

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS**

**ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS**



**T E S I S**

**Sistema de concreto lanzado vía húmeda empleando robot alpha 20 en el sostenimiento de labores mineras subterráneas. Unidad económica Animón - Pasco.**

**Para optar el título profesional de:**

**Ingeniero de Minas**

**Autor:**

**Bach. Alberto Domingo MEZARES CONDOR**

**Asesor:**

**Ing. Silvestre Fabián BENAVIDES CHAGUA**

**Cerro de Pasco – Perú – 2022**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS**

**ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS**



**T E S I S**

**Sistema de concreto lanzado vía húmeda empleando robot alpha 20 en el sostenimiento de labores mineras subterráneas. Unidad económica Animón - Pasco.**

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

---

Mg. Edwin Elias SANCHEZ ESPINOZA  
PRESIDENTE

---

Mg. Teodoro Rodrigo SANTIAGO ALMERCÓ  
MIEMBRO

---

Ing. Julio Cesar SANTIAGO RIVERA  
MIEMBRO

## **DEDICATORIA**

Esta tesis lo dedico a mi mamá Reyna Condor, con su grande amor, enorme paciencia y esfuerzo ha permitido que llegue a cumplir una meta más, agradecerle por inculcar en mí el mejor ejemplo de perseverancia, coraje y no temer las adversidades porque sé que Dios siempre está conmigo.

A mi novia Milagros por su apoyo  
y ánimo brindado día a día para  
alcanzar mis metas; a mi familia  
por sus oraciones y apoyo moral.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por la vida y la salud que me otorga junto a su infinito amor.

A mi mamá Reyna Condor, por darme la oportunidad de estudiar, ella es mi motivación y ejemplo para salir adelante, si soy quien soy ahora es gracias al esfuerzo de ella.

A mi familia y novia Milagros, con sus consejos, ayuda estuvieron en cada momento para mí cuando más los necesité.

Al Ing. Fabián BENAVIDES CHAVEZ por asesorarme en el desarrollo de esta tesis, brindarme consejos y guiarme en base a su experiencia y conocimiento.

Así mismo me gustaría agradecer a todos mis docentes de la Facultad de Minas por transmitir sus enseñanzas, experiencias que son un pilar importante en mi desempeño como profesional en el ámbito laboral minero.

Finalmente quisiera agradecer a todos los colegas de trabajo y líderes de las organizaciones en las que me desarrollé porque han confiado compartiendo sus conocimientos y experiencias conmigo.

## RESUMEN

El objetivo general del presente estudio es optimizar el sistema de hormigón proyectado vía húmeda como sostenimiento de labores mineras subterráneas empleando robot Alpha 20 en la Unidad Económica Animón, Compañía de minas Chungar, S.A.C., considerando el comportamiento geomecánico del macizo rocoso como muestra dicha unidad minera. La metodología empleada es no experimental, descriptivo - correlacional de carácter cualitativo; aplicando como instrumento de recolección de datos, la técnica de observación directa donde se establece la relación básica entre el sujeto observador y el objeto observado cómo se dan en el presente estudio.

La aplicación de concreto lanzado vía húmeda empleando robot Alpha 20 mejorará la resistencia de la masa rocosa y restará el costo operativo generados por el sostenimiento, teniendo en cuenta la seguridad, la salud y la gestión ambiental.

Entre las principales conclusiones mencionamos: El sistema de concreto lanzado vía húmeda empleando robot Alpha 20 es eficiente para el sostenimiento de labores mineras subterráneas en la Unidad Económica Animón; favorece la operación en interior mina, ya que, presenta baja contaminación en labores mineras donde se usa y con ajustes de los materiales usados en el diseño de la mezcla se logra el reajuste mínimo de tiempo del fraguado de 4 - 3 hrs.

**PALABRAS CLAVES:** Sistema, concreto lanzado, sostenimiento, labores mineras, robot Alpha 20

## ABSTRACT

The general objective of this study is to optimize the wet shotcrete system to support underground mining operations using an Alpha 20 robot in the Animón Economic Unit, Compañía Minera Chungar, S.A.C., considering the geomechanical behavior of the rock mass as shown by said mining unit. The methodology used is non-experimental, descriptive - correlational of a qualitative nature; applying as a data collection instrument, the direct observation technique where the basic relationship between the observing subject and the observed object is established as they occur in the present study.

The application of wet shotcrete using the Alpha 20 robot will improve the resistance of the rock mass and reduce the operating cost generated by the support, taking into account safety, health and environmental management.

Among the main conclusions we mention: The wet shotcrete system using Alpha 20 robot is efficient for the maintenance of underground mining work in the Animón Economic Unit; It favors the operation inside the mine, since it presents low contamination in mining tasks where it is used and with adjustments of the materials used in the design of the mixture, the minimum setting time readjustment of 4 - 3 hrs is achieved.

**Keywords:** System, shotcrete, support, mining work, Alpha 20 robot.

## INTRODUCCIÓN

La unidad económica Animón, perteneciente a la Compañía de minas Chungar, S.A.C., está conformada por dos operaciones subterráneas Animón e Islay, con una capacidad de planta de 5,500 t p/d., la mineralización está asociada a estructuras mineralizadas de Zn, Pb, Ag y Cu de carácter mesotermal. La explotación de los niveles profundos en las minas subterráneas permite el uso de diferentes tipos de sostenimiento, el uso del sostenimiento con shotcrete permite tener una mayor estabilidad del macizo rocoso permitirá generar una mejor estabilidad de las diferentes labores de avance, preparación y producción en la unidad minera. La presente tesis desarrolla cuatro capítulos detallando en cada uno de ellos los siguientes ítems: Capítulo I, describe el tema de forma, considerando el planteamiento del problema, objetivo e hipótesis general y específicos relacionados al uso del shotcrete en las diferentes labores de tajeo, subniveles y rampa, así mismo se describirá la justificación e identificación de variables del presente trabajo de investigación. En el Capítulo II, se describe las generalidades de la operación considerando el área de mina, geología, geomecánica y económico de la empresa, también se describe el marco teórico del uso y dosificación del shotcrete en las diferentes labores subterráneas de la unidad minera. En el Capítulo III, se describirá la metodología de investigación, así como el diseño aplicado y el nivel de investigación, describirá y dimensionará la población y muestra aplicada en la presente tesis. Finalmente, en el capítulo IV se muestra los resultados del trabajo de investigación, considerando las horas de labor de shotcrete, la relación de horas de labor y la mejora del trabajo empleando robot Alpha 20 mejorará la resistencia de la masa rocosa

El autor

## INDICE

**DEDICATORIA**

**AGRADECIMIENTO**

**RESUMEN**

**ABSTRACT**

**INTRODUCCIÓN**

**INDICE**

### CAPÍTULO I

#### PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

<b>1.1.</b>	<b>Identificación y determinación del problema .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2.</b>	<b>Delimitación de la investigación.....</b>	<b>2</b>
	1.2.1. Delimitación espacial. ....	2
	1.2.2. Delimitación temporal. ....	2
	1.2.3. Delimitación temática.....	2
<b>1.3.</b>	<b>Formulación del problema.....</b>	<b>3</b>
	1.3.1. Problema general.....	3
	1.3.2. Problemas específicos.....	3
<b>1.4.</b>	<b>Formulación de objetivos.....</b>	<b>3</b>
	1.4.1. Objetivo general.....	3
	1.4.2. Objetivos específicos.....	3
<b>1.5.</b>	<b>Justificación de la investigación.....</b>	<b>4</b>
<b>1.6.</b>	<b>Limitaciones de la investigación.....</b>	<b>4</b>

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

<b>2.1.</b>	<b>Antecedentes de estudio.....</b>	<b>6</b>
2.1.1.	Antecedentes Nacionales.....	6
<b>2.2.</b>	<b>Bases teóricas - científicos.....</b>	<b>8</b>
2.2.1.	Concreto lanzado (shotcrete).....	8
2.2.2.	Sostenimiento en labores mineras subterráneas.....	13
2.2.3.	Mecánica de rocas.....	16
2.2.4.	Robot Alpha 20.....	18
2.2.5.	Unidad Económica Animón.....	19
<b>2.3.</b>	<b>Definición de términos básicos.....</b>	<b>36</b>
<b>2.4.</b>	<b>Formulación de Hipótesis.....</b>	<b>38</b>
2.4.1.	Hipótesis general.....	38
2.4.2.	Hipótesis Especificas.....	38
<b>2.5.</b>	<b>Identificación de Variables.....</b>	<b>39</b>
2.5.1.	Variable independiente:.....	39
2.5.2.	Variables dependientes:.....	39
<b>2.6.</b>	<b>Definición operacional de variables e indicadores.....</b>	<b>40</b>

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

<b>3.1.</b>	<b>Tipo de investigación.....</b>	<b>42</b>
<b>3.2.</b>	<b>Nivel de investigación.....</b>	<b>42</b>
<b>3.3.</b>	<b>Métodos de investigación.....</b>	<b>42</b>
<b>3.4.</b>	<b>Diseño de investigación.....</b>	<b>42</b>
<b>3.5.</b>	<b>Población y muestra.....</b>	<b>43</b>

3.5.1.	Población.....	43
3.5.2.	Muestra.....	43
<b>3.6.</b>	<b>Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....</b>	<b>43</b>
3.6.1.	Técnicas.....	43
3.6.2.	Instrumentos.....	43
<b>3.7.</b>	<b>Técnicas de procesamiento y análisis de datos. ....</b>	<b>45</b>
3.7.1.	Procesamiento.....	45
3.7.2.	Análisis.....	45
<b>3.8.</b>	<b>Tratamiento estadístico .....</b>	<b>46</b>
<b>3.9.</b>	<b>Orientación ética filosófica y epistémica.....</b>	<b>46</b>

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

<b>4.1.</b>	<b>Descripción del trabajo de Campo .....</b>	<b>47</b>
4.1.1.	Geomecánica.....	47
4.1.2.	Sostenimiento.....	51
4.1.3.	Concreto lanzado vía húmeda.....	55
4.1.4.	Equipo robot Alpha 20.....	70
4.1.5.	Ubicación del concreto lanzado.....	76
4.1.6.	Ventajas.....	80
<b>4.2.</b>	<b>Presentación, análisis e interpretación de resultados .....</b>	<b>81</b>
4.2.1.	Desventajas.....	81
4.2.2.	Procesos.....	81
<b>4.3.</b>	<b>Prueba de Hipótesis.....</b>	<b>85</b>
4.3.1.	Hipótesis Generales .....	85
4.3.2.	Hipótesis Especificas.....	87

<b>4.4. Discusión de resultados.....</b>	<b>91</b>
--	-----------

**CONCLUSIONES**

**RECOMENDACIONES**

**REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS**

**ANEXOS**

## **CAPÍTULO I**

### **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

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

El trabajo en minas subterráneas presenta un elevado riesgo debido a los desprendimientos de rocas que ocasionan derrumbes y asentamientos de gran escala, la mina Animón presenta una geología muy complicada ya que las rocas son de mala calidad y se parten muy fácilmente, de acuerdo a su geografía se ha clasificado MF/R (muy fracturado - regular), MF/MP (muy fracturado - muy pobre) y MF/P (muy fracturado - pobre)

La profundidad de la mina Animón es de 450 mt., a esta profundidad los sedimentos son muy quebradizos y tienen una elevada humedad, estas características hacen que sea muy complicada el sostenimiento, por lo que se utiliza el concreto, así como pernos de comprensión a fin de estabilizar es sostenimiento de la mina, aunque esto funciona por tiempos cortos.

En la Unidad Económica Animón desde hace tiempo atrás emplearon varios sistemas de sostenimiento de las labores mineras subterráneas, siendo el

hormigón proyectado el que reemplazo a todos los métodos usuales, siendo la elección importante en el sostenimiento de masa rocosa.

Actualmente en el sistema de concreto lanzado por vía húmeda la Unidad Económica Animón cuenta con equipos robotizados Alpha 20 logrando ser eficaz en sostenimiento, mayor beneficio en su implementación, estabilidad en el tiempo y seguridad al personal y equipos, evitando accidentes por desprendimiento de rocas.

El estudio realizado desarrolla la problemática de sostenimiento considerando, que para cada tipo de roca se establece un diferente tipo de sostenimiento, el mismo que es evaluado según la cartilla geo mecánica, considerando el tipo de roca, sección abierta, tiempo de exposición y nivel de alteración del terreno.

## **1.2. Delimitación de la investigación.**

### **1.2.1. Delimitación espacial.**

La tesis se desarrolla en la región Pasco, provincia de Pasco, distrito de Huayllay perteneciente a la UEA Animón, propiedad de la Compañía Minera Chungar, S.A.C.

### **1.2.2. Delimitación temporal.**

La tesis se desarrolla durante el año 2020 – 2021, desde el mes de agosto del 2020, hasta febrero del 2021.

### **1.2.3. Delimitación temática.**

El motivo de la presente tesis es realizar el estudio del Sistema de concreto lanzado vía húmeda como sostenimiento de labores mineras subterráneas empleando robot Alpha 20 en la Unidad Económica Animón. Compañía Minera Chungar, S.A.C. Pasco.

### **1.3. Formulación del problema.**

#### **1.3.1. Problema general**

¿Cómo optimizar el sistema de concreto lanzado vía húmeda empleando robot Alpha 20 en el Sosténimiento de labores mineras subterráneas? ¿Unidad Económica Animón?

#### **1.3.2. Problemas específicos.**

¿Cómo reducir los costos de hormigón proyectado vía húmeda, empleando robot Alpha 20, en sostenimiento de labores mineras subterráneas?

¿Cómo reducir las pérdidas de material de shotcrete vía húmeda en el sostenimiento de labores mineras subterráneas utilizando robot Alpha 20?

¿Cómo demostrar que el empleo del robot Alpha 20 mejora la eficiencia del concreto lanzado vía húmeda en el sostenimiento de labores mineras subterráneas?

### **1.4. Formulación de objetivos.**

#### **1.4.1. Objetivo general.**

Optimizar sistema de concreto lanzado vía húmeda empleando robot Alpha 20 en el Sosténimiento de labores mineras subterráneas. Unidad Económica Animón.

#### **1.4.2. Objetivos específicos**

Reducir los costos de hormigón proyectado (shotcrete) vía húmeda en sostenimiento de labores mineras subterráneas empleando robot Alpha 20.

Reducir las pérdidas de material de hormigón proyectado (shotcrete) vía húmeda en el sostenimiento de labores mineras subterráneas utilizando robot Alpha 20.

Demostrar que el empleo del robot Alpha 20 mejora la eficiencia del

hormigón proyectado (shotcrete), vía húmeda en el sostenimiento de labores mineras subterráneas.

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

Demostrar que el sistema de hormigón proyectado (shotcrete) vía húmeda como sostenimiento de labores subterráneas empleando robot Alpha 20 es eficiente en rocas como se muestran en la Unidad Económica Animón.

Para la aplicación del sistema de hormigón proyectado (shotcrete) vía húmeda como sostenimiento en las labores mineras subterráneas se tuvo en cuenta las características geológicas, geométricas, geomecánicas y el tipo de la masa rocosa.

El sistema del concreto lanzado vía húmeda empleando robot Alpha 20 en el sostenimiento de labores mineras subterráneas, tiene una justificación técnica sustancial, ya que se logrará mejor estabilidad de la masa rocosa y seguridad para el personal y equipos.

#### **1.6. Limitaciones de la investigación.**

Proporcionar a los interesados relacionados a las actividades mineras un alcance que les admita conocer sobre el sistema del concreto lanzado vía húmeda en labores mineras subterráneas utilizando robot Alpha 20, donde la estabilidad de la masa rocosa es deficiente.

Al realizar el estudio no se presentaron limitaciones debido a contar con las facilidades en el campo práctico.

#### **Importancia y Alcances de la Investigación.**

Con la aplicación de este trabajo de investigación, la Unidad Económica Animón, logrará reducir significativamente los tiempos y costos en sostenimiento aplicando variables operacionales y económicas. el empleo del robot Alpha 20

mejora la eficiencia del concreto lanzado vía húmeda en el sostenimiento de labores mineras subterráneas.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

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

##### **2.1.1. Antecedentes Nacionales**

Galvan (2019) en su investigación de grado propone como objetivo general realizar un análisis económico de: “La presente tesis calcula el porcentaje de incidencia de la distancia de traslado de concreta vía húmeda en zona sur en consorcio minero horizonte, para ello se hace un estudio de tiempos de traslado de concreto a diferentes minas encanto y candelaria. Con esta información se hace un estudio económico para la reubicación de la planta uno en encanto hacia mina candelaria en donde se va profundizando zona sur y que sea económicamente viable y a la vez cumpla con todos los requisitos necesarios que exigen para la utilización de dicha planta de concreto.”

(Maldonado L. , 2012), realizó el estudio: “Tecnología del Shotcrete en Consorcio Minero Horizonte”, 9º Congreso Nacional de Minería, Trujillo. Concluye que:

El empleo de aditivos, la relación de agua/ cemento empleado con el shotcrete nos arroja una buena resistencia, debiéndose este resultado a la bondad en un principio al Super -plastificante.

El mapa de proceso para el sostenimiento con shotcrete como herramienta ideal para controlar el abastecimiento logístico, insumos y costeo de este elemento de soporte.

