



# UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

## FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS

### ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



## REDUCCIÓN DE COSTOS DE SOSTENIMIENTO MEDIANTE LA APLICACION CON SHOTCRETE EN LA GALERÍA 2385 - S DE LA UNIDAD MINERA PARCOY DEL CONSORCIO MINERO HORIZONTE – LA LIBERTAD

TESIS

PRESENTADA POR:

**Bach. WILLIAM RONALD CCALLO RISALAZO**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

**INGENIERO DE MINAS**

**PUNO – PERÚ**

**2024**



NOMBRE DEL TRABAJO

REDUCCIÓN DE COSTOS DE SOSTENIMIENTO MEDIANTE LA APLICACION CON S HOTCRETE EN LA GALERÍA 2385 - S DE

AUTOR

WILLIAM RONALD CCALLO RISALAZO

RECuento DE PALABRAS

10360 Words

RECuento DE CARACTERES

54456 Characters

RECuento DE PÁGINAS

77 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

9.2MB

FECHA DE ENTREGA

May 17, 2024 7:06 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

May 17, 2024 7:08 AM GMT-5


● 17% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 16% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 8% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Bloques de texto excluidos manualmente
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 17 palabras)

  
Ing. David Velasquez Medina  
DOCENTE F.I.M. - UNA



Resumen



## DEDICATORIA

A mis distinguidos padres Roger Ccallo y Alicia Risalazo por haberme brindado su apoyo incondicional para culminar mis estudios superiores hasta lograr mi título profesional como Ingeniero de Minas.

A mis hermanos Wilber, Marco, Mery, quienes me brindaron su apoyo y valor en los momentos difíciles en mi vida estudiantil hasta concluir y obtener mi título profesional.

**William Ronald Ccallo Risalazo**



## AGRADECIMIENTOS

A Dios nuestro creador del universo y de la vida, por haberme encaminado para concluir mis estudios universitarios.

A la Universidad Nacional del Altiplano de Puno, por sus aulas del saber para lograr mis objetivos profesionales.

A la Facultad de Ingeniería de Minas, a los docentes y administrativo por haber impartido los conocimientos referentes a la Ingeniería de Minas.

Mi especial agradecimiento al Superintendente Ing. Rubén Zegarra Martínez del Consorcio Minero Horizonte, por haber permitido realizar el presente trabajo de investigación.

**William Ronald Ccallo Risalazo**



# ÍNDICE GENERAL

	Pág.
<b>DEDICATORIA</b>	
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	
<b>ÍNDICE GENERAL</b>	
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	
<b>ÍNDICE DE ANEXOS</b>	
<b>ACRÓNIMOS</b>	
<b>RESUMEN .....</b>	<b>13</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>14</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>INTRODUCCIÓN</b>	
<b>1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>15</b>
<b>1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....</b>	<b>15</b>
1.2.1. Pregunta general .....	15
1.2.2. Preguntas específicas .....	16
<b>1.3. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS .....</b>	<b>16</b>
1.3.1. Hipótesis general.....	16
1.3.2. Hipótesis específicas.....	16
<b>1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>17</b>
1.4.1. Objetivo general.....	17
1.4.2. Objetivos específicos .....	17
<b>1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>17</b>



## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

<b>2.1.</b>	<b>ANTECEDENTE DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>19</b>
<b>2.2.</b>	<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>20</b>
2.2.1.	Fortificación en la minería subterránea .....	20
2.2.2.	Cuadros de madera.....	22
2.2.3.	Elementos auxiliares de fortificación .....	24
2.2.4.	Shotcrete .....	25
2.2.4.1.	Sistemas de aplicación .....	25
2.2.4.2.	Sistema de mezcla vía seca .....	25
2.2.4.3.	Sistema de mezcla vía húmeda .....	26
2.2.4.4.	Requerimientos de equipos .....	26
2.2.4.5.	Características del shotcrete.....	28
2.2.4.6.	Equipos para la preparación, transporte y lanzado de shotcrete	28
2.2.4.7.	Preparación con planta dosificadora .....	29
2.2.4.8.	Preparación de la superficie de lanzado.....	31
2.2.4.9.	Lanzado de shotcrete.....	32
2.2.5.	Características de la fortificación a instalar .....	32
2.2.6.	Masa rocosa .....	35
2.2.7.	Clasificación geomecánica .....	35
2.2.8.	Estimación de RQD y RMR .....	35
2.2.9.	Mecánica de rocas.....	38
2.2.10.	Mapeo geomecánico.....	39
2.2.11.	Costos de producción .....	40
2.2.12.	Costos por proceso .....	40



<b>2.3.</b>	<b>DEFINICIÓN DE TÉRMINOS</b> .....	<b>42</b>
-------------	-------------------------------------	-----------

### **CAPÍTULO III**

#### **MATERIALES Y MÉTODOS**

<b>3.1.</b>	<b>UBICACIÓN</b> .....	<b>44</b>
<b>3.2.</b>	<b>ACCESIBILIDAD</b> .....	<b>44</b>
<b>3.3.</b>	<b>METODOLOGÍA</b> .....	<b>45</b>
3.3.1.	Tipo de investigación .....	45
3.3.2.	Nivel de investigación .....	46
3.3.3.	Enfoque del estudio .....	46
3.3.4.	Diseño de investigación .....	46
<b>3.4.</b>	<b>POBLACIÓN</b> .....	<b>47</b>
<b>3.5.</b>	<b>MUESTRA</b> .....	<b>47</b>
<b>3.6.</b>	<b>OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES</b> .....	<b>48</b>
3.6.1.	Variable independiente .....	48
3.6.2.	Variable dependiente .....	48
<b>3.7.</b>	<b>TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS</b> .....	<b>49</b>
3.7.1.	Técnicas .....	49
3.7.2.	Instrumentos.....	50
3.7.3.	Procedimiento .....	50

### **CAPÍTULO IV**

#### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

<b>4.1.</b>	<b>ANÁLISIS DE RESULTADOS</b> .....	<b>51</b>
4.1.1.	Sostenimiento en la Galería 2385 - S.....	51
<b>4.2.</b>	<b>RESULTADOS POR SOSTENIMIENTO CUADROS DE MADERA</b> .....	<b>51</b>
4.2.1.	Redondos de madera .....	51



4.2.2. Análisis de costos de madera .....	52
4.2.3. Costo de instalación del sistema de sostenimiento con madera.....	52
4.2.4. Costo de herramientas.....	53
<b>4.3. RESULTADOS POR SOSTENIMIENTO SHOTCRETE .....</b>	<b>56</b>
4.3.1. Costo de Shotcrete vía húmeda 1m3.....	56
4.3.2. Costo de instalación con Shotcrete .....	57
4.3.3. Costo de transporte y lanzado de shotcrete.....	57
4.3.4. Calculo de volumen de Shotcrete .....	58
<b>4.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS CON OTRAS FUENTES.....</b>	<b>59</b>
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>62</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>63</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>64</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>66</b>

