ENCENDIDO

Realizar engrasado de puntos de lubricación de manera diaria.

Agregar Diesel en la tolva antes de iniciar el vaciado de concreto.

¿Queda el equipo operativo para el siguiente turno?

Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

INDICADOR	FUNCIONA	NO FUNCIONA
PARO DE EMERGENCIA		
BOTÓN DE ENCENDIDO		
BOTÓN DE ENCENDIDO		
REMOTO / LOCAL		
RPM+ / RPM-		
BOCINA		
ON / OFF		
ADELANTE / ATRÁS		
CAMBIO DE STROKE		

COMPONENTE	ESTADO / NIVEL
VOLTAJE DE ALTERNADOR	V
FILTROS DE DIESEL	
AMPERAJE DE BOMBA DIESEL	

#### OBSERVACIONES GENERALES

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

OPERADOR	
SUPERVISOR	

*Anexo 2. Formatos Check List*

 MASTER DRILLING	<b>FORMATO</b>		<b>MDP-SHT-008</b>	
	<b>SHOTCRETE</b>		Revisión	1
	Check List Pre Arranque Tablero Eléctrico Winche		Fecha de efectividad	30/06/2022

Mina: _____	Robot: _____	Nivel/Ubicación: _____	Fecha: _____
Número de chimenea: _____	Diámetro de RB: _____	Longitud de RB: _____	
Horómetro Inicial: _____	Horómetro Final: _____	Tiempo de Producción: _____	



**COMPONENTES PARA REVISAR CON EL EQUIPO APAGADO**

COMPONENTE	ESTADO		
	BUENO	REGULAR	MALO
Las puertas del pack eléctrico tienen candados			
Cellos de las puertas limpios y secos			
Condición de conexiones y ruteado de cables.			
Hay cables sueltos o calientes.			
Condiciones de los contactores y mecanismo de control.			
Condiciones del variador de velocidad			
Variador de velocidad regula la velocidad			
Funcionamiento correcto del ventilador de refrigeración.			
Filtros colocados en las puertas y en buenas condiciones			
Las luces en la unidad están operativas.			
Se tiene puesta a tierra.			
Condiciones de prensaestopas y conectores.			
Condición general de la unidad de potencia (Pintado, rotulado, etc.)			

**TABLERO DE CONTROL**

INDICADOR	FUNCIONA	NO FUNCIONA
PARO DE EMERGENCIA		
BOTÓN DE ENCENDIDO		
REMOTO / LOCAL		
RPM+ / RPM-		
BOCINA		
ON / OFF		

¿Queda el equipo operativo para el siguiente turno?

Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

**OBSERVACIONES GENERALES**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

OPERADOR		
SUPERVISOR		

**FORMATO**

MDP-SHT-005

**SHOTCRETE**

Revisión

1

Fecha de efectividad 30/06/2022

**Check List Pre Uso De Mangueras**

Página

1 de 1

Mina: _____	Robot: _____	Nivel/Ubicación: _____	Fecha: _____
Número de chimenea: _____	Diámetro de RB: _____	Longitud de RB: _____	



COMPONENTE	ESTADO		
	BUENO	REGULAR	MALO
1.- PRENSADO DE ACOPLES ESTA FIRME			
2.- TERMINAL DE ACOPLE EN BUENAS CONDICIONES			
3.- ESTADO DE LA PARTE EXTERNA DE LA MANGUERA			
4.- MALLA INTERIOR DE LA MANGUERA SE VE EXPUESTA			
5.- CANTIDAD DE TRAMOS DE MANGUERA INSPECCIONADAS			
6.- METROS CUBICOS TOTALES DE LAS MANGUERAS SOSTENIDOS			
1.- PRENSADO DE ACOPLES ESTA FIRME			
2.- TERMINAL DE ACOPLE EN BUENAS CONDICIONES			
3.- ESTADO DE LA PARTE EXTERNA DE LA MANGUERA			
4.- MALLA INTERIOR DE LA MANGUERA SE VE EXPUESTA			

¿Queda el equipo operativo para el siguiente turno? Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

**OBSERVACIONES GENERALES**

---

---

OPERADOR		
SUPERVISOR		

 MASTER DRILLING	<b>FORMATO</b>	<b>MDP-SHT-006</b>	
	<b>SHOTCRETE</b>		Revisión 1
	Check List Prearranque Motor Neumático - Centrifugo	Fecha de efectividad 30/06/2022	Página 1 de 1

Mina: \_\_\_\_\_ Robot: \_\_\_\_\_ Nivel/Ubicación: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_  
 Número de chimenea: \_\_\_\_\_ Diámetro de RB: \_\_\_\_\_ Longitud de RB: \_\_\_\_\_



#### COMPONENTES PARA REVISAR CON EL EQUIPO APAGADO

COMPONENTE	ESTADO		
	BUENO	REGULAR	MALO
1.- CONEXIÓN DE 2" HD PARA MANGUERA DE CONCRETO.			
2.- TUBO 2" CEDULA 40.			
3.- CONEXIONES (2 UNIDADES) PARA INGRESO Y SALIDA DE AIRE TIPO GARRA AMERICANA ¾".			
4.- EMPAQUETADURA DE CONEXIONES TIPO GARRA AMERICANA			
5.- DIFUSOR DE CONCRETO.			
6.- TUBOS DE SALIDA DE INJECTOR DE ADITIVO			
7.- MOTOR NEUMATICO			
8.- CONEXIÓN ¾" TIPO GARRA AMERICANA PARA ADITIVO			
9.- TODAS LAS CONEXIONES ESTAN BIEN AJUSTADAS			
10.- ESTADO GENERAL			