(Guzman, 2008), en su tesis; “Sostenimiento con Shotcrete vía húmeda en la mina Cobriza”, en la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Ricardo Palma, Facultad de Ingeniería, Lima. Concluye en que:

1. Leyendo los cuadros de ensayo de las muestras podemos “concluir que para ambas fibras (NOVOCON y ENDURO) se usaron las mismas propiedades (la dosificación, el slump) y se ensayaron las muestras el mismo día, asegurándose que las condiciones climáticas eran las mismas; cumpliendo así con las condiciones de ensayo.”
2. De los ensayos a flexión se concluye, tomando como referencia las seis muestras del ensayo a tracción que la fibra ENDURO obtiene en promedio una resistencia de cinco por ciento (5%) mayor a la fibra NOVOCON, no obstante, la dos superan el límite de resistencia requerido equivalente a 41 Kg/cm<sup>2</sup>.
3. De los resultados de los ensayos podemos concluir que no existe un patrón que defina cuál es más resistente, esto debido a que la resistencia del shotcrete puede ser a raíz de la distribución de la fibra en la probeta que se emplea.

(Torres, 2016), en su tesis: “Diseño y aplicación de shotcrete para optimizar el sostenimiento en la Unidad Económica San Cristóbal - Minera

Bateas”, en la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional San Agustín de Arequipa. Sus principales conclusiones arribadas:

1. “La aplicación del método por vía húmeda favorece la operación mina por que se evidencia niveles bajos de polución, debiendo utilizarse en todas las labores mineras, esto si se tiene las condiciones necesarias para el caso de la unidad Minera San Cristóbal.” (Torres, 2016)
2. “La posibilidad de ahorrar en tiempo y coste al aplicar por vía húmeda como sostenimiento permanente es, en la mayoría de los casos, considerable, pero por razones de traslado y distancias es más conveniente el lanzado por vía seca. Ya que en vía seca se utiliza mallas y por vía húmeda no se utiliza solocuando requiera sostenimiento pesado” (Torres, 2016)
3. “Considerando la rapidez y efectividad del shotcrete como una herramienta en el sostenimiento de labores subterráneas, se tiene en este un elemento importante como solución tanto en control de derrumbes como en el sostenimiento preventivo en labores de profundización y avance” (Torres, 2016)
4. “Con el remplazo de concreto lanzado en vez de malla electrosoldada se reduce enun 83,3% los accidentes ocasionadores por desprendimiento de roca” (Torres, 2016)

## **2.2. Bases teóricas - científicos.**

### **2.2.1. Concreto lanzado (shotcrete).**

La definición de shotcrete de acuerdo al Instituto Americano del Concreto, es “mortero o concreto aplicado a base de aire comprimido y a alta velocidad” (ACI, s.f)

Así mismo según la Federación Europea de Productores y Aplicadores de

Productos Especiales para Estructuras (EFNARC), el shotcrete “es una mezcla homogénea de cemento, agregado y agua proyectada neumáticamente desde una boquilla a un lugar determinado previamente para producir una masa densa” (EFNARC, s.f.)

Los materiales que se utilizan como componentes del concreto lanzado son:

1. Aditivos.
2. Cemento.
3. Agregados.
4. Agua.
5. Elementos de refuerzo.

Los cuales son compactados, aplicados a una velocidad constante, alta velocidad sobre una superficie determinada previamente.

Los sistemas de mezclas tanto seca como húmeda comprenden los sistemas de la tecnología del concreto lanzado.

Fuente: Elaborado por el autor

#### **2.2.1.1. Sistema por vía húmeda.**

La aplicación del concreto utilizando el sistema de vía húmeda, se fundamenta al transportar por una tubería de forma neumática, la masa resultante de la mezcla de concreto a la que se ha agregado un acelerante aditivo a fin de producir el endurecimiento o una fragua de inicio rápido, con la finalidad de evitar los accidentes ya que se adhiere con facilidad este producto a las irregularidades de la superficie que presenta la mina limitando así, la caída de rocas. (UNICON, s.f.).

Durante el proceso de proyección se va logrando una calidad uniforme del concreto. La mezcla realizada se vacía en un contenedor que con ayuda de una bomba se proyecta a presión a través de la manguera.

Se debe añadir aire de forma suficiente continua y suficiente al hormigón a fin de aumentar la velocidad logrando un endurecimiento compacto y adherencia a las irregulares superficies de la mina.

#### **2.2.1.2. Sistema por vía seca.**

Los materiales se mezclan y se vacían en una tolva para ser agitados continuamente antes de ser lanzados. “Cuando los materiales están dentro de la tolva, se incorpora aire comprimido mediante el barril rotatorio (la inyección de aire varía de acuerdo al equipo utilizado) enviando los materiales en un flujo continuo a lo largo de la manguera de proyección”. (Maldonado, 2018).

El agua es incorporada antes de la boquilla de lanzado, al final de la manguera. Se adiciona el aditivo acelerante que se utiliza para el concreto lanzado junto con el agua de forma pulverizada para obtener una excelente mezcla de los materiales del concreto lanzado, tales como: cemento, agregados y aditivos.

Se utiliza cuando se realiza actividades pequeñas de concreto lanzado, o en caso en que de que el acceso al área sea de dimensiones limitadas y se dificulta el ingreso de maquinarias grandes. “También es utilizado cuando es importante que la resistencia inicial sea alta, como por ejemplo cuando se utiliza

para sellar filtraciones de agua, obras de impermeabilización o cuando se realizan trabajos de reparación en concreto”. (Maldonado, 2018).15

### **2.2.1.3. Materiales.**

**A. Cemento.** Es conglomerado de arcillas y materias calcáreas, en forma de un polvo muy fino al mezclar con el agua, se endurece, generando una masa uniforme y rígida, una adherencia y resistencia eficiente.

La combinación de cemento y agua resulta una pasta que es utilizada por los albañiles en el tarrajeo de paredes, también se obtiene concreto al añadir agregados finos o grueso y algunos aditivos.

El cemento está compuesto por óxido de hierro, sílice, alúmina y cal como materias primas principalmente. “Durante el proceso de producción del cemento estos compuestos interactúan para luego formar una serie de productos más complejos (silicatos cálcicos, aluminatos cálcicos y ferritos) que alcanzan un estado de equilibrio químico, con la excepción de un residuo de cal no combinada la cual no ha tenido suficiente tiempo para reaccionar esta es denominada como cal libre”. (Portugal, 2007).

**B. Agregados.** El "agregado" es conjunto de arena y piedra de granulometría irregular. Son los elementos inertes del concreto, los cuales son aglomerados por la pasta de cemento produciendo una estructura resistente.

Los agregados son la fase discontinua del concreto y son materiales que están impregnados en la pasta y que ocupan aproximadamente del 70% al 75% del total del volumen total de la unidad cúbica de concreto o mezcla de concreto

“Los agregados conforman el esqueleto granular del concreto y son el elemento mayoritario ya que representan el 80% - 90% del peso total de concreto, por lo que son responsables de gran parte de las características del mismo” (BASF, 2012)

**C. Agua.** Se usa para cumplir dos funciones específicas

Función de la hidratación del cemento: Al ser parte de la mezcla de concreto a preparar

Curar el concreto garantizando la resistencia

El uso principal del agua para mezclar concreto se conoce como uso interno, mientras que el agua utilizada para curar se conoce como uso externo. Los dos usos del agua tienen efectos y significados diferentes. Normalmente, las especificaciones indican que se utiliza agua de la misma calidad para ambos fines.

De hecho, lo más importante es el agua utilizada para el contador de agua y en la mayoría de los casos los requisitos son para cumplir con este requisito, mientras que el agua de curado se recomienda que sea la misma que para el contador de agua para evitar subvalorar el agua y el uso.

**D. Aditivos.** Son aquellas sustancias (orgánicos e inorgánicos), que se agrega de manera controlada al concreto para mejorar o alcanzar cualidades deseadas. Estos aditivos son capaces de disolverse en agua y son administrados como porcentaje del peso del cemento (Portugal, 2007)

La cantidad del aditivo se determina de acuerdo al agua que se necesita en dicha mezcla obteniendo la compactación y docilidad requerida.

Los aditivos para el concreto proyectado se utilizan para lograr propiedades adecuadas sobre dicho concreto para lograr cumplir su objetivo de sostenimiento del macizo rocoso (SIKA, 2012)

### **2.2.2. Sostenimiento en labores mineras subterráneas.**

El sostenimiento de las labores dentro de la explotación minera es un trabajo que requiere tiempo y dinero disminuyendo la producción y avance de la explotación minera, el cual es esencial como proceso para proteger de accidentes tanto al personal como a los equipos.

#### **2.2.2.1. Sistemas de sostenimiento.**

**A. Sostenimiento activo (refuerzo).** Se incluyen elementos diversos de sostenimiento para reforzar la roca llegando a ser una parte integral de la roca. Se tiene:

- ✓ De anclaje llamado también cabeza expansiva, Swellex, los pernos helicoidales, Split set, Cables bolting y hydrabolt

**A.1. Pernos Swellex:** Este perno de anclaje está elaborado a base de un tubo doblado, soldado y sellado en una de los extremos, al inyectarle agua a alta presión por medio de una bomba este se expande en el interior del taladro haciendo su instalación de una manera fácil y siendo análogo a otros pernos de anclaje, permitiendo la accesibilidad para los operadores de este perno Swellex. (Atlas Copco, 2010)

Las características que presenta el perno de anclaje Swellex son: sellamiento de uno de sus extremos y el otro extremo cuenta con una boquilla que se utiliza para la inyección del agua. Creando un roce y un ancla interlocking al momento de su expansión dentro del taladro,

dando el soporte requerido a toda la columna y longitud del taladro (Atlas Copco, 2010)

Debido a este mecanismo de anclaje, el perno Swellex se puede adaptar a una amplia variedad de rocas y entrega una capacidad de anclaje buena a excelente (Atlas Copco, 2010)

**A.2. Pernos Hydrabolt.** La fabricación de este perno es a base de un tubo de acero difícil de corroerse, para el inflado de este perno se requiere de altas presiones de aire comprimido y agua.

Los pernos Hydrabolt soportan hasta diez toneladas, en tipo de terrenos de rocas suaves como ejemplo marga gris, se debe de perforar los taladros perpendicularmente a la pared de la roca o fallas fracturadas a fin de poder conseguir un soporte eficiente por este elemento.

Este perno tiene una sección transversal en forma "C", el cual está sellado en ambos extremos, uno de ellos lleva un pezón hidráulico con una válvula integral de no retorno que permite conectarse a una bomba hidráulica (Atlas Copco, 2010)

Una vez realizada la perforación según el diámetro y longitud que se requiere en la roca, se coloca el perno Hydrabolt en el taladro, luego utilizamos una bomba para expandir el perno radialmente con agua a presiones de 25 MPa (3500psi). "Resistencia por fricción entre la pared del hoyo y Hydrabolt ofrece excepcional resistencia a la extracción". (Atlas Copco, 2010)

- B. ***Sostenimiento pasivo (soporte):*** Es el soporte que se da a la roca con elementos externos a esta, entrando en contacto con el perímetro

perforado, dependiendo del movimiento interno de la roca. Se tiene:

- ✓ Mallas de acero (electro soldadas, de torsión y gallinero)
- ✓ Arcos de acero (Cerchas y cimbras)
- ✓ Cuadros de madera
- ✓ Concreto lanzado Shotcrete
- ✓ Straps (cintas metálicas) (Flores, 2013)

**B.1. Arcos de acero (cimbra).** Generalmente el sostenimiento se utiliza en labores en avanzada para sostenimientos permanentes, cuando la condición de la masa rocosa es muy débil y/o demasiada fracturada, asignándole las características de mala o muy mala que son sometidas a circunstancias de altos esfuerzos.

A fin de lograr la efectividad en el control de estabilidad en circunstancias del terreno descrito, gracias a sus excelentes resistencias mecánicas y la propiedad de deformación son utilizadas las cimbras para prevenir cierres de excavación o rupturas prematuras. A pesar de que ocurren deformaciones importantes este sistema sigue proporcionando el soporte que se necesita.

“Las construcciones de las cimbras son con perfiles de acero, según los requerimientos de la forma de la sección de la excavación, es decir, en forma de baúl, herradura o incluso circulares, lo recomendable es que sean de alma llena”. (Crispin & Espinoza, 2014)

**B.2. Concreto lanzado.** Este tipo de sostenimiento es usado en labores subterráneas, donde el elemento principal es el concreto juntamente con aditivos que aceleran el fraguado. El empleo de acelerantes es eficiente y permite verter concreto en superficies verticales y en la

bóveda. El acelerado fraguado de la mezcla de concreto permitirá que el concreto lanzado trabaje como soporte inicial en lugares donde la roca se encuentre perturbada.

Este tipo de sostenimiento se suele ejecutar con equipos mecanizados y robotizados ya sea por vía seca o vía húmeda.

### **2.2.3. Mecánica de rocas.**

(Oyanguren & Monge, 2004) mencionan: “Ciencia teórica y aplicada que estudia el comportamiento mecánico de las rocas y de los macizos rocosos. Rama de la ingeniería dedicada al estudio de la respuesta de las rocas y macizos rocosos al campo de fuerzas que actúan en su entorno, la minería utiliza esta técnica básica porque cuando realiza excavaciones cambia la presión de la roca en su entorno físico”. (p.24).

El medio geológico subterránea se utiliza por beneficio en el desarrollo de la mecánica de rocas con el propósito de estimar y analizar las fallas, fisuras y ver el entorno que tienen algunos de los frentes.

Para estudiar los procesos y estructura tectónica que afectan a las bases rocosas la mecánica de rocas se relaciona con la geología estructural, así como también con la mecánica de suelos para saber la meteorización y alteración de las rocas en la superficie. El fin de la mecánica de rocas es predecir y conocer el comportamiento del material rocoso ante las presiones internas y externas que actúan sobre estos. Se modifica las condiciones del medio rocoso al realizar excavaciones en el macizo rocoso o realizar construcciones estructurales lo que permite que sufra deformaciones o genera rupturas por fallas activas, estallido de rocas, precisiones actuantes y otras causas como movimientos sísmicos. “El estudio de las estructuras geológicas y las discontinuidades es un aspecto

fundamental en mecánica de rocas; los planos de debilidad persistentes controlan los procesos de deformación y ruptura de los macizos de cotas superficiales donde se realizan la gran mayoría de obras de ingeniería” (Oyanguren & Monge, 2004)

**Figura 1**  
**Macizo rocoso de marga roja, mina Animón**



Fuente. Dpto. Geomecánica. U.E. Animón

#### **2.2.3.1. Macizo rocoso.**

(Oyanguren & Monge, 2004) señalan que “El macizo rocoso es la forma en la que se presentan las rocas en el medio natural. Un macizo rocoso estará definido por la roca y la estructura, que a su vez contendrá planos de estratificación, fallas, juntas, pliegues y otros caracteres estructurales, que les hace discontinuas presentando propiedades heterogéneas y/o anisótropas” (P. 12).

“La unidad básica de la corteza terrestre llega a ser el macizo rocoso, pues es el conjunto formado por minerales petrogénicos sometidas a diversas temperaturas y presiones, entre otras condiciones fisicoquímicas en el enlace de los iones mineralizantes y procesos de consolidación” (Oyanguren & Monge, 2004)

## Figura 2

### Macizo rocoso de marga gris. Mina Animón



Fuente: Dpto. Geomecánica U.E. Animón.

#### 2.2.4. Robot Alpha 20.

Es un equipo hidráulico que se traslada utilizando un motor diésel, teniendo gran capacidad de bombeo además siendo de una operación y mantenimiento simple. Está diseñado con un brazo que puede alcanzar una altura de siete metros para una aplicación óptima. La bomba BS 7622 fue diseñada para la proyección de concreto lanzado vía húmeda y tiene capacidad máx. para 18 m<sup>3</sup> por hora.

A fin de incrementar la seguridad del operador la proyección del concreto es controlada desde un panel remoto de forma inalámbrica.

“Su motor diesel de 110 KW del equipo Alpha 20, cumple con la norma TIER II. Cuenta con transmisión hidrostática con tracción y dirección a las cuatro ruedas, para facilitar su desplazamiento y maniobrabilidad en cualquier tipo de túnel y mina” (SEMMCO, s.f.)

### Figura 3

#### Robot Alpha 20



Fuente: Dpto. Geomecánica U.E. Animón.