**Área:** Ingeniería de Minas

**Tema:** Análisis de costos mineros.

**FECHA DE SUSTENTACIÓN:** 28 de mayo del 2024.





## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1</b> Capacidad de tolva de planta dosificadora.....	29
<b>Tabla 2</b> Gradación de agregados según ACI 506.....	30
<b>Tabla 3</b> Relación RQD.....	36
<b>Tabla 4</b> Característica geomecánicas de la Galería 2385 -S.....	40
<b>Tabla 5</b> Vía de accesibilidad a la Unidad Minera Parcoy.....	45
<b>Tabla 6</b> Vía de acceso a la Unidad Minera Parcoy.....	45
<b>Tabla 7</b> Operacionalización de variables.....	49
<b>Tabla 8</b> Costos de los redondos de madera.....	52
<b>Tabla 9</b> Costo de mano de obra T.C. 1 US\$ = S/. 3,89.....	53
<b>Tabla 10</b> Costo de Redondos para cuadros de madera y enrejado.....	53
<b>Tabla 11</b> Herramientas.....	54
<b>Tabla 12</b> Costo de implementos de seguridad.....	55
<b>Tabla 13</b> Diseño de dosificación de Shotcrete T.C. = 3,89.....	56
<b>Tabla 14</b> Costo de mano de obra con Shotcrete T.C. 1\$US = 3,89.....	57
<b>Tabla 15</b> Costo del equipo de fortificación.....	57
<b>Tabla 16</b> Costo de equipos de seguridad con Shotcrete.....	58
<b>Tabla 17</b> Volumen m <sup>3</sup> para sección 3x3.....	59



## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1</b> Instalación de cuadros de Madera .....	23
<b>Figura 2</b> Equipo Robot serie SPM 4210 WETKRET putzmeister .....	27
<b>Figura 3</b> Diagramas de alcance brazo proyector .....	27
<b>Figura 4</b> Dimensiones y radio de giro .....	28
<b>Figura 5</b> Diseño de planta dosificadora .....	29
<b>Figura 6</b> Preparación shotcrete vía húmeda a Mixer – 707 .....	31
<b>Figura 7</b> Desatado de Rocas sueltas .....	32



## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
<b>ANEXO 1.</b> Plano de ubicación de la Minera Parcoy .....	67
<b>ANEXO 2.</b> Plano de georreferencia C. P. Retamas Minera Parcoy .....	67
<b>ANEXO 3.</b> Tabla geomecánica .....	68
<b>ANEXO 4.</b> Sostenimiento con cuadros de madera GL 2385 NV 2700 .....	69
<b>ANEXO 5.</b> Sostenimiento con cuadros de madera GL 2385 NV 2700 .....	69
<b>ANEXO 6.</b> Redondos de madera para sostenimiento.....	70
<b>ANEXO 7.</b> Sostenimiento con Shotcrete .....	70
<b>ANEXO 8.</b> Lanzamiento de shotcrete .....	71
<b>ANEXO 9.</b> Sostenimiento con Shotcrete .....	71
<b>ANEXO 10.</b> Playa de Estacionamiento de Equipos .....	72
<b>ANEXO 11.</b> Camioneta de supervisión CMH .....	72
<b>ANEXO 12.</b> Oficina Mina de CMH.....	73
<b>ANEXO 13.</b> Capacitación por área de Geomecánica.....	73
<b>ANEXO 14.</b> Recomendación Geomecánica.....	74
<b>ANEXO 15.</b> Dosificación de mezcla concreto lanzado .....	75
<b>ANEXO 16.</b> Declaración jurada de autenticidad de tesis.....	76
<b>ANEXO 17.</b> Autorización para el deposito de tesis o trabajo de investigación en el repositorio institucional .....	77



## ACRÓNIMOS

SAC:	Sociedad Anónima Cerrada
SA:	Sociedad Anónima
UTM:	<i>Universal Transversal Mercator</i>
msnm:	metros sobre el nivel del mar
Tm:	tonelada métrica
Km:	kilómetro
m:	metro
mm:	milímetro
m <sup>2</sup> :	metro cuadrado
m <sup>3</sup> :	metro cúbico
RMR:	<i>Rock Mass Rating</i>
RQD:	<i>Rock Quality Designation</i>
GSI:	<i>Geological Strength Index</i>
CMH:	Consorcio Minero Horizonte