¿Queda el equipo operativo para el siguiente turno? Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

#### OBSERVACIONES GENERALES

_____	OPERADOR	_____
_____	SUPERVISOR	_____

 <b>MASTER DRILLING</b>	<b>FORMATO</b>		<b>MDP-SHT-008</b>
	<b>SHOTCRETE</b>		Revisión 1
	<b>Check List Pre Arranque Equipo, Tablero del Compresor</b>	Fecha de efectividad 30/06/2022	Página 1 de 1

Mina: _____	Robot: _____	Nivel/Ubicación: _____	Fecha: _____
Número de chimenea: _____	Diámetro de RB: _____	Longitud de RB: _____	
Nivel de aceite: _____	Nivel de Diesel: _____		
Horómetro Inicial Bomba: _____	Horómetro Final Bomba: _____	Tiempo de producción _____	



COMPONENTES PARA REVISAR CON EL EQUIPO APAGADO

COMPONENTE	ESTADO	
	BUENO	REGULAR MALO
1.- FILTRO DE ACEITE DE COMPRESOR		
2.- FILTRO DE COMBUSTIBLE		
3.- FILTRO DE AIRE DEL MOTOR		
4.- FILTRO DE AIRE DEL COMPRESOR		
5.- ESTADO DEL RADIADOR (NIVEL DE AGUA, GOTERAS)		
6.- ESTADO DE LA BATERIA		
7.- NIVEL Y ESTADO DE ACEITE DEL MOTOR		
8.- ESTADO DEL TANQUE DE GASOLINA		
9.- VERIFICAR SI NO TIENE GOTEO DE NINGUN FLUIDO		
10. ESTADO DE LLANTAS Y SOPORTE DE TIRO		
11.-TABLERO DE CONTROL		
12.- SALIDAS DE AIRE		

INDICADOR	FUNCIONA	NO FUNCIONA
PARADA DE EMERGENCIA		
BOTÓN DE ENCENDIDO		
RPM+ / RPM-		
BOCINA		
ON / OFF		
CARGA / DESCARGA		

COMPONENTES PARA REVISAR CON EL EQUIPO ENCENDIDO

COMPONENTE	ESTADO / NIVEL
VOLTAJE DE ALTERNADOR	V
FILTROS DE DIESEL	
AMPERAJE DE BOMBA DIESEL	

Realizar engrasado de puntos de lubricación de manera diaria.

¿Queda el equipo operativo para el siguiente turno? Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

**OBSERVACIONES GENERALES**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

<b>OPERADOR</b>		
<b>SUPERVISOR</b>		

### Anexo 3. Matriz de Consistencia

<b>TÍTULO:</b> Sostenimiento de Chimeneas con el Sistema Spraycrete para Prevenir Accidentes en la Compañía Minera El Brocal. <b>Tesista:</b> Bach. David VILLANUEVA CORNELIO						
<b>PROBLEMA</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>HIPÓTESIS</b>	<b>VARIABLES</b>	<b>DIMENSIONES</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>TIPO Y NIVEL DE INVEST</b>
<b>GENERAL:</b> ¿Es posible efectuar el Sostenimiento de Chimeneas con el Sistema Spraycrete para Prevenir Accidentes en la Compañía Minera El Brocal? <b>Problemas específicos</b> A. ¿La ejecución del sostenimiento con el Sistema Spraycrete fortalecerá la estabilidad de las chimeneas en la Compañía Minera El Brocal? B. ¿La aplicación del sostenimiento con el Sistema Spraycrete mejorara los avances en la construcción de las chimeneas de la Compañía Minera El Brocal?	<b>GENERAL:</b> Efectuar el Sostenimiento de Chimeneas con el Sistema Spraycrete para Prevenir Accidentes en la Compañía Minera El Brocal. <b>Objetivos específicos</b> A. Ejecutar el sostenimiento con el Sistema Spraycrete para fortalecer la estabilidad de las chimeneas en la Compañía Minera El Brocal. B. Aplicar el sostenimiento con el Sistema Spraycrete para mejorar los avances en la construcción de las chimeneas de la Compañía Minera El Brocal.	<b>GENERAL</b> Con el Sostenimiento de Chimeneas con el Sistema Spraycrete se tendrá la Prevención de Accidentes en la Compañía Minera El Brocal. <b>Hipótesis específicas</b> A. El sostenimiento con el Sistema Spraycrete fortalecerá la estabilidad de las chimeneas en la Compañía Minera El Brocal. B. El sostenimiento con el Sistema Spraycrete mejorara los avances en la construcción de las chimeneas de la Compañía Minera El Brocal.	<b>INDEPENDIENTE</b> X: Sostenimiento de Chimeneas en la Compañía Minera El Brocal. <b>DEPENDIENTES</b> Y: Sistema Spraycrete para Prevenir Accidentes en la Compañía Minera El Brocal.	Caracterización Geomecánica Parámetros geotécnicos Compañía Minera El Brocal	Mapeos geomecánicos Determinación de las RMR Sostenimiento Zonificación Spraycrete	<b>TIPO:</b> Aplicada. <b>NIVEL:</b> Evaluativa.