#### 2.2.5. Unidad Económica Animón.

##### 2.2.5.1. Ubicación y accesibilidad.

**Ubicación.** La U.E Animón, es propiedad de la Empresa Administradora Chungar SAC., donde se produce concentrados de zinc, plomo y cobre. Se encuentra ubicada en el flanco del oriental de la cordillera occidental. (VOLCAN)

Políticamente se encuentra en el distrito de Huayllay, Provincia de Pasco y Región Pasco, a una altura de 4 600 m.s.n.m., a 46 Kms. al SE de la ciudad del Cerro de Pasco (VOLCAN)

En las coordenadas U.T.M.: N-8´780,728 E-344654

**Accesibilidad.** La mina es accesible por tres vías:

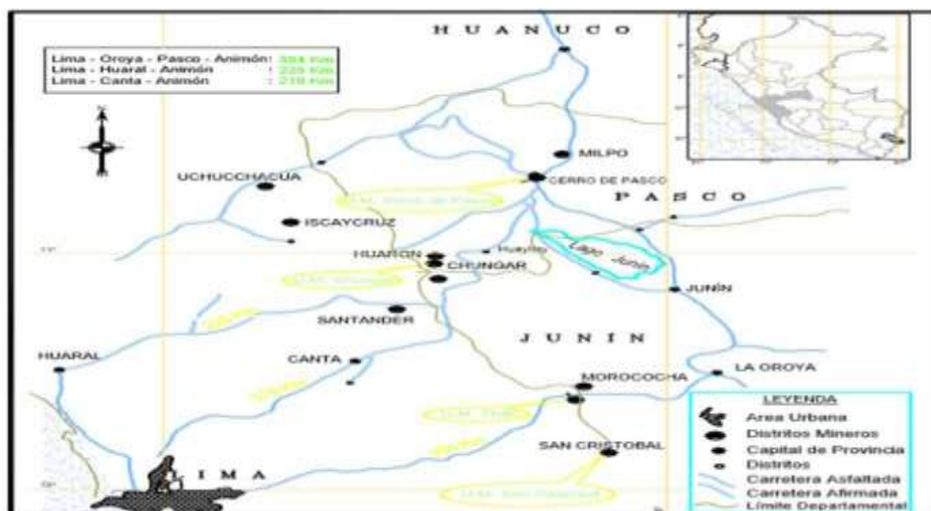
- Lima – La Oroya – cruce Villa de Pasco – Huayllay – Animón: 328 Km/ 6 horas.

- Lima – Huaral – Animón 225 Km. 5 horas
- Lima – Canta – Animón 219 Km. 5 horas.

Fuente: Dpto. Planeamiento U.E.A.

**Figura 4**

**Ubicación y accesibilidad: U.E. Animón**



**2.2.5.2. Clima y vegetación.**

U.E Animón está asentada en la región Janca o Cordillera por lo que presenta temperaturas frígido y seco: 3oC a 4° C bajo cero.

El primer trimestre del año presenta caída de nevadas, granizos o torrenciales lluvias, en los otros desaparecen dando lugar a las heladas.

Presenta muy poco lecho verde por su característico frío no llega a crecer, en la mayor parte existen pocos lugares en los que se encuentra material aluvial favorable a la vegetación. Solo se logra ver “ichus” así como pastos silvestres que son de la zona.

## Figura 5

Ubicación y accesibilidad: U.E. Animón.



Fuente: Elaborado por el autor.

### 2.2.5.3. Geología.

#### A. Geología regional.

Las formaciones petrográficas que existen en esta zona incluyen depósitos tipo melaza de ambientes terrestres conocidos como “capas rojas”, rocas volcánicas andesíticas y dacíticas con pelotones hipabisales.

En Pasco hay muchas "capas rojas" del grupo Casapalca, ampliamente distribuidas a lo largo de la Cordillera occidental, al este de las cabeceras del continente y que consisten en gránulos rojos o verdes y lutitas en una capa delgada con varias capas de agregados y dispersos. horizontes lenticulares de caliza gris de aproximadamente 2385 metros de espesor estimado, pudiendo

fecharse en el Cretácico Superior y Cretácico Inferior (Eoceno)

En contraste con las "capas rojas" y otras unidades de rocas del Cretácico, un grupo de rocas ígneas de espesor variable que consiste en una serie de flujos de lava y capas de lava, rocas andinas, dacitas y rimadas, a menudo muestran pseudo- verticales En forma de márgenes mediano a grueso con muchos tonos de verde, gris y púrpura. A nivel regional se presenta conglomeración y deposición de rocas ígneas ácidas del tipo "roca ígnea", conglomerados de la formación paleolítica que posteriormente dieron origen a las formas "tontas". La locura sigue a una "arrogancia atmosférica" conocida como "bosque de piedra" que se remonta a la datan del pliocenio.

La estructura geológica y geomorfológica, complementada por la erosión glacial en el Pleistoceno tardío, es de gran importancia para la región, y la característica más llamativa de la actividad glacial es la formación de un gran número de laguna (Departamento Geomecánica, s.f)

## **B. Geología local.**

El yacimiento de la UE Animón de manera litológica está formado por rocas sedimentaria que refleja un periodo de emersión y una exposición intensa.

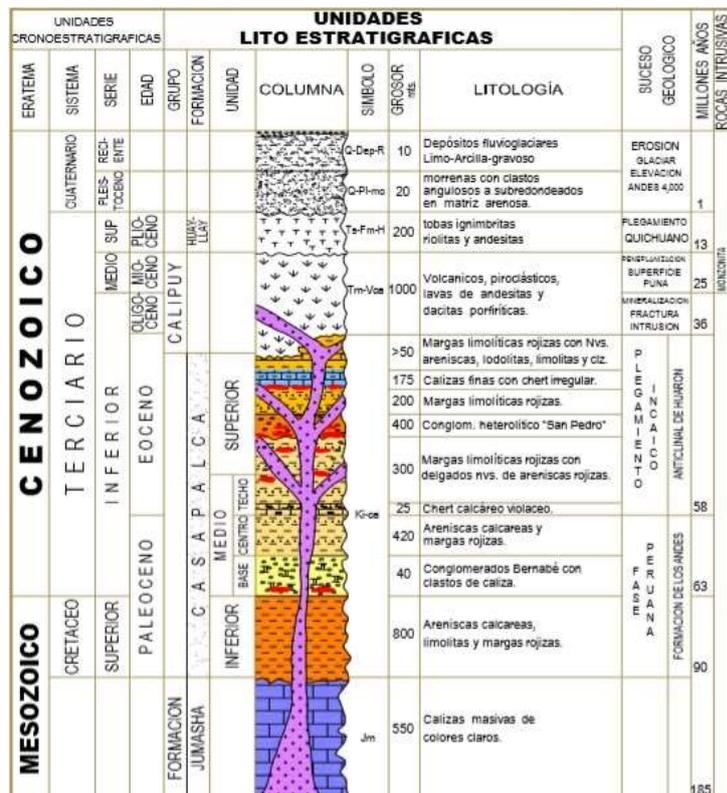
Las "capas rojas" presenta ciclos de sedimentación: El ciclo más antiguo es de 1 400 a 1 500 metros de grosor y el ciclo más joven tiene una potencia de 800 a 900 metros. Cada ciclo en la parte inferior se caracteriza por la abundancia de aglomerados y

areniscas, en la parte superior contienen niveles de sílice, yeso y piroclásticos (Departamento Geomecánica, s.f)

La gradación de los fragmentos y su orientación sugieren que el material provino del este, posiblemente del área que actualmente ocupa la Cordillera de los Andes orientales. En el área minera, existen dos conjuntos estrictamente definidos: el conjunto inferior y el conjunto superior (Departamento Geomecánica, s.f)

**Figura 6**

**Columna lito estratigráfica UE Animón**



Fuente: Departamento de Geología.

**C. Geología Estructural**

**C.1. Plegamientos.**

Como resultado de la actividad de la Orogenia Inca, debido a los

esfuerzos de compresión Este-Oeste, los sedimentos pre terciarios y terciarios se plegaron notablemente en estructuras orientadas a la región en N 25 ° W. La principal formación del área es el pliegue convexo de l ' Huarón, cuál de las siguientes características:

1. Es un pliegue asimétrico, con el lado este cayendo más de 50 °-60 ° E en comparación con el lado oeste 35 °-42 ° W.
2. El plano axial tiene una dirección N de 20° -30° W y está inclinado hacia el Oeste.
3. El plano axial exhibe una convexidad regular hacia el este en la parte central del distrito.
4. El eje de la línea convexa presenta doble asentamiento; la parte norte cae 15°-20° hacia el norte y la parte sur cae 5°-8° hacia el sur.

Las dimensiones de la estructura son 20 km en el eje longitudinal y 6 km en el eje horizontal (se toma como horizonte guía la cubierta del pedernal de Córdova) (Departamento Geomecánica, s.f)

A 3,5 km al oeste del convexo de Huarón se encuentra el sinclinal de Quimacocha, cuyo plano axial es paralelo al convexo de Huarón (Departamento Geomecánica, s.f)

La geometría del anticlinal implica que la estructura se origina de una tensión particular en respuesta a las fuerzas tectónicas hacia el este y hacia arriba, cuya principal consecuencia es hacia el N65°E. utilizado en la parte central del distrito y como resultado el intermedio se ha dirigido hacia arriba (Departamento

Geomecánica, s.f)

La ausencia de surfactante y la fractura por cizallamiento pre-intrusiva sugieren que la deformación del pliegue convexo ocurre dentro de los límites elásticos específicos de las unidades petrográficas, por lo tanto, la acumulación

La enorme energía latente dentro de la estructura es el efecto simultáneo de la tensión de compresión acción en el tiempo previo a la intrusión.

Luego de la deposición de piroclastos de Huayllay y en el período posmineral, se observó un plegamiento de menor intensidad (plegamiento de Quichuano), produciendo una ligera ondulación en la Formación Huayllay (Departamento Geomecánica, s.f)

## C.2. Intrusivos.

La relajación de las fuerzas tectónicas compresivas pre intrusivas y la acción de la recuperación elástica centrada a lo largo de las regiones axiales longitudinal y transversal (la parte convexa de la línea de pliegue) crearon áreas de tensión o debilidad a lo largo de las cuales se trazan las líneas de fractura.

Estas fallas luego sirven como canales de circulación y precipitación para fluidos ígneos con componentes de monzonítica cuarcifera, y se forman presas axiales transversales y longitudinales. Las presas axiales aparecen en grupo de seis presas al interior de un cuerpo lenticular, la más ancha de las cuales tiene 1,4 km de largo y dirección N de 25°W. Esta división se hace más pequeña a medida que viaja 3 km al norte y 5 km al sur

(Departamento Geomecánica, s.f)

Los diques axiales muestran superposición en las protuberancias provocadas por fallas normales de poscavación y preintrusión, que se originan por la migración ascendente de la parte central del pliegue convexo dual (Departamento Geomecánica, s.f)

El ancho de los diques longitudinales en la superficie y en la parte central es de hasta 350 metros, con la profundidad tienden a adelgazarse y bucear  $85^{\circ}$ - $88^{\circ}$  hacia el oeste (Departamento Geomecánica, s.f)

Los diques axiales transversales penetran en la parte oriental del pliegue convexo.

En esta zona existen 3 diques orientadas en los sentidos E-W y N  $85^{\circ}$ W distribuidas en un área de 300 metros de ancho. Hacia el este, las presas se adelgazan y se extienden entre 350 y 400 metros de largo (Departamento Geomecánica, s.f)

En la zona central del pliegue convexo se combinan las presas axial y axial transversal, siendo las de mayor resistencia y más abundantes (Departamento Geomecánica, s.f)

### C.3. Fracturamiento.

En los tiempos posteriores a la colocación de las presas axiales, el convexo de Huarón fue nuevamente comprimido por grandes fuerzas, siendo el principal resultado hacia el S  $80^{\circ}$ E y más. Estas fuerzas exceden el límite elástico de las formaciones petrográficas y dan lugar a la fractura transversal y longitudinal de los pliegues convexos y al desplazamiento hacia arriba de la parte central del

distrito (Departamento Geomecánica, s.f)

La fractura se logra a través de dos cadenas de fractura premaxilares: la cadena transversal orientada a la dirección E-W: y la cadena longitudinal orientada en la dirección N-S. Se presenta el primer conjunto caracterizada por la presentación de dos sistemas de fallas que tienden a converger en profundidad. Un gran número de fallas del primer sistema, descendiendo  $70^{\circ}$ - $80^{\circ}$  hacia el norte y ubicadas en la parte central y sur del distrito, incluyen las fallas de contramineralización de Andalucía, Optiradora (Principal), Alianza, Elena, Yanamina, Yanacrestón, Travieso, y Cometa (Departamento Geomecánica, s.f)

Pocas fallas pertenecen al segundo sistema, descendiendo  $80^{\circ}$ - $90^{\circ}$  en el sur y ubicadas en la parte norte, incluyendo las fallas de mineralización inversa de Shiusha Norte, Mechita, Shiusha Sur, Pozo D y Patrik; En cambio, hacia el suroeste (Quimacocha), existe un mayor número de fallas de mineralización inversa que disminuyen a  $55^{\circ}$ - $65^{\circ}$  hacia el sur, tales como: Caución, Cabrillas, Veta 15, Veta 16. Propietario (Departamento Geomecánica, s.f)

La razón principal es que lado este de la compresión occidental que se forma sobre el convexo de Huarón provocará fallas longitudinales con respecto al eje del pliegue convexo y entonces hay una gran brecha en el punto (x) x con dos fallas y Huaychao - Cometa y Llacsacocha - Naticocha de diferentes edades, cada una de las cuales consta de cuatro partes. cada una de un mineral característico (Departamento Geomecánica, s.f)

El conjunto de fallas orientadas en dirección Norte-Sur decrece  $40^{\circ}$ - $55^{\circ}$  hacia el Oeste y se ubica en la parte W del distrito, el cual se caracteriza por fallas precentrales consistentes con la estratificación. Estos incluyen las fallas de mineralización Fastidiosa, San Narciso y Constancia.

La masa central del distrito, delimitada por las fallas extremas del Pozo D. Shiusha, Fastidiosa hacia la Restauradora, está elevada por un desplazamiento erosivo de unos 600-700 metros con respecto a la porción estable de la región norte (Departamento Geomecánica, s.f)

Aunque el desplazamiento total se distribuye entre muchas fracturas, los desplazamientos relativos entre las paredes de cada fractura son bastante grandes; esto crea una situación favorable para la elongación y elongación tanto lateral como en profundidad de la fractura maxilar anterior.

El proceso de fractura posmineral es mucho más pequeño en magnitud que la fractura premineral y generalmente se realiza de acuerdo con el proceso de fractura pre mineral (Departamento Geomecánica, s.f).

## **D. Geología Económica**

### **D.1. Mineralización.**

Luego de la formación de las primeras fracturas presinápticas que se iniciaron en la parte central del distrito, se infiltraron soluciones hidrotermales primordiales que circularon a lo largo de ellas a temperaturas relativamente altas. Los compuestos introducidos en

la solución se precipitan en el siguiente orden parásito: cuarzo opalescente, pirita, enargita y tetraedrita. La enargita es abundante en las partes centrales del distrito y la tetraedrita (con bajo contenido de plata) es abundante en las partes exteriores de la región de enargita. Las siguientes vetas pertenecen al primer ciclo de precipitación mineral: Travieso, Alianza, Veta 4, Tapada, la parte sur de Vena Faspriso y la parte norte de Vena San Narciso (Departamento Geomecánica, s.f)

El proceso de precipitación tiene lugar durante un tiempo largo, lo que permite la formación de cristales de diámetro medio. En respuesta a los impulsos tectónicos que predicen aún más el movimiento de la ortiga y permiten la reapertura y ampliación de las grietas existentes y la formación de nuevas grietas adyacentes, se ha generado una nueva actividad magmática con la inyección en el segundo ciclo de mineralización de temperatura media.

El movimiento diferencial de los botes permite romper, penetrar y ligar los precipitados de primer ciclo de los minerales de la segunda etapa de mineralización, teniendo el siguiente orden parasitario: agar: brocado opalescente, pirita, marmatita y galena.

El tiempo de precipitación del segundo ciclo es más largo que el del primero y el enfriamiento es más lento, lo que da como resultado cristales de mayor diámetro. Vetas: Santa Rita, Cometa, Providencia, Elena, parte occidental de Tapada, extremo occidental de Alianza, Veta 4, Yanacreston, Patrik, Veta 17, Shiusha, Veta Pozo D y las bolsas Bernabé y Sevilla de la segunda

mineralización del ciclo. Este tipo de mineralización aporta el 50-60% de la precipitación mineral total (Departamento Geomecánica, s.f)

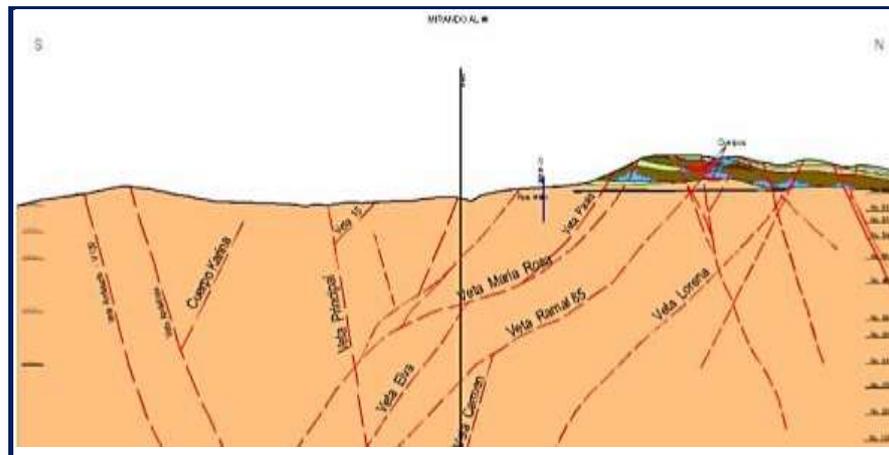
La renovación de la actividad tectónica tras la fusión de precipitados de segundo ciclo permitió que la parte central se elevara aún más, alargando y profundizando fallas preexistentes y formando otras estructuras nuevas. El proceso de fundición y el consiguiente aumento de la permeabilidad de los minerales depositados facilitaron la circulación de nuevas soluciones hidrotermales a bajas temperaturas. Los respectivos precipitados muestran texturas coloidales y vegetativas y buena cristalinidad; significa una precipitación rápida en un tiempo relativamente corto.

La característica de este ciclo es la precipitación abundante y continua de sales carbonatadas; comenzó con siderita y evolucionó gradualmente a dolomita, rodocrosita y calcita. Además del carbonato, pertenecen a este ciclo la barita, la esfalerita de color amarillo pálido, la esfalerita de color amarillo rojo, la galenita, la tetraedrita poliédrica (freybergita), la polibasita y la calcopirita. Las vesículas de Lourdes, la porción oriental de las vetas de Elena, Providencia y Cometa contienen este tipo de precipitado; Sistema Venoso de Restaurante (Principal), Marthita, Noreste, Andalucía y Precaución; la parte norte de Veta Fasosystemosa y la parte sur de Veta San Narciso. Después de la precipitación de esfalerita y galenita de la tercera etapa de mineralización, comienza un débil

proceso de lixiviación anaeróbica para inducir la disolución parcial en el cristal y en las paredes de fallas menores (Departamento Geomecánica, s.f)

**Figura 7**

**Principales estructuras mineralizadas. Mina Animón.**



Fuente: Departamento de Geología.

**D.2. Mineralogía.**

**Minerales de mena.**

- Esfalerita (ZnS). Mineral económicamente importante, se encuentra en formas sueltas, granulares y cristalinas (tetraédricas), a menudo relleno de cavidades y fallas, y está estrechamente relacionado con el galeno (afinidad). etc. De color amarillo castaño - negro, con un brillo resinoso; Se presenta en dos tipos: marmatita y esfalerita rubia (blenda), esta última ampliamente distribuida en las capas inferiores, y su color es marrón oscuro.
- Galena (PbS). Se encuentra principalmente en cristales

cúbicos, cristales con una buena distribución cúbica; Está estrechamente relacionado con la esfalerita ligera, la rodocrosita, la barita y el cuarzo. La diversidad argentífera de la galena se presenta masiva y alternativamente, llenando los espacios intersticiales de esfalerita, cuarzo, etc. Galena aumenta su cuota de mercado a un nivel superior

- Proustita ( $\text{Ag}_3\text{AsS}_3$ ). Mineral conocido como plata roja, son importantes en algunos lugares como menas. Tienen una estructura isotrópica en forma de cristales. Con cristales de la misma forma, propiedades físicas y depósitos similares.
- Minerales de ganga.
- Cuarzo ( $\text{Si}_2\text{O}$ ). Se presenta en cristales prismáticos hexagonales regulares así como granos octaédricos, relleno de cavidades y fisuras, es incoloro a blanco, con brillo vítreo; Suele asociarse a calcopirita y pirita. Es un acompañamiento mineral de amplia distribución.
- Calcita ( $\text{CO}_3\text{Ca}$ ). Se presenta como cristales rómbicos blancos y, a veces, se encuentra en grandes cantidades en combinación con barita, rodocrosita, galena, etc. También se encuentra comúnmente en bandas irregulares o en vetas que rellenan grietas. Pirita ( $\text{S}_2\text{Fe}$ ). Se presenta a granel y en forma cristalina con una amplia distribución en minerales metálicos y paredes rocosas, un aumento con una disminución parcial en el contenido de plata asociado con calcopirita, cuarzo, y esfalerita (Dpto Geología, s.f)

- Rodocrosita ( $\text{C03Mn}$ ). Suele presentarse de forma masiva, formando bandas irregulares de color rosa pálido, a veces extendiéndose y extendiéndose, rellenando granos intersticiales de galenita y esfalerita; Está relacionado con los minerales cuarzo, , barita y calcita. Las bandas de rodocrosita que se consideran hitos minerales indican la presencia de un alto contenido de plata (Dpto Geología, s.f)
- Calcopirita ( $\text{S2CuFe}$ ). Suele encontrarse en estado sólido y cristalino (octhedra), de color amarillo cobrizo, con franjas negro verdosas; A menudo asociado con granos de esfalerita, piritita y cuarzo. Este mineral es relativamente raro en los niveles más altos pero en los niveles más bajos (Nv. 390 y 355), se ha observado un aumento de su valor (por encima del 0,8% Cu), lo que permite su rápida conservación en las menas minerales (Dpto Geología, s.f)
- Rodonita ( $\text{MnSiO}_3$ ). Es un mineral del grupo de los silicatos, un subgrupo de los inosilicatos, y dentro de ellos pertenece a los piroxenos. Químicamente, es un silicato de manganeso, que puede ser reemplazado por hierro, magnesio o calcio en una variedad de soluciones sólidas con otros minerales. Se presenta como una masa espacial granular o granular dispersa, muy raramente como un cristal tabular. Color característico rojo rosado, que puede volverse marrón oscuro bajo la influencia del clima. (Dpto Geología, s.f)

#### **2.2.5.4. Métodos de minado.**

##### **A. Método de Corte y Relleno Ascendente (CRAM):**

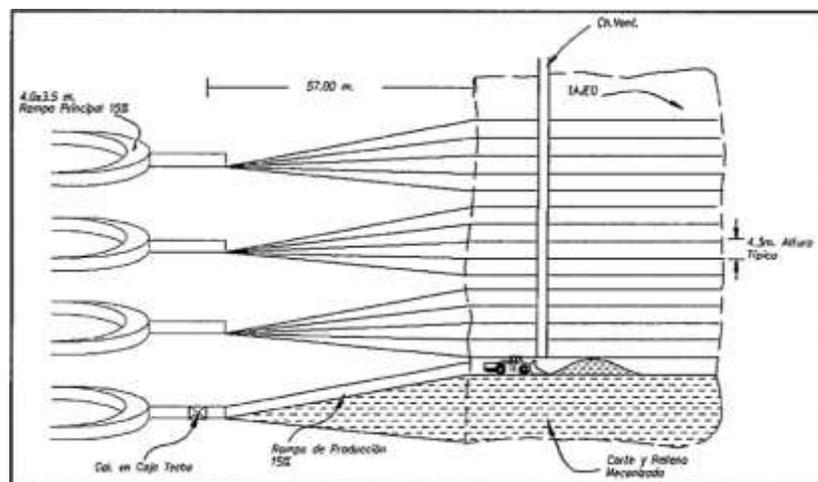
Dimensiones del tajo:

- Longitud aprox 150mt.
- Alto de 50 mt.
- Ancho de 3 a 12 mt.
- Preparacion:
- 01 chimeneas usado como echadero de mineral de 1.5 mt x 1.5 mt.
- 02 accesos de la rampa a la veta de 3.5m x 3m.
- By pass de 3.0 mt x 3.0 mt.
- 02 rampas de acceso en "Z" de 3.5 mt x 3.0 mt ya sea positivo y negativo
- 02 chimeneas servicio de 1.2 mt x 1.2 mt.
- Explotación:
- Perforación horizontal usando jumbo.
- Altura de corte de 3 mt.
- Acarreo usando scooptrams de 6 yd<sup>3</sup> y 3.5
- Relleno hidráulico.
- Dilución de 20% - 25%
- Productividad aproximada de 7.20 Tn/H
- Avance efectivo de 3.20 mt
- Mineral disparado roto 113 TM
- Consumo de explosivos aproximado de 0.25 Kg./Tn
- Longitud de taladro de 3.30 mt

- Recuperación de recursos al 90%
- Sostenimiento temporal con Pernos, malla electro soldada y/o “shotcrete” (Dpto. Mina, s. f)

**Figura 8**

**Método de corte y relleno ascendente. Mina Animón**



Fuente: Departamento de mina.

**B. Método de taladros largos (sub level stoping)**

Dimensiones del tajo

- Longitud de 75 mt.
- Alto aproximado de 50 mt.
- Ancho de 3 a 12 m.

**Preparaciones:**

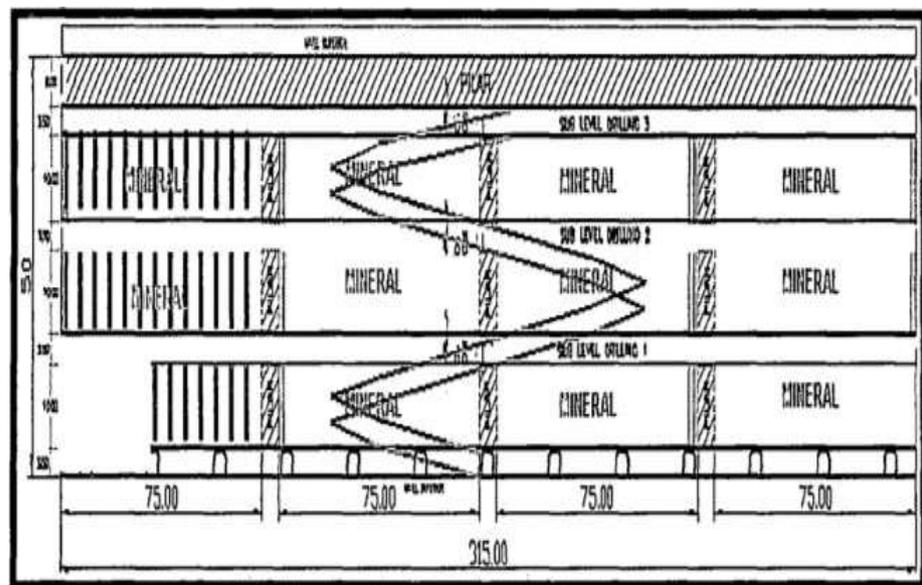
- Tajos de 50 mt de altura y 250 m. de longitud
- Rampa usando estéril para acceso a los sub nivel de

perforación 1 y/o 2.

- Eliminación del desmonte (Construcción de chimenea en la parte central del block)
- Los Cx de extracción de mineral se construyen cada 11.75 de eje - eje entre Cx.
- Cx de perforación de mineral se construye cada 20 mt de eje a eje entre Cx (Dpto. Mina, s. f)

**Figura 9**

### Método de taladros largos. Mina Animón



Fuente: Departamento mina.

### 2.3. Definición de términos básicos.

- **Aditivos.** Sustancias que se agregan al concreto base para darle, modificar o mejorar cualidades que no posee como retardadores de fraguado, acelerantes, plastificantes, y aditivos para el control de la hidratación) .
- **Capa.** Concreto que se extiende sobre la superficie de la roca, formado por varias pasadas de la boquilla dando así espesor de Shotcrete (fraguado).

- **Cemento.** Es un compuesto de arcillas y materias calcáreas, dando lugar a una masa uniforme y rígida al agregar agua, logrando una resistencia y adherencia óptima.
- **Derrumbe.** Es cuando se desploma un corte o tajo haciendo que colapse una labor minera.
- **Falla.** Desplazamiento de dos bloques de terreno en sentidos contrarios, llegando a distanciarse por centímetros o kilómetros en un tiempo indeterminado (horas o años).
- **Fisura.** Es la hendidura que se presenta en una masa mineral.
- **Galería.** Es el camino estrecho, lugar o sitio en las excavaciones inclinadas u horizontales subterráneas.
- **Geomecánica.** Es la ciencia que estudia el macizo rocoso en su entorno físico aplicando al campo de fuerza y comportamiento mecánico.
- **Labor.** Es el nombre que se da a toda actividad minera que pueden ser: socavón , túneles, Gal (galerías), sub nivel, Rp (rampa). Chimeneas etc.
- **Método por vía húmeda.** Shotcrete, es la mezcla del cemento, agregados, agua, aditivos y si se requiere acelerantes. Esta mezcla es proyectada de una manera continua por la manguera hacia una boquilla por medio del aire comprimido que se le inyecta.
- **Operación minera.** Son los diferentes trabajos que se realiza desde el principio hasta el cierre de mina donde se desarrolla la exploración, planeamiento, extracción, tratamiento, transporte y comercialización del mineral, incluyendo además también los servicios auxiliares.
- **Rebote.** Es el material que no se adhiere a la superficie rocosa al momento de ser proyectado.

- **Robot Alpha 20.** Es un equipo hidráulico que se traslada utilizando un motor diésel, teniendo gran capacidad de bombeo además siendo de una operación y mantenimiento simple.
- **Roca.** Cada combinación natural de minerales y rocas es parte de la corteza terrestre.
- **Shotcrete.** Concreto proyectado a altas velocidades ayudado por el aire comprimido hacia una superficie rocosa.
- **Sistema.** Unión de elementos, trabajos, normas relacionadas entre sí que nos llevan a cumplir fines establecidos coordinadamente de acuerdo a la planificación y temporalización.
- **Sostenimiento.** Término utilizado para describir los materiales y procesos utilizados para mejorar la estabilidad y el soporte de la roca en los bordes de las excavaciones subterráneas
- **Tajo.** Expresión utilizada para designar el lugar de trabajo asignado.

## 2.4. Formulación de Hipótesis.

### 2.4.1. Hipótesis general.

El sistema de concreto lanzado vía húmeda empleando robot Alpha 20 optimiza el sostenimiento de labores mineras subterráneas en la Unidad Económica Animón. Pasco.

### 2.4.2. Hipótesis Específicas

1. Se reducirán los costos de hormigón proyectado vía húmeda en sostenimiento de labores mineras subterráneas empleando robot Alpha 20 en la Unidad Económica Animón. Pasco. 25
2. Se reducirán las pérdidas de material de concreto lanzado vía húmeda en el sostenimiento de labores mineras subterráneas utilizando robot

Alpha 20 en la Unidad Económica Animón. Pasco.

3. El empleo del robot Alpha 20 en el concreto lanzado vía húmeda mejorará la eficiencia en el sostenimiento de labores mineras subterráneas en la Unidad Económica Animón. Pasco.

## **2.5. Identificación de Variables.**

### **2.5.1. Variable independiente:**

Sistema de concreto lanzado vía húmeda.

### **2.5.2. Variables dependientes:**

Sostenimiento de labores mineras subterráneas empleando el Robot Alpha 20.

## 2.6. Definición operacional de variables e indicadores.

**Tabla 1**  
**Operacional de variables**

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES
<b>Variable independiente:</b> Sistema de concreto lanzado vía húmeda.	Mezcla de cemento, agua, aditivo, plastificante y fibras que pueden ser de carbono, vidrio, metálica, etc.	Proyección del concreto lanzado para mayor estabilidad de la masa rocosa inestable	Mecánica de Rocas	RMR
			Clasificación de maciso rocoso	GSI Q(Barton) Tipo IV (Malo) Tipo V (Muy Malo)
			Concreto lanzado (shotcrete)	Diseño de mezcla Materiales Eficiencia Costos.
			Instrumentos para el control de Calidad	Capacidad de soporte. Pull Test Penetrometro Digital
	Conjunto de soportes que ayudan en la fortificación de las labores		Reducción los costos de concreto lanzado	Concreto Lanzado via seca Concreto Lanzado vía húmeda Costos Unitarios

	abiertas durante la explotación minera			Costos totales por m3
<b>Variable dependiente:</b>	mejorando las condiciones de estabilidad del macizo rocoso. El sostenimiento mecanizado de labores mineras se puede hacer con el Robot Alpha 20	Trabajo mecanizado con el Robot Alpha 20 que se realiza para optimizar el sostenimiento de labores mineras.	Reducción de las pérdidas de material de concreto lanzado	Tipo y cantidad de agregado Granulometria del agregado Tipo y cantidad de cemento Proporción de Mezcla Transporte de mezcla Preparación de Mezcla Lanzado de Mezcla
Sostenimiento de labores mineras subterráneas empleando el Robot Alpha 20			Mejora la eficiencia del concreto lanzado	Tiempo de Lanzamiento de Mezcla Condiciones de Equipo Habilidades del Personal

## **CAPÍTULO III**

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

#### **3.1. Tipo de investigación.**

El tipo de estudio es No experimental por que la investigación que se realiza es observar, analizar y evaluar los estudios de campo, que nos permitió recolectar datos de forma directa. Logrando la formulación de nuestros objetivos, así como preguntas para la investigación.

#### **3.2. Nivel de investigación.**

El nivel de investigación es cuantitativo.

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

El método de investigación es descriptivo, porque consiste en describir, analizar e interpretar sistemáticamente un conjunto de hechos o fenómenos y sus variables que los caracterizan de manera tal como se dan en el presente estudio. (Sánchez, 2006).

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

El diseño de investigación que se empleará será descriptivo –

correlacional, de carácter cualitativo, que tiene como propósito medir el grado de relación que existe entre dos o más conceptos o variables (Hernández, Fernández y Baptista 2006).

### **3.5. Población y muestra.**

#### **3.5.1. Población.**

Sostenimiento mecanizado en labores mineras subterráneas en la Unidad Económica Animón.

#### **3.5.2. Muestra.**

Sostenimiento en labores mineras subterráneas que requiere concreto lanzado vía húmeda empleando robot Alpha 20 en la Unidad Económica Animón.

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

#### **3.6.1. Técnicas.**

La técnica empleada en el estudio es el control de calidad en el concreto lanzado vía húmeda, que son los mecanismos, acciones y herramientas que se ejecutan para detectar la presencia de errores. Se cuenta con un laboratorio de control de calidad, donde se realizará los controles necesarios que aseguren la calidad aplicando las normas ASTM, ACI y NTP.

#### **3.6.2. Instrumentos.**

##### **➤ Método de penetración de la aguja.**

Los resultados de este método se calculan a partir de la fuerza que se requiere para penetrar 15 mm de la superficie de la muestra usando una aguja de 3 mm de diámetro. Usando este método se puede determinar la resistencia hasta aprox. 1,5 MPa. La herramienta de medición para este método es el penetrómetro digital Mecmesin AFG 1000.

**Figura 10**

**Método de penetración de la aguja**



Fuente: Elaborado por el autor

➤ **Método de accionamiento del clavo de impacto (HILTI).**

Resistencias a la compresión de 3 a 20 MPa se determina por los clavos prisioneros roscados, que son accionados en la superficie del concreto lanzado.

La herramienta usada es el Hilti DX 450-SCT con cartuchos

**Figura 11**

**Método de accionamiento del calvo de impacto (HILTI).**



Fuente: Elaborado por el autor

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

#### **3.7.1. Procesamiento.**

Se estudiará los reportes de la supervisión, con el propósito de verificar las instrucciones de la aplicación del sostenimiento de labores subterráneas con **concreto lanzado**.

Se efectuará un seguimiento a cada una de las labores, con el propósito de asegurar el procedimiento y resistencia final del concreto lanzado

#### **3.7.2. Análisis.**

Los datos que se obtuvo nos permitió realizar un análisis de forma detallada, estos análisis son presentados utilizando los gráficos, los análisis de datos se presentarán en cuadros de doble entrada numérica para observar el análisis e interpretación

### **3.8. Tratamiento estadístico**

Se utilizará el programa Excel de Microsoft, así como el programa SPSS V. 25, estos dos programas permitirán realizar los datos y gráficos que requiere nuestra tesis.

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

El presente proyecto es un tema inherente a la problemática de la mina, por lo que no es copia de otra, sin embargo, existen conceptos y antecedentes similares las cuales se tomarán en consideración dentro del estado de arte y están debidamente citados de acuerdo a las normas APA séptima edición

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

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

Concreto lanzado vía húmeda como sostenimiento de labores mineras subterráneas empleando el robot Alpha 20. U.E. Animón.

##### **4.1.1. Geomecánica.**

La UE Animón, está en rocas sedimentarias, que se conocen como “Capas Rojas” de la Formación de Casapalca del Cretáceo Superior al Terciario Inferior. Están constituidas por la combinación de margas, areniscas, conglomerados, sedimentos calcáreos, los que fueron plegados y fragmentados por la orogenia andina del Eoceno-Plioceno (Departamento Geomecánica, s.f)

Las fuerzas tectónicas compresivas a lo largo de las zonas axiales generaron zonas de debilidad, pliegues y fallas geológicas en el anticlinal, lo que sirvió de canales de circulación de fluidos mineralizados (Departamento Geomecánica, s.f)

El estudio geológico de las estructuras mineralizadas de la mina Animón, se consideran dentro de una clasificación MF/R (muy fracturado regular), MF/P

(muy fracturado pobre), MF/MP (muy fracturado muy pobre), para estructuras parcialmente disturbado, con bloques angulosos, formado por cuatro o más sistemas de discontinuidades (Departamento Geomecánica, s.f)

Las rocas más conocidas son sedimentarias y alteradas por acción meteórica, con una profundidad de 450 mt (Departamento Geomecánica, s.f)

El sostenimiento de la labor es muy lento y no adecuado, hasta que se empezó a utilizar el “shotcrete” así como pernos de compresión y fricción axial (sostenimiento de periodos cortos).

Las condiciones climáticas y las propiedades de la roca sugieren que las condiciones de operación serán severas, pero el uso de hormigón proyectado, los pernos de sujeción y la fricción del eje están frenando el progreso “Al realizar trabajos de minería (tajo) de hasta 12m de ancho, 6m de alto y hasta 3m de profundidad, es muy importante asegurar la estabilidad de la obra (Departamento Geomecánica, s.f) Por esta razón, la geomecánica juega un papel importante en relación con los soportes utilizados en el suelo, así como en varios controles de geomecánica

## **Figura 12**

### **Afloramiento de las capas rojas**



Fuente: (Departamento Geomecánica, s.f)

#### **4.1.1.1. Aspectos geomecánico.**

La mina Animón tiene una roca de muy mala calidad, por lo que lo que más nos preocupa es el riesgo de derrumbes, deslizamientos de tierra y/o grandes cantidades de sedimentos.

El espacio entre las juntas es de 0,05 m a 0,30 m, la discontinuidad de 5 m, la resistencia en la caja es inferior a 15 MPa y en el mineral es inferior a 60 MPa, la variación es fuerte en la caja y moderada en los minerales, las grietas se rellenan con arcilla, el agua subterránea se filtra en la caja y corre en una estructura mineralizada.

Para el control y la estabilidad, se utiliza una capa de concreto proyectado de 2 pulgadas como soporte preventivo y soporte final para el empuje y pernos de empuje de 7 pies para mantener estable la roca.

Se presta mucha atención a la verificación y determinación de aberturas máximas, tiempos de autosoporte y determinación de distancias perno a perno (Departamento Geomecánica, s.f)

#### **Figura 13**

#### **Macizo rocoso de marga roja**



Fuente: Dpto de Geomecánica UE. Animón.

#### **4.1.1.2. Aspectos geomecánico.**

En la mina Animon, el comportamiento geomecánico más resaltante es la presencia de minerales arcillosos expansivo e inestable que son de un origen primario (etapa de formación de la roca) u origen secundario (minerales producto de la alteración hidrotermal) en la actualidad son parte de la composición de las margas grises, las arcillas originan el deterioro de la calidad de roca, reduciendo el grado de resistencia y incrementando la presión de los poros en las paredes, por la absorción del agua subterránea. (Departamento Geomecánica, s.f)

De acuerdo al sistema de minado, los tajos sobre veta deberán sostenerse en forma temporal al inicio, utilizando el tipo de sostenimiento usando como guía el G.S.I. (Geological Strength Index – índice de Esfuerzo Geológico) detallado y como soporte será necesario el uso de pernos, malla electrosoldada y “shotcrete”, colocadas de manera eficiente (debido al deterioro del macizo rocoso por la absorción del agua), asimismo, se deberá proteger las futuras rampas, en los tramos excavados en margas grises que se encuentren bajo la influencia de agua en la proximidad de su entorno, que proviene de la infiltración o del relleno hidráulico (Departamento Geomecánica, s.f)

Los controles implementados como las mediciones de convergencia con cimbra en tramos críticos, el uso del sistema de relleno hidráulico, se considerarán para el mejoramiento y optimización de los sistemas de minado que se usen en la producción de la mina.

Las recomendaciones geomecánica se realizan a través de G.S.I.  
(Departamento Geomecánica, s.f)

#### **Figura 14**

#### **Macizo rocoso de marga gris**



Fuente: Dpto de Geomecanica UE. Animón.

#### **4.1.2. Sostenimiento.**

Para realizar el sostenimiento en la Unidad Económica Animón se ejecuta de acuerdo a la sección y así como el tipo de labor a sostener:

##### **4.1.2.1. Labor temporal. Sección: 4.00 - 10.00 m.**

- *Sostenimiento tipo A*, hormigón proyectado (shotcrete) estructural de 1.50" más perno de compresión de 7.0' en bóveda sistemático de 1.80 m x 1.80 m y/o malla adicional el perno de compresión de 7.0' sistemático 1.50 m x 1.50 m.
- *Sostenimiento tipo B*, hormigón proyectado estructural de dos pulgadas (2.00") adicional el perno de compresión de 7.0' sistemático de 1.50 m x 1.50 m o malla más perno de compresión de 7.0' sistemático de 1.20

m x 1.20 m (Departamento Geomecánica, s.f)

- *Sostenimiento tipo C, hormigón proyectado (shotcrete) estructural de dos pulgadas (2.00") más perno de compresión de 7.00' sistemático de 1.20 m x 1.20 m.*
- *Sostenimiento tipo D, hormigón proyectado (shotcrete) estructural de dos pulgadas (2.00") más perno de compresión de siete pulgadas (7.00') sistemático de 1.0 m x 1.0 m más drenes con perno de fricción*
- *Sostenimiento tipo E, hormigón proyectado (shotcrete) estructural de dos pulgadas (2.00") más perno de compresión de siete pulgadas (7.00') sistemático de 1.0mts x 1.0 m más hormigón proyectado (shotcrete) estructural de dos pulgadas (2.00") de refuerzo, Instalar castillos de cribing en tajos mayores a 8 m. (Departamento Geomecánica, s.f)*
- *Sostenimiento tipo F, hormigón proyectado (shotcrete) estructural de dos pulgadas (2.00") adicionales cuadros de madera de cuartones de 12.0' más guarda cabeza (Departamento Geomecánica, s.f)*

#### **4.1.2.2. Labor permanente. Sección: 3.0 - 4.5 m.**

- *Sostenimiento tipo A, perno de fricción de siete pulgadas (7.00'), puntales ó hormigón proyectado (shotcrete) de 1.00"*
- *Sostenimiento tipo B, hormigón proyectado (shotcrete) estructural de dos pulgadas (2.00"), perno de compresión de siete pulgadas (7.00") Sistemático de 1.80 m x 1.80 m*
- *Sostenimiento tipo C consta de hormigón proyectado (shotcrete) estructural de 2" adicional a pernos de compresión Sistemático de 1.5mt x 1.5mt.*

- *Sostenimiento tipo D consta de hormigón proyectado (shotcrete) estructural de 2" adicional a perno de compresión sistemático 1.20 m. x 1.20 m.*
- *Sostenimiento tipo E, consta de hormigón proyectado (shotcrete) estructural de dos pulgadas (2.00") adicionar malla y perno de Compresión de siete pulgadas (7.0") sistemático de 1.0 m x 1.0 m.*
- *Sostenimiento tipo F, consta de hormigón proyectado (shotcrete) estructural de dos pulgadas (2.00") adicional a túnel Liner - cimbras metálicas (Departamento Geomecánica, s.f)*

#### **4.1.2.3. Labor temporal. Sección: 3.0 - 4.0 m.**

- *Sostenimiento tipo A, consta de perno de fricción 7' ocasionales o sin ningún soporte.*
- *Sostenimiento tipo B, consta de pernos de fricción de 7' sistemático de 1.50 m x 1.5 m o hormigón proyectado (shotcrete) estructural de 1.50".*
- *Sostenimiento tipo C, consta de hormigón proyectado (shotcrete) estructural de 2.00" adicionales pernos de compresión o malla más perno de compresión de 7.0' sistemáticos de 1.50 m x 1.5 m.*
- *Sostenimiento tipo D, consta de hormigón proyectado (shotcrete) estructural de 2.00" adicional malla más perno de compresión 5'-7' Sistemáticos de 1.20 m x 1.2 m o pernos de compresión de 7.00' Sistemáticos de 1.50 m x 1.5 m.*
- *Sostenimiento tipo E, consta de hormigón proyectado (shotcrete) estructural de 2.00", malla más pernos de compresión 7' Sistemáticos 1.0 m x 1.0 m o pernos de compresión de 7' Sistemáticos de 1.20 m x 1.20 m. (Departamento Geomecánica, s.f)*

- *Sostenimiento tipo F, shotcrete estructural 2" más malla y perno de Comprensión 7' sistemáticos (1.0 x 1.0 m) más shotcrete estructural 2" o Shotcrete estructural 2" más marchavantes (Departamento Geomecánica, s.f).*

#### **4.1.2.4. Labor temporal. Sección: 1.8 - 3.0 m.**

- *Sostenimiento tipo A, consta de pernos de fricción de 5.00' ocasional o sin soporte.*
- *Sostenimiento tipo B consta de pernos de fricción de 5' sistemáticos de 1.5 m x 1.5 m. o hormigón proyectado (shotcrete) estructural de 2" adicionales pernos de 5' en bóveda.*
- *Sostenimiento tipo C consta de hormigón proyectado (shotcrete) estructural de 2" adicionales, pernos de comprensión de 5' Sistemáticos de 1.5m x 1.5 m.*
- *Sostenimiento tipo D, consta de hormigón proyectado (shotcrete) estructural de 2" adicional perno de comprensión de 5" sistemático de 1.20 m x 1.20 m.*
- *Sostenimiento tipo E consta de s hormigón proyectado (shotcrete) estructural 1" adicional a malla y perno de comprensión de 5" sistemático de 1.0mt x 1.0 mt más hormigón proyectado (shotcrete) estructural de 2".*
- *Sostenimiento tipo F, hormigón proyectado (shotcrete) estructural adicional túnel liner más shotcrete estructural o cimbras metálicas (Departamento Geomecánica, s.f)*

#### **4.1.2.5. Labor temporal. Sección: 1.50 m - 3.00 m.**

- *Sostenimiento tipo A, No cuenta con soporte, pernos de fricción de 5.0” ocasional o puntales.*
- *Sostenimiento tipo B, consta de puntales de seguridad o pernos de fricción de 5.0” sistemático de 1.5 x 1.5 m.*
- *Sostenimiento tipo C, consta de Pernos de fricción 5’ más malla o pernos de comprensión de 5.0” sistemáticos de 1.5 x 1.5 m o puntales adicionalmente malla.*
- *Sostenimiento tipo D, consta de puntales con jackpot a 1.50 m. o malla adicional perno de comprensión de 5.0” sistemáticos de 1.5 x 1.5 m*
- *Sostenimiento tipo E, consta de puntales con jackpot a 1.2 m más malla o perno de comprensión de 5.0” sistemático de 1.2 x 1.2 m más malla*
- *Sostenimiento tipo F, consta de cuadros de madera (Departamento Geomecánica, s.f)*

#### **4.1.3. Concreto lanzado vía húmeda.**

Es el concreto proyectado por fuerza neumática sobre una superficie a una alta velocidad; componentes y el material usado son:

- ✓ Cemento
- ✓ Agregado.
- ✓ Agua.
- ✓ Aditivos y elementos de refuerzo.

##### **A. Antecedentes.**

- *Año 2001.* La empresa administradora Chungar S.A.C., U.E. Animón, aplica el “shotcrete” vía seca para el sostenimiento de sus accesos principales con el fin de mejorar su producción en la

veta María Rosa, de los niveles 540, 500 y 465 (Departamento Geomecánica, s.f)

- *Año 2001 y 2002.* Se aplica metros cúbicos de “shotcrete” vía seca; por lo que se contaba con máquinas shotcreteras de rotor de marca Aliva, se centró principalmente en las labores permanentes de desarrollo, como rampas, cruceros y “By Pass”. La aplicación en promedio fue de 176 m<sup>3</sup>/mes; la mezcla se realizaba en los frentes del avance, por lo que se transportaba todo el material necesario.
- *Año 2003.* Teniendo en cuenta las pérdidas generadas en el transporte de materiales e inconvenientes en la preparación de la mezcla en los frentes de avance, se decide realizar la mezcla en superficie, por lo que se decide construir un ambiente para la acumulación de materiales y preparado con un trompo mezclador de 9 pies<sup>3</sup>, la dosificación se realizaba a mano por paladas, y el cemento en bolsas; esta práctica se ejecutó hasta febrero del 2005 (Departamento Geomecánica, s.f)
- *Año 2004 (marzo).* Se aplica el “shotcrete” por vía húmeda, con la E.E. UNICON, principalmente en labores principales y algunos tajos; para el lanzamiento de shotcrete vía húmeda, se tuvo una planta de dosificación de concreto, un camión hormigonero (Marca volvo de 8 m<sup>3</sup>) para el mezclado, dos camiones hormigoneros (Marca Nissan Cóndor de 2 m<sup>3</sup>) para el transporte y 2 lanzadores robotizados; el rendimiento aproximado fue de 250 m<sup>3</sup>/mes hasta diciembre del 2005 (Departamento

Geomecánica, s.f)

- *Año 2005 (febrero)*. Entra en funcionamiento la planta de concreto de la EE INPECON, con el fin de preparar mezcla para shotcrete vía seca, se mejoró las proporciones de insumos, principalmente del cemento, anteriormente se usaban las bolsas, esto fue reemplazado por granel, lo que ayudo en la optimización de costos. Dado el bajo rendimiento de la EE UNICON en el mes de agosto del 2005 ingresa la EE ROBOCON, con el abastecimiento de la planta de concreto de INPECON y con el diseño del departamento de geomecánica, se mejora la velocidad del sostenimiento.
- *Año 2006*. Se optimiza y mejora el lanzado vía húmeda con los equipos de la EE ROBOCON, cuyo lanzador robotizado (Alpha 20) era de gran rendimiento. En agosto del 2006, termina el contrato de la EE UNICON; manteniéndose para las operaciones de sostenimiento la EE ROBOCON, incrementando su flota, con dos Alpha 20 y tres camiones hormigoneros de 4 m<sup>3</sup>. El abastecimiento de mezcla es en la planta de INPECON
- *Año 2006 (noviembre)*. Ingresa la EE Firth, reemplazando a la EE INPECON a partir de enero del 2007, con una planta de concreto para el preparado de mezcla vía seca y húmeda.
- *Año 2009 (enero a la fecha)*. El departamento de geomecánica administra la operación de la planta de concreto, mejorando el diseño y disminuyendo notablemente los costos de operación y rendimiento que se ven reflejados meses a mes (Departamento

Geomecánica, s.f)

#### 4.1.3.1. Materiales.

Los materiales empleados en el concreto lanzado vía húmeda en labores mineras subterráneas como sostenimiento empleando robot Alpha 20 en la Unidad Económica Animón son:

##### A. *Cemento Portland.*

El cemento hidráulico que se produce a través de la pulverización del clinker, se compone de silicatos de calcio hidráulico y contiene una o más de las formas de sulfato de adicionada durante la molienda (Goma, 1979)

Esto se logra precalentando (alrededor de 1300 °C) una mezcla de minerales triturados, incluyendo piedra caliza y arcilla. El calentamiento se realiza en hornos giratorios inclinados de 100 m de largo y 3m de diámetro.

El Material recaudado denominado “clinker” se muele finamente y se adiciona de un 2% a 3% de yeso para evitar que fragüe instantáneamente (Goma, 1979)

##### A.1. Tipos:

- *Tipo I normal.* Cemento Pórtland se usan en obras de concreto en general (Departamentos, estructuras industriales, habitacionales). Elimina el calor de hidratación más que los otros tipos de cemento.
- *Tipo II.* Este tipo de cemento es de leve resistencia a los sulfatos, es el cemento Pórtland que se usan en obras de concreto en general y obras donde se requiera moderado calor de hidratación,

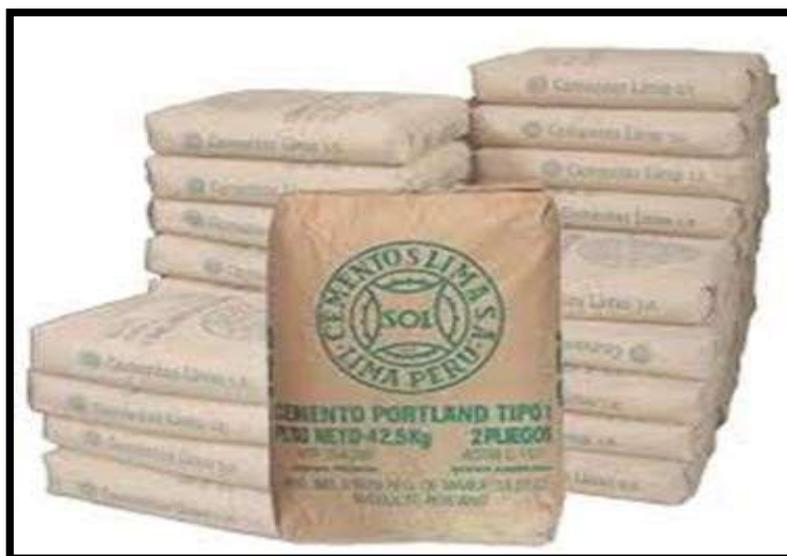
cuando así sea especificado.

- Tipo III. Este tipo de cemento es de gran resistencia inicial, se usa cuando es necesario desencofrar a los pocos días de haber realizado el vaciado.
- Tipo IV. Este tipo de cemento requiere bajo calor de hidratación por lo que no debe producir dilataciones durante el fraguado.
- *Tipo V.* este tipo de cemento se usa donde se requiera una alta resistencia a la acción concentrada de los sulfatos (canales, alcantarilla, obras portuarias) (Goma, 1979)

En la Unidad Económica Animón se emplea el cemento tipo I normal en el concreto lanzado por vía húmeda para el sostenimiento de labores mineras subterráneas.

**Figura 15**

**Cemento portland TIPO I**



Fuente: Tomado de Gomá, F. 1979.

## **B. Agregados o áridos.**

Son materiales de origen natural o artificial que, mezclados con el cemento, agua y aditivos, forman la roca artificial denominada “concreto” u “hormigón”.

Dado que 3/4 del volumen de hormigón lo ocupan los áridos, su calidad es muy importante. El agregado debe consistir en partículas limpias, sólidas, fuertes y duraderas que puedan adherirse bien a la masilla de cemento.

La arcilla se adhiere a los agregados y otras impurezas evitando que el concreto se endurezca. Las propiedades de los agregados dependen en gran medida de la calidad de la roca madre de la que se obtienen (Martinez, 2009)

### **B.1. Clasificación.**

Por su origen:

- *Naturales.* Agregados naturales que provienen de las rocas y son el resultado de un proceso de fragmentación natural como la meteorización y la abrasión, o un proceso mecánico artificial; En ambos casos conservan las mismas propiedades físicas: densidad, porosidad, textura, resistencia a la intemperie y composición mineral de la roca madre.
- *Artificiales.* Estos áridos se obtienen a partir de productos y procesos industriales como *arcilla expandida, escoria de alto horno, limaduras de hierro, etc. se mezclan con agregados naturales para reducir el costo del concreto y mortero (Martinez, 2009)*

- *Por su tamaño:*
- *Agregado Fino (Arena). Es un material que pasa el 95% de sus partículas por el tamiz número 4 con una abertura de malla de 4,76 mm (3/16 de pulgada).*
- *Agregado Grueso (Grava). Es el material retenido en el tamiz de 150 mm (6 pulgadas) y es un 95 % más grande que el de 4,76 mm.*
- *Hormigón. Es un material constituido por una mezcla de arena y grava, que, mezclada en cualquier proporción, se presenta de forma natural en la corteza terrestre y se utiliza para la minería en canteras (Martinez, 2009)*

Por su densidad:

Depende de la masa por unidad de volumen y del volumen de poro, independientemente de que sean agregados naturales o artificiales. Esta distinción es necesaria porque afecta a la densidad del hormigón producido (ligero, normal o pesado).

Por su forma:

Los agregados de piedra natural que se han sometido a trituración y clasificación varían en forma desde cubos o poliedros hasta losas o fuselajes alargados o aplanados. Por otro lado, los conjuntos fluviales o depósitos aluviales son redondos o aplanados. (Martinez, 2009)

En la Unidad Económica Animón en la preparación del concreto lanzado vía húmeda para el sostenimiento de labores mineras subterráneas se usa agregados de gradación N° 2 del ASTM., que constituyen alrededor del 75 % a 80 % del volumen de la mezcla de

concreto.

### **Figura 16**

#### **Agregado Gradación N° 2. Depósito mina Animón**



Fuente: Dpto. mina. U.E. Animón

#### **C. Agua.**

El agua es el factor más importante en la preparación de una mezcla de concreto ya que se utiliza para hidratar el cemento y desarrollar sus propiedades.

Para la producción de concreto, puede usar casi cualquier agua potable natural, que no tenga un olor o sabor distintivo. Sin embargo, ciertos tipos de agua no potable pueden ser adecuados para el concreto. En todos los casos, el agua utilizada en la mezcla deberá cumplir con los requisitos de la norma establecida en este caso.

El agua en la mezcla incluye el agua agregada a la mezcla y la humedad contenida en los agregados.

La contaminación excesiva en el agua no solo puede afectar el tiempo

de fraguado y la resistencia del concreto, sino que también puede causar cavitación, decoloración, agrietamiento por corrosión bajo tensión e inestabilidad de volumen y durabilidad reducida.

En la Unidad Económica Animón el agua empleada para el mezclado del concreto lanzado debe ser de Ph neutro, limpia y libre de sustancias que podrían ser nocivas al concreto y acero.

#### ***D. Aditivos.***

Sustancias o productos (inorgánicos u orgánicos) introducidos en el concreto antes del mezclado (en la misma mezcla o durante un mezclado adicional) en una proporción que no exceda el 5% en peso de cemento, en estado fresco o en estado duro, causando un cambio deseable en algunas de sus características normales, propiedades o comportamiento normal de los atributos. Se utilizan para mejorar la trabajabilidad y controlar el fraguado del hormigón (SIKA, 2012)

##### **D.1. Super plastificantes de alto rango.**

El agente reductor de agua de alto rendimiento (HRWR) puede reducir significativamente el contenido de agua y cemento. El contenido de agua se reduce del 12% al 40%, lo que permite la producción de concreto con alta resistencia a la compresión y mucho más duradero (SIKA, 2012)

Estos aditivos se utilizan para dar al concreto de bajo fraguado las mismas propiedades que el concreto de alto fraguado sin la adición de agua.

Los superplastificantes también se pueden usar para producir concreto normal y con bajo contenido de agua. Estos aditivos son

perfectos para la producción de muros, columnas, hormigón de alta resistencia inicial y final, hormigón de alta fluidez para elementos prefabricados, concreto autocompactante, concreto con grandes cantidades de armadura donde la resistencia y el apilamiento son importantes

Para aprovechar los grandes beneficios que aporta a la planta la adición de superplastificantes, se debe humedecer el cemento antes de la adición del superplastificante. Por esta razón, a menudo se agrega a la mezcla al final del ciclo de mezclado. Si el cemento no se mezcla previamente con agua cuando se agregan los superplastificantes, el aumento del estancamiento puede durar varios minutos (SIKA, 2012)

Este tipo de aditivo aumenta significativamente la trabajabilidad de los morteros y hormigones sin cambiar su contenido de agua, la vida útil suele ser temporal y variable, el mortero y el concreto tienen la capacidad de Se puede obtener un trabajo a largo plazo con una pequeña cantidad de agua, ahorrando de 12 a 25%. de agua de mezcla.

Los efectos específicos de los superplastificantes varían según el tipo de cemento, la proporción de agua y aglomerante, la dosificación del aditivo, la temperatura de mezclado, la temperatura ambiente y otras características que puedan ocurrir durante el proceso operativo.

La razón principal para usar este aditivo en concreto es principalmente; para resolver problemas de manipulación,

tracción y resistencia (SIKA, 2012)

El rango de dosificación es de 0,4 a 1,4 %, según lo que desee lograr, como una mayor vida útil de la herramienta o una mayor capacidad de trabajo compuesto.

## **D.2. Acelerantes ultra rápido de fraguado.**

La función principal del acelerador de fraguado reductor de agua es acelerar el inicio del fraguado, asegurando una alta estabilidad a una edad temprana. Muchos aceleradores contienen agentes reductores de agua que hacen que el concreto reduzca el agua para fraguar más rápido. Las principales áreas de aplicación de estos aditivos son: concreto de baja temperatura, concreto prefabricado, concreto de secado corto y trabajos de reparación. Se utiliza para sellar fugas y chorros de agua a presión en: túneles, estanques, sótanos y tuberías, roca, piso, concreto o roca. Con la filtración bajo control, realizar la reparación final e impermeabilización (SIKA, 2012)

Las preocupaciones sobre la aceleración del concreto proyectado están directamente relacionadas con la necesidad de que el material no escurra sobre superficies verticales y se caiga durante el lanzado "sobre cabeza". El mortero o concreto proyectado tiene tendencia a hundirse por su propio peso o por una reacción física que actúa sobre la superficie sobre la que se aplica.

La aceleración en el lanzamiento permite que no se disipe por la gravedad, mientras que la naturaleza viscosa (pegajosa) proporcionada por los aceleradores significa que su rebote es

mínimo. El flujo de salida generalmente se vio amplificado por la naturaleza extremadamente líquida del material que debía transportarse dentro de tuberías con secciones transversales cada vez más pequeñas. Entonces, paradójicamente, necesitamos un concreto o mortero extremadamente líquido que se pueda empujar fácilmente a través de un espacio muy pequeño y confinado, pero que después de salir por la manguera y golpear la superficie, no resbale ni se caiga. Como podemos ver, esto es casi imposible sin la ayuda de la ciencia química, que nos permite poner un acelerador instantáneo en el líquido, justo antes de que se dispare en la atmósfera. De esa manera, cuando golpea la base, se queda arriba (SIKA, 2012)

La capacidad del mortero de cemento para fraguar a los pocos segundos de contacto con un acelerador instantáneo significa que el material permanece firmemente adherido a la superficie existente y puede incluso absorber grandes cantidades de material expulsado, incluso aumentar su espesor muchas veces. ver sin caer y resbalar.

Objetivos:

- Consiga el máximo espesor aumentando la rigidez inicial, lo que aumenta la productividad al reducir el número de pasadas.
- Reducir la capacidad del hormigón para absorber y drenar el agua, mejorar la seguridad de los movimientos de tierra
- Acelerar la hidratación y por lo tanto aumentar el desarrollo de resistencias

- Permitir que el concreto sea aplicado sobre superficies húmedas minimizando las filtraciones (SIKA, 2012)

En la Unidad Económica Animón se utiliza aditivo a base de aluminatos, para permitir estabilizar rápidamente el macizo rocoso, colocar una capa de concreto lanzado del espesor establecido y aumentar su adhesión en superficies húmedas.

### **D.3. Fibras metálicas.**

Los hilos metálicos son cintas discontinuas de tamaño decreciente, fabricadas en acero con propiedades especiales. El refuerzo disperso del hormigón con fibras metálicas mejora significativamente sus propiedades mecánicas.

Hecho de alambre de acero con bajo contenido de carbono con alta resistencia a la tracción para un mejor rendimiento estructural a largo plazo.

El refuerzo de hormigón con fibras metálicas da la opción a los constructores de renunciar a calificar y colocar rejillas o barras; fibras metálicas incrustadas directamente en el hormigón como si fuera un agregado o una mezcla adicional

El método más común para usar fibras metálicas en la construcción es reforzar la estructura con hormigón armado común.

Este tipo de refuerzo es un segmento en constante evolución de la industria del cemento; Ingenieros, arquitectos y contratistas recurren cada vez más a las fibras metálicas para garantizar el éxito en los proyectos de construcción de hormigón. (SIKA,

2012)

- Mejorar significativamente las propiedades mecánicas del concreto
- Aumentar la resistencia a los cambios de temperatura del concreto
- El concreto reforzado con fibra de metal es más resistente a la corrosión
- La principal razón para incorporar fibras de acero en el hormigón proyectado es impartir una mayor resistencia a la tracción al material quebradizo, es decir, el hormigón (SIKA, 2012)
- El refuerzo de fibra de acero mejora la resistencia al impacto, la absorción de impactos y la resistencia al agrietamiento
- La adición de fibras de acero permite que el concreto proyectado siga manteniendo su peso después de la fractura, lo que se conoce como fracturamiento, es decir, la capacidad de soportar una gran cantidad de cargas repetidas a niveles de tensión elevados que el hormigón proyectado convencional (SIKA, 2012)

En la Unidad Económica Animón en el concreto lanzado vía húmeda se emplea la fibra metálica encolada con relación 65/35. El diseño en peso a utilizar lo determina el área de Geomecánica, de acuerdo a las características del macizo rocoso (Departamento Geomecánica, s.f)

### **D.3.1. Fibra metálica 65/35.**

La fibra metálica está hecha de una tira de acero con bajo contenido de carbono para reforzar el hormigón y otros bloques de cemento. Esta fibra puede mejorar en gran medida las propiedades mecánicas de la aglomeración de cemento, especialmente la resistencia, aumentar la resistencia a la tracción y la resistencia a la fatiga, y la tenacidad del hormigón. El producto cumple con EN 14889-1 (G-2) ASTM A 820 (REMICSA, s.f)

El pegamento se ablanda cuando se expone a la humedad y las fibras de la mezcla se separan, extendiéndose de manera muy uniforme.

Dado que la relación es 65, los hilos se pueden mezclar fácilmente. Los extremos del hilo en forma de gancho proporcionan la máxima sujeción y están diseñados para un alto rendimiento.

**Figura 17**

**Fibra metálica encolada 65/35**



El símbolo 65 es la relación entre la longitud y el diámetro.

La denominación 35 es el largo de la fibra que debe ser mínimo dos veces el tamaño máximo del agregado (REMICSA, s.f)Fuente: (REMICSA, s.f)

#### **4.1.4. Equipo robot Alpha 20.**

Equipo montado sobre neumáticos, motor diesel para su traslado y para el lanzado el operador utiliza un control remoto que tiene una señal de hasta 30 mts la capacidad de lanzado según catalogo es de 20 m<sup>3</sup> / hora, pero la capacidad de lanzado real es de 12 m<sup>3</sup>/hora (NORMET, 2010)

La Unidad Económica Animón en el lanzado de concreta vía húmeda viene utilizando Robot Alpha 20, diseñado para: transportar la mezcla hasta la boquilla de proyección en la cantidad necesaria, accionar la boquilla correctamente, en correspondencia al sustrato donde el concreto lanzado es aplicado.

#### **Figura 18**

#### **Equipo Robot Alpha 20**



Fuente: (NORMET, 2010)

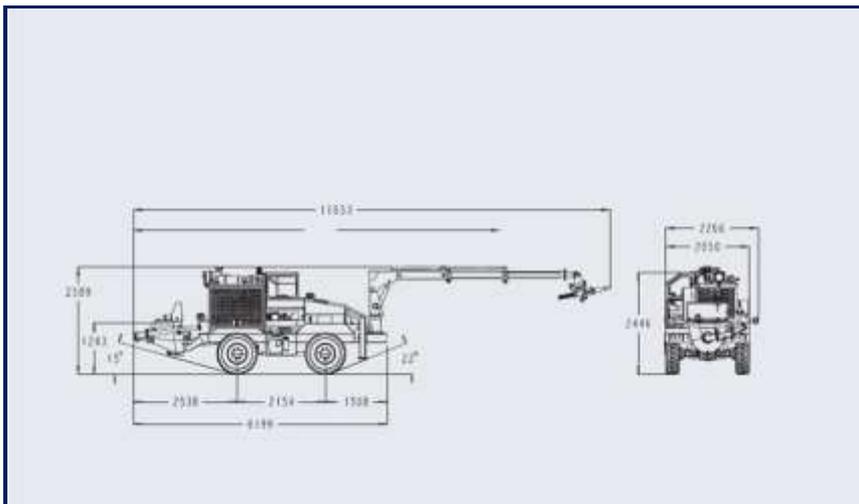
#### 4.1.4.1. Descripción.

Dimensiones:

- Largo: 5.50 metros
- Ancho: 2.20 metros
- Altura: 2.40 metros
- Peso: Cargado, con combustible y acelerante, 7 ton (NORMET, 2010)
- 

**Figura 19**

**Dimensiones del Robot Alpha 20**



Fuente: (NORMET, 2010)

Especificaciones:

- Modelo: ALPHA 20
- Motor: DEUTZ BF4M1013C
- Potencia: 110 KW a 2300 RPM
- Transmisión hidrostática: Rexroth-Sauer
- Bomba hidráulica brazo: Sauer

- Bomba hidráulica bombeo: Comercial (NORMET, 2010)

Bomba de hormigón:

- Marca y modelo: SEMMCO BS
- Cilindros de hormigón: Ø 152 Mm. – 760 mms carrera
- Presión hidráulica máx.: 200 Bar
- Capacidad aceite hidráulico: 400 Litros
- Caudal nominal: 20 m<sup>3</sup>/ hora
- Caudal normal: 12 m<sup>3</sup>/ hora
- Altura vertical: 40 metros
- Distancia horizontal: 100 metros
- Tamaños de agregado: 12 mms. Máximo (NORMET, 2010)

Brazo robotizado:

- Marca y modelo: SEMMCO ALPHA 20
- Tipo: Brazo rotatorio con doble extensión
- Alcance vertical: 9 metros
- Alcance horizontal: 6 metros
- Angulo de rotación: 250° (NORMET, 2010)

#### **4.1.4.2. Características.**

Sistema de doble circuito hidráulico para el desplazamiento del tubo en S. Controle instantáneamente la inversión de los cilindros principales desde el control remoto. Ajuste completamente automático de la carrera de la bomba principal y sin válvula de control con enfriador de aceite hidráulico (NORMET, 2010)

- Caudal nominal: 20 m<sup>3</sup>/h
- Caudal normal: 12 m<sup>3</sup>/h

- Altura vertical: 40 m
- Distancia horizontal: 100 m
- Tamaños de agregado: 12 mm. Máximo (NORMET, 2010)

Debe diseñarse teniendo en cuenta los siguientes parámetros principales:

- Transportar la mezcla a la boquilla en la cantidad requerida.
- Activar la boquilla adecuada en función de la superficie del soporte sobre la que se aplicará el concreto proyectado.

#### **A. Bombas para concreto lanzado.**

“En concreto proyectado húmedo, todos los componentes de la mezcla, excepto el acelerador, se premezclan con el slum estándar (7” a 8”) y se envían a la tolva receptora de la bomba de concreto. El concreto proyectado se bombea a través de una tubería de aspersion hacia una cámara de difusión, donde se mezcla con aire comprimido y un acelerador provisto por la boquilla” (NORMET, 2010)

El tipo de bomba que utiliza el Robot Alpha 20 en Chungar es: Bomba de pistones de desplazamiento positivo (flujo denso).

La tolva receptora de las bombas debe tener una rejilla, para evitar el ingreso de partículas o agregados gruesos por encima del tamaño deseado, la que estará fabricada para la alimentación de concreto lanzado en la cantidad necesaria, el tamaño de agregado grueso especificado y según especificaciones (NORMET, 2010)

#### **B. Línea de descarga se shotcrete.**

Debe estar diseñado para esta aplicación y cumplir con los siguientes requisitos:

- Mangueras con revestimiento en caucho, con el fin de proteger los

refuerzos de acero.

- Presión de ruptura aproximadamente unas 3 veces de bombeo.
- El diámetro mínimo recomendado de la manguera es de 2 ½”  
(NORMET, 2010)

### ***C. Cámara de difusión y boquilla de proyección.***

Debe ser diseñado para agregar:

- Aditivo líquido acelerado.
- Aire comprimido de alta velocidad y compresibilidad del hormigón proyectado

El aditivo líquido se mezcla con aire comprimido dentro de la cámara de difusión antes de mezclarla con el concreto proyectado. La boquilla se adapta al volumen de concreto proyectado y debe ser lo suficientemente larga para aprovechar la energía del aire comprimido (NORMET, 2010)

#### **4.1.4.3. Funcionamiento.**

Un conjunto de actividades destinadas a mantener o restaurar un producto a un cierto estado o condiciones de operación seguras para realizar la función requerida.

(NORMET, 2010) Manual de Operación Alpha 20, señala: “El uso correcto de la máquina o equipo, requiere que se sigan las instrucciones de operación y de servicio preparadas por el fabricante”

No se considerará un uso adecuado del dispositivo para fines distintos a aquellos para los que fue diseñado o más allá de su desempeño. Ningún fabricante/distribuidor asume responsabilidad alguna por los daños generados por dicho uso.

La selección de la máquina o equipo más apropiado para un trabajo en particular depende del tipo de trabajo a realizar, como verter hormigón, proyectar shotcrete, transportar piedra triturada, etc.

La máquina o equipo solo puede ser manipulado y reparado por personal capacitado y autorizado para realizar este tipo de trabajo.

Está totalmente prohibido realizar cualquier tipo de cambio en la máquina sin el consentimiento del fabricante. Los valores de funcionamiento máximos permitidos se especifican en los datos técnicos.

(NORMET, 2010) “El trabajo se ejecutará de acuerdo a las instrucciones dadas por las autoridades. Para evitar lesiones, los operadores y sus supervisores deben estar informados de las normas y reglamentos aplicables y extremar las precauciones”.

## **Figura 20**

### **Sostenimiento con el Robot Alpha 20**



Fuente: Elaborado por el autor

#### **4.1.4.4. Mixer.**

Equipo de transporte y preparación de concreto lanzado vía húmeda. La capacidad de transporte es de 3 m<sup>3</sup>. El transporte actual de

concreto lanzado es de 2.5 m<sup>3</sup>, debido a la pendiente de las rampas (13 %), accesos (15%), en las cuales se arroja demasiada mezcla

(Departamento Geomecánica, s.f)

#### **4.1.5. Ubicación del concreto lanzado.**

**Figura 21**

**Mixer.**



Fuente: Elaborado por el autor

##### **4.1.5.1. Preparación de la zona.**

Retire las partículas inestables, sueltas, el polvo y la suciedad, si el suelo está seco, enjuague la superficie, y si la superficie tiene arcilla y exceso de agua, efectúe el soplado con aire a presión.

Si hay una fuga en la pared de trabajo, debe tratarse primero “lloronas”, reside en perforaciones de la zona para poder canalizar el agua, esto evitará que el agua corra por la superficie de aplicación, enjuagándolas.

Asegúrese de tener iluminación adecuada para que pueda ver claramente dónde está proyectando.

**Figura 22**

**Lanzado de shotcrete con Robot Alpha 20**



Fuente: Elaborado por el autor

**4.1.5.2. Colocación.**

Se requiere:

- Buen compacto se conseguirá con presión de aire adecuado.
- Recubrimiento del acero si está presente.
- Superficie limpia y sólida.

Se recomienda aplicar capas de 2,5 cm (1 pulgada) aproximadamente de espesor, luego esperar a que se instalen los calibradores y verificar que se alcance el espesor final estándar especificado de 5 cm. (2 pulgadas).

La aplicación del concreto proyectado en la corona de las labores

se realiza en capas delgadas, no debe exceder de ½ “

#### **4.1.5.3. Velocidad.**

La velocidad de impacto del hormigón proyectado es muy importante.

A mayores distancias, la velocidad de impacto es menor, por lo que es necesario aumentarla, esto puede generar más fuerza de retroceso.

La distancia promedio de la boquilla es de 0,8 a 1,2 metros. Vierta el concreto en el lugar correcto.

Se tendrá una velocidad óptima al:

- Incrementar el volumen de aire
- Reducir la distancia de la superficie y la boquilla.
- Incrementar el flujo de material en el shotcrete
- Apropiado suministro de aire de acuerdo a la presión y volumen.

En promedio, para 10 m<sup>3</sup>/h de concreto proyectado por vía húmedo, el flujo de aire es de 7 a 8 m<sup>3</sup>/min y la presión requerida debe estar entre 3,5 bar y 4,0 bar

La escasa cantidad de aire comprimido conducirá a poca velocidad, incrementa el efecto rebote y mala compactación del concreto proyectado.

#### **4.1.5.4. Rebote**

Se convierte en materia expulsada de una superficie lanzada

Depende de:

- Espesor de la capa.
- Área de aplicación

- Tipo y composición de agregados.
- Habilidad del lanzador.
- Velocidad de proyección.

#### **4.1.5.5. Entrenamiento del operador de robot.**

- El operador del robot Alpha 20 es la clave para la colocación exitosa del concreto proyectado y un factor clave a considerar si necesita concreto de alta calidad.
- La gente suele olvidar que la clave del éxito está en manos del operador.
- Debido a la demanda de la mina, se utilizan equipos robóticos para un mayor beneficio y una mejor colocación, dando como resultado shotcrete de alta calidad.
- Hay cursos internacionales disponibles para los solicitantes, incluido el Certificado de Estudios Internacionales (ACI 506) y clases de concreto proyectado, teoría, práctica y aplicación.

### **Figura 23**

#### **Entrenamiento del operador de Robot Alpha 20**



Fuente: Elaborado por el autor.

#### **4.1.6. Ventajas.**

##### **4.1.6.1. Técnicas.**

- Bajo rebote, pérdidas que oscilan entre 5% a 10%.
- Velocidad de proyección alta (60 m/s – 70 m/s)
- Por la reducción del polvo, el área de trabajo es más saludable
- Controlar la dosificación de la mezcla.
- Mayor resistencia a la compresión ya la flexión
- Variación mínima en su slump.
- El uso de fibras metálicas aglomerados mejora la ductilidad y la resistencia al impacto del hormigón proyectado.
- Producción básica relacionada con el proceso vía seca: de 8 a 10 m<sup>3</sup>/hora
- Alta eficiencia y equipo adecuado para 3.5.x.4.0 m. en las labores
- Gracias al proyecto robótico, la superficie es lo suficientemente grande como para lograr mediante el uso del operador, la producción promedio de 60 a 100 m<sup>3</sup> con el portero es inferior al 10 % en la velocidad de 12 hrs.

##### **4.1.6.2. Económicas**

- Reducción de pérdidas del 25% al 40% (efecto rebote mínimo).
- Más rápido a comparación de vía seca.
- Aprovecha el uso de diferentes equipos eficientemente por el ahorro.

##### **4.1.6.3. En Seguridad**

La adopción del sistema de hormigón proyectado como soporte en la mina, han reducido la cantidad de muertes y lesiones causadas por caída de rocas.

Estas actividades no están disponibles actualmente ya que es bien sabido que la aplicación de este innovador sistema de soporte es el concreto proyectado con robot Alpha 20, hace de los estándares de seguridad una prioridad y beneficiar a toda la organización, tanto cualitativa como cuantitativa.

## **4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados**

### **4.2.1. Desventajas.**

- Requiere planta de concreto para preparar la mezcla con dosificación de acuerdo al diseño.
- Se requiere hormigonera (mixer) con el fin de transportar la mezcla.
- Se requiere una persona calificada para operar el equipo.
- El mantenimiento del equipo es más caro.
- No se puede utilizar en áreas menores de 3,5 m x 4,0 m debido al tamaño del equipo
- Aumento de los requisitos sobre la calidad del agregado
- Costo relativamente más alto en comparación con la vía seca.
- Mejor control de la relación cemento. con el agua

### **4.2.2. Procesos.**

#### **4.2.2.1. Primer proceso.**

En el sistema de concreto lanzado vía húmeda empleando robot Alpha 20 en la Unidad Económica Animón el proceso primordial es el control de calidad de los materiales en la realización de dicha mezcla.

En el Capítulo 4 – 4.1.3.1. se hizo la descripción de los materiales empleados.

#### 4.2.2.2. Segundo proceso.

- Calibrar balanza (cemento y agregado), depósito de aditivos.
- Abastecerse de piezas de repuesto importantes.
- Operatividad de la planta: mantenimiento preventivo, así como mantenimiento correctivo con el fin de detectar y corregir fallas y así no afectar el proceso.
- Comprobar la calidad del concreto fresco proporcionado como la temperatura del concreto, el peso unitario, slum etc

#### A. Dosificación y Mezclado.

- Pesaje de materiales en un sistema automático, corrección de humedad sintética y agua
- Mezcla de los componentes del concreto, aseverando la homogeneidad, que se consigue en el mezclador con capacidad de 0.5 m<sup>3</sup> por viaje.
- Los componentes de la mezcla, excluyendo el aditivo, se premezclaron hasta llegar al slum especificado (7 ½ a 8 ½ pulgadas) y se cargaron en el búnker receptora de la bomba para concreto lanzado. El concreto proyectado se bombea a través de la tubería de inyección a la cámara de difusión, donde se mezcla con aire comprimido y aditivos acelerantes proporcionados por la boquilla (Bardales & Aldave, 2012)
- Drene la mezcla a través del canal de mezcla hacia el vehículo (tornado), según los metros cúbicos según sea necesario.
- Después de cargar el equipo, se prueba la mezcla (movilidad, temperatura, densidad y muestreo), cuando se logra el slum por

debajo de cierto valor, se corrige la absorbancia agregando 5 litros de agua por metro cúbico de mezcla. Se corrige y se puede aumentar el slump en 1 pulgada (Bardales & Aldave, 2012)

- Teniendo la conformidad del operador, cargado el equipo se dirige de la planta hacia interior mina (Bardales & Aldave, 2012)

#### **4.2.2.3. Tercer proceso.**

Comprobar que el producto llegue a la zona donde se procederá a colocar con el slump con la maniobrabilidad adecuado.

Para el lanzado del concreto, se debe tener los equipos operativos, la presión de aire adecuada en cuanto a presión y volumen, caudal constante, desatado y preparación de la zona donde se vierte el concreto, los puntos clave para que el concreto se adhiera bien a la roca y el espesor requerido. Regulamos la dosificación del aditivo ajustando la cantidad según el tipo de terreno (Dpto. Mina, s. f)

El control de la calidad del hormigón proyectado in situ se determina mediante el muestreo de paneles producto de la extracción de testigos y sus respectivos ensayos de compresión uniaxial. La toma de muestras se realiza en cajas de 50 x 50 x 15 cm provistas de fondos que se pueden unir a la superficie de aplicación.

## Figura 24

### Muestreo con paneles



Fuente: Dpto. mina UE. Animón.

La prueba de rebote nos ayuda a verificar la cantidad de mezcla desperdiciada durante el lanzamiento de concreto; esto no debe superar el 10% del volumen total colocado Otra forma de prueba es determinar la resistencia por hora, probar la flexión de la viga y tomar muestras de losas cuadradas de 60 x 60 x 10 cm. para determinar su energía de absorción según la norma europea EFNARC (Bardales & Aldave, 2012)

**Figura 25**

**Equipo robot Alpha 20 en interior mina antes de operación**



Fuente: Dpto. mina UE. Animón.

**4.3. Prueba de Hipótesis**

**4.3.1. Hipótesis Generales**

Son los mecanismos, actividades y herramientas implementadas para encontrar la presencia de defectos. El propósito es garantizar que el proceso cumpla con el requerimiento específico en producción; confiable y satisfactoria.

La Unidad Económica Animón cuenta con un laboratorio de control de calidad donde se realizan los controles necesarios para asegurar la calidad de acuerdo a las normas ASTM, ACI y NTP (Departamento Geomecánica, s.f)

Pruebas a los agregados.

- ASTM C-136 NTP 400.012 “Análisis granulométrico por tamizado”
- ASTM C-566 NTP 339.185 “Determinación de la humedad”-
- ASTM C-117 NTP 400.018 “Porcentaje finos que pasa la malla 200”
- ASTM C-127 NTP 400.021 “Peso específico del agregado grueso”

- ASTM C-128 NTP 400.022 “Peso específico del agregado fino”
- ASTM C-291 NT 400.017 “Peso unitario” (Bardales J. , 2015)

### Figura 26

#### Análisis granulométrico



Fuente: Dpto. mina UE. Animón.

#### Pruebas al concreto fresco.

- Norma: ASTM C-143 NTP 339.035 Asentamiento del concreto fresco (Bardales J. , 2015)
- Norma: ASTM C-1064 NTP 339.184 Determinación de la temperatura (Bardales J. , 2015)
- Norma: ASTM C-138 NTP 339.046 Determinación del peso unitario y rendimiento del concreto. (Bardales J. , 2015)
- Norma: ASTM C-231 NTP 339.080 Contenido de aire en hormigón fresco por método de presión (Bardales J. , 2015)

## Figura 27

### Determinación de temperatura



Fuente. Dpto. mina UE. Animón

#### 4.3.2. Hipótesis Específicas

Pruebas al concreto endurecido.

- Norma: ASTM C-39 NTP 339.034 Resistencia a la compresión de una muestra cilíndrica en la superficie de 15 cm.X 30 cm (Bardales J. , 2015)
- Norma: ASTM C-39 NTP 339.034 Resistencia a la compresión de testigos provenientes de mina es de 7.5 cm. X 14 cm (Bardales J. , 2015)
- Determinación de la tenacidad: Energía de flexión absorbida en

concreto reforzado con fibra utilizando tablero cuadrado (60 cm X 60 cm X 10 cm) Normas: EUROPEA EFNARC (Bardales J. , 2015)

Resistencia.

Estime la resistencia a la compresión del shotcrete en minutos, horas y días. Se realiza según el método de la EN 14488-2 - en su parte 2: “Resistencia a compresión del hormigón proyectado joven” (Bardales J. , 2015)

Reducción del tiempo de fraguado.

Reducción del tiempo de fragua de 4 a 3 horas.

Para reducir el tiempo de fraguado, se hicieron ensayos a nivel de laboratorio para luego realizar las pruebas de campo.

**A. *Diseño de mezcla para 4 horas de fragua.***

***Diseño x 1 m<sup>3</sup>***

Cemento Tipo 1	400 kg
Agua de diseño	185 Lt.
Agregados Grad 2	1610 kg
Super Plastificante	2.15 Lt.
Fibra metálica 65/35	20 Kg
Acelerante alcalino	3.5 gal
Relación a/c	0.463

(Bardales J. , 2015)

**B. Diseño de mezcla para 3 horas de fragua.**

Diseño x 1 m<sup>3</sup>

Cemento Tipo 1	400 kg
Agua de diseño	177 Lt.
Agregados Grad#2	1595 kg
Super Plastificante	2.80 Lt.
Fibra metálica 65/35	20 Kg
Acelerante alcalino	3.0 gal
Relación a/c	0.443(Bardales J. , 2015)

**C. Resultados a 3 horas de fragua.**

- Mayor adherencia del concreto en la roca y el fraguado hacen que la colocación de los pernos se realice sin inconvenientes a las 3 horas de fragua, agilizando el proceso (Bardales J. , 2015)
- La seguridad lograda con el concreto lanzado vía húmeda con fibra aplicado en espesores de 2 pulgadas como estándar permite obtener valores de resistencia a la compresión uniaxial de 257 kg/cm<sup>2</sup> a 7 días y energía de absorción de 752 J/ 28 d, garantizando un techo seguro para los operadores (Bardales J. , 2015)
- Dosificación de agua, agregado y súper plastificante, varió para mantener el rendimiento de la mezcla.
- Mayor durabilidad en el tiempo y por ende menores refuerzos.
- Reducción de cantidad de aditivo acelerante esto por el fraguado que es en menos tiempo (Bardales J. , 2015)

**Tabla 2**

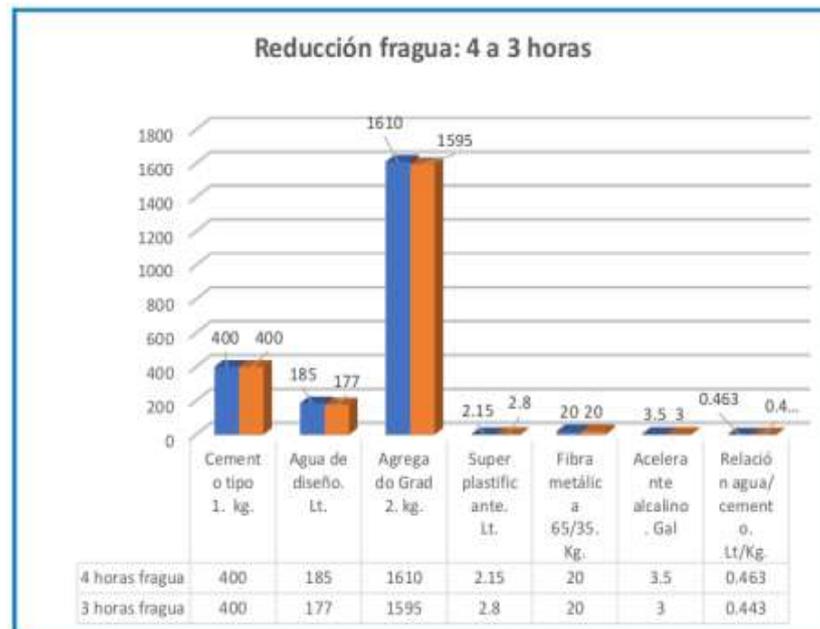
**Reducción del tiempo de fragua de 4 a 3 horas**

Diseños / m3	Unidad	4 horas	3 horas
Cemento tipo 1	Kg.	400	400
Agua de diseño	Lt.	185	177
Agregado Grad 2	Kg.	1 610	1 595
Super plastificante	Lt.	2.15	2.80
Fibra metálica 65/35	Kg.	20	20
Acelerante alcalino	Gal.	3.5	3.0
Relación agua/cemento	Lt/Kg	0.463	0.443

Fuente: Elaborado por el autor.

**Figura 28**

**Reducción de fragua de 4 a 3 horas**



Fuente: Elaborado por el autor.

#### **4.4. Discusión de resultados**

En el cuadro estadístico presentamos la desminución de tiempo de fragua en el concreto proyectado (vía húmeda) 4 horas a 3 horas.

Observamos: En cuanto al cemento tipo 1 no varía en las 4 horas y 3 horas (400 Kg), el agua se reduce de 185 Lt. (4 horas.) a 177 Lt (3 horas); de igual manera disminuye el agregado Grad. 2 de 1610 Kg (4 horas) a 1595 Kg (3 horas), súper plastificante se incrementa de 2.15 Lt (4 horas) a 2.80 (horas), la fibra metálica 65/35 se conserva igual tanto para 4 horas y 3 horas, el acelerante alcalino acorta de 3.5 Gal (4 horas) a 3.9 Gal (3 horas) finalmente la relación que existe entre el agua y el cemento se reduce de 0.463 (4 horas) a 0.443 (3 horas).

En conclusión: Durante 4 horas y 3 horas de fragua, el cemento tipo 1 y la fibra metálica no varían. Agregado Grad 2, acelerante alcalino y la relación agua /cemento; disminuyen. El super plastificante aumenta.

## CONCLUSIONES

1. El sistema de concreto lanzado vía húmeda empleando robot Alpha 20 es eficiente en el sostenimiento de labores mineras subterráneas en la Unidad Económica Animón
2. La aplicación del concreto lanzado vía húmeda empleando robot Alpha 20, favorece la operación en interior mina por presentar baja contaminación en labores mineras donde se usa.
3. La prontitud y certeza del concreto proyectado vía húmeda en el sostenimiento de labores mineras subterráneas empleando robot Alpha 20 es importante para controlar el desprendimiento de terrenos suaves y seguridad para el personal como de los equipos.

Variando la relación agua-cemento en la mezcla y ajustando otros parámetros de entrada, el tiempo de fraguado del concreto proyectado húmedo se puede reducir de 4 a 3 horas

## **RECOMENDACIONES**

1. Se recomienda tener labores preparadas para aplicar concreto lanzado vía húmeda, con el fin de evitar la espera de los equipos y cumplir con el programa establecido.
2. Se recomienda el reemplazo con mayor frecuencia los (EPP), el trabajo en el lanzado de concreto se tiene contacto directo con cemento, agua, aditivos y el deterioro de los equipos de protección personal es mayor en comparación a otras actividades.
3. Se recomienda dar continuidad al sistema de concreto lanzado vía húmeda empleando robot Alpha 20, para evitar accidentes del personal y equipo por desprendimiento de rocas.
4. Se recomienda el uso correcto del Robot Alpha 20, tomando en cuenta las instrucciones de uso y mantenimiento preparadas por el fabricante.
5. Se recomienda contar con personal calificado (Operador de robot y ayudante) con el fin de evitar algún accidente

## REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS

- Abanto, W. I. (2015). *Diseño y Desarrollo del Proyecto de Investigación*. Universidad cesar Vallejo. Escuela de Posgrado. Trujillo.
- ACI, I. A. (s.f). Aplicacion y uso de shotcrete.
- ARGOS. (s.f.). Concreto Lanzado.
- Atlas Copco. (2010). Pernos de anclaje.
- Bardales, J. (2015). Tecnología aplicada para reducción de fragua del concreto lanzado en mina Chungar. Empresa Administradora Chungar.
- Bardales, J., & Aldave, E. (2012). *Exitoso Sistema de concreto lanzado robotizado en mina Chungar*. Empresa Administradora Chungar S.A.C.
- BASF, T. c. (2012). Hormigón Proyectado para Fortificación de Túneles.
- Crispin, B., & Espinoza, H. (2014). *Diseño con cimbra para mejorar El sostenimiento en la rampa negativa*. Corporacion Minera Castrovirreyña, S.A.
- Departamento Geomecánica. (s.f). Geomecánica Mina Animón.
- Diaz, J. (2014). Shotcrete vía húmeda. Su importancia como elemento de Sostenimiento en Minería .
- Dpto Geologia, U. (s.f). Geología, Mina Animón.
- Dpto. Mina, U. (s. f). Area de Mina, Animón.
- EFNARC. (s.f.). Federación Europea de Productores y Aplicadores de Productos Especiales para Estructuras.
- Flores. (2013). *Diseño del soporte y reforzamiento del macizo rocoso* . Rock Info consultoría en Geomecánica Minera.
- Goma, F. (1979). *Cemento Portland y otros aglomerantes*. Barcelona: Tecnicos Asociados S.A.
- Guzman, C. (2008). *Sostenimiento con shotcrete vía humeda en la mina Cobrisa*.

Tesis. Universidad Ricardo Palma. Lima.

Maldonado. (2018).

Maldonado, L. (2002). *Tecnología del Shotcrete en Consorcio Minero Horizonte*. Trujillo: 9° Congreso de Minería.

Maldonado, L. (2012). *Tecnología del Shotcrete en Consorcio Minero Horizonte*. 9° Congreso de Minería. Trujillo.

Martinez, R. (2009). *Calidad de dos bancos agregados para concret, en el departamento de chiquimula. Tesis para optar el titulo de Ing. Civil. Guatemala.*

NORMET. (2010). *Manual de operacion y mantenimiento Alpha 20.*

Oyanguren, P., & Monge, A. (2004). *Mecánica de Rocas aplicada a la Minería Metálica subterránea*. I.T.G.E., Madrid, España.

Portugal, B. P. (2007). *Tecnología del concreto de alto desempeño.*

REMICSA. (s.f). *Fibra Metálica 65/35. Usos en minería y en obras civiles.*

Reyes, A. (2005). *Concreto lanzado*. Mexico.

Rodriguez, A. (s.f). *Avances en la aplicación del concreto lanzado en obras subterráneas*. IMICON de Mexico S.A. de C.V.

Sánchez. (2006).

SEMMCO. (s.f). *Manual de operacion y mantenimiento robot Alpha 20.*

SIKA. (2012). *Aditivos y acelerantes para concreto.*

Tengan, C. A. (2011). *Analisi comparativo de aditivos acelerantes de fragua libres de álcalis para concreto proyectando o shotcrete*. Tesis. UNI. Lima.

Toledo, F. E. (2011). *Shor-Fer Nueva Alternativa para el desarrollo de Túneles en labores Mineras*. Cobriza, Perú.

Torres, L. R. (2016). *Diseño y aplicacion de Shotcrete para optimizar el sostenimiento en la Unidad Economica San Cristobal - Minera Bateas*. Tesis. U.N.S.A.

Arequipa.

UNICON. (s.f.). Servicio de concreto lanzado vía húmeda.

VOLCAN. (s.f.).

## **ANEXOS**

Instrumentos de Recolección de Datos

Figura 29. Medición del slump Fuente: Dpto. Geomecanica. U.E. Animón.



Figura 30. Penetrómetro digital Mecmesin AFG 1000.



Fuente: Bardales, J Aldave, E.

Dpto. Geomecanica. U.E. Animón.



Figura 30. Equipo Hilti DX 450 con el equipo de Pull Test. Fuente: Bardales, J. Aldave, E. Dpto. Geomecánica. U.E. Animón.



Figura 31. Ensayo panel cuadrado (antes y después de ser ensayado) Fuente: Laboratorio de planta de concreto. UE. Animón

Otros



Figura 32. Planta de concreto. U.E. Animón. Fuente: Bardales, J. Aldave, E.. Dpto. Geomecánica. U.E. Animón.

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS

FICHA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

CUESTIONARIO A TRABAJADORES

Señor Experto, por favor marque en el casillero correspondiente si el ítem esta formulado en forma adecuada o inadecuada teniendo en consideración su pertinencia, relevancia y corrección gramatical. En el caso de que el ítem sea inadecuado anote en el casillero sus observaciones y las razones del caso.

I. REFERENCIA

a) NOMBRE Y APELLIDOS DEL EXPERTO: Nelson MONTALVO  
CARHUARICRA

b) PROFESIÓN: Ingeniero DE MINAS

c) GRADOS ACADÉMICOS: Magister en SEGURIDAD Y MEDIO  
AMBIENTE

d) ESPECIALIZACIÓN O EXPERIENCIA: Diplomado en RIESGOS EN  
TUNELERIA

e) INSTITUCIÓN DONDE LABORA: UNDAC TELEFONO Y E-MAIL: Cel.  
955872129 [nmontalvoc@undac.edu.pe](mailto:nmontalvoc@undac.edu.pe)

ESTRATO DE LA POBLACIÓN OBJETIVO:

Reducción de costos en activos corrientes obsoletos de la empresa administradora  
Cerro S.A.C

II. TABLA DE VALORACIÓN POR CADA ÍTEM

ITEMS	ESCALA DE APRECIACION		OBSERVACIÓN	SUGERENCIA
	ADECUADO	INADECUADO		
1	X			
2	X			
3	X			
4	X			
5	X			
6	X			
7	X			
8	X			
9	X			
10	X			
11	X			
12	X			
13	X			
14	X			
15	X			
16	X			
17	X			
18	X			
19	X			
20	X			

COEFICIENTE DE VALIDEZ  $V = \frac{\Sigma(\text{adecuados})}{\Sigma(\text{adecuados, inadecuados})} = \frac{20}{20} = 1$

III. RESOLUCIÓN

Válido ( $V \geq 0,80$ )

IV. COMENTARIOS FINALES

  
 FIRMA DE EXPERTO  
 DNI N° 04080998

## MATRIZ DE CONSISTENCI

“Sistema de concreto lanzado vía húmeda como sostenimiento de labores mineras subterráneas empleando robot Alpha 20 en la Unidad Económica Animón. Compañía Minera Chungar, S.A.C. Pasco. 2019.”

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES
<p>Problema general</p> <p>¿Cómo optimizar el sistema de concreto proyectado vía húmeda como sostenimiento de labores mineras subterráneas empleando robot Alpha 20 en la Unidad Económica Animón, Compañía Minera Chungar, S.A. C., Pasco, 2019?.</p> <p>Problemas específicos.</p>	<p>Objetivo general</p> <p>Optimizar el sistema de concreto lanzado vía húmeda como sostenimiento de labores mineras subterráneas empleando robot Alpha 20 en la Unidad Económica Animón, Compañía Minera Chungar, S.A.C., Pasco.</p> <p>Objetivos específicos.</p> <p>1.Reducir los costos de concreto lanzado vía húmeda en sostenimiento de</p>	<p>Hipótesis</p> <p>Hipótesis general</p> <p>El sistema de concreto lanzado vía húmeda empleando robot Alpha 20 optimiza el tiempo y costos del sostenimiento de labores mineras subterráneas en la Unidad Económica Animón. Compañía Minera Chungar, S.A.C. Pasco. 2019.</p>	<p>Variable independiente:</p> <p>Sistema de concreto lanzado vía húmeda</p> <p style="text-align: center;"><b>Variables</b></p> <p><b>dependientes:</b> Sostenimiento de labores mineras subterráneas.</p> <p>Robot Alpha 20</p>

---

1 ¿Cómo reducir los costos de labores mineras subterráneas empleando concreto lanzado vía húmeda en robot Alpha 20.

sostenimiento de labores mineras subterráneas empleando robot Alpha 20? 2.Reducir las pérdidas de material de concreto lanzado vía húmeda

2 ¿Cómo reducir las pérdidas de material de concreto lanzado vía húmeda en el sostenimiento de labores mineras subterráneas utilizando robot Alpha 20.

en el sostenimiento de labores mineras subterráneas utilizando robot Alpha 20? 3.Demostrar que el empleo del robot Alpha 20 mejora la eficiencia del

3 ¿Cómo demostrar que el empleo del robot Alpha 20 mejora la eficiencia del concreto lanzado vía húmeda en el sostenimiento de labores mineras subterráneas.

húmeda en el sostenimiento de labores mineras subterráneas?

---