## RESUMEN

La Unidad Minera Parcoy del Consorcio Minero Horizonte – La Libertad, se encuentra situado en la Cordillera Oriental de los Andes, extrae el mineral aurífero de origen hidrotermal, aplicando el sistema de explotación de Corte y Relleno Ascendente y para la fortificación de labores mineras utilizó el sistema de cuadros de madera. Desarrolló en la Galería 2385-S, con una sección de 3.00 m x 3,00 m en el nivel 2700 msnm con una longitud de 30 metros, al realizar la evaluación de costos esta presenta elevados costos de sostenimiento. El objetivo de la investigación es reducir los costos de sostenimiento con Shotcrete en la Galería 2385-S de la Unidad Minera Parcoy – La Libertad. El procedimiento para realizar el trabajo de investigación consistió en evaluar el sistema de fortificación con madera, analizando las deficiencias de la madera, costo de madera, costo de transporte, costos de instalación, dichos datos se registraron en las fichas de control. En el estudio de investigación se analizó el sistema de sostenimiento con Shotcrete, considerando los costos de materiales, costos de instalación. Aplicando la metodología descriptiva, enfoque del estudio cuantitativa. Finalmente, mediante el análisis de los costos de sostenimiento se llegó al siguiente resultado, que con el sistema de Shotcrete los costos, se redujeron de 9393,6 US\$ a 8114,2 US\$, logrando una diferencia de 1279,4 US\$ y se concluyó que aplicando el sistema de Shotcrete, los costos de fortificación se reducen en un 16 % en la Galería 2385-S de la Unidad Minera Parcoy del Consorcio Minero Horizonte – La Libertad.

**Palabras clave:** Costos, Madera, Reducción, Shotcrete, Sostenimiento, Subterránea.



## ABSTRACT

The Parcoy Mining Unit of the Horizonte Mining Consortium – La Libertad, is located in the Eastern Cordillera of the Andes, politically it is located in the jurisdiction of the Parcoy district, province of Pataz and department of La Libertad. It extracts the gold deposit of hydrothermal origin, applying the Ascending Cut and Fill exploitation system and for the fortification of mining works it used the wooden frame system. It developed Gallery 2385-S, with a section of 3.00 m x 3.00 m at level 2700 with a length of 30 meters. When carrying out the evaluation in the initial section, it had high maintenance costs. The objective of the research is to reduce maintenance costs with Shotcrete in Gallery 2385-S of the Parcoy Mining. The procedure to carry out the research work consisted of evaluating the wood fortification system, analyzing the deficiencies of the wood, cost of wood, transportation cost, installation costs, these data were recorded in the control sheets. In the research study, the support system with Shotcrete was analyzed, considering material costs and installation costs. Applying descriptive methodology, quantitative study approach, experimental design. Finally, through the analysis of the maintenance costs, the following result was reached, that with the Shotcrete system the costs were reduced from 9393,6 US\$ to 8114,2 US\$, achieving a difference of 1279,4 US\$ and it was concluded that by applying the Shotcrete system, fortification costs were reduced by 16% in Gallery 2385-S of the Parcoy Mining Unit of the Horizonte Mining Consortium - La Libertad.

**Keywords:** Costs, Reduction, Shotcrete, Support, Wood, Underground.



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La Unidad Minera Parcoy del Consorcio Minero Horizonte – La Libertad, extrae el mineral de oro filoniano por método corte relleno ascendente, para el sostenimiento de la GL 2385 – S, utilizó cuadros de madera, debido a la presencia de agua y de alta temperatura, se interviene intermediar cuadros, de ella se determina costos elevados, se realizó la evaluación en la Galería 2385 – S, en donde se encontró el problema de elevados costos de sostenimiento, ocasionado por los factores limitantes de la madera como el deterioro de la madera por la alta temperatura y requiriendo intermediación constante de cuadros de madera, la intermediación de cuadros de madera se determina trabajo de alto riesgo, mayores tiempos de instalación y el requerimiento de un maestro especialista en armado de cuadros. El costo de sostenimiento con cuadros de madera es de 9393,6 US\$, en la Galería 2385 – S, ocasionando mayores costos de sostenimiento en la Unidad Minera Parcoy.

En lugares de prescencia de agua y la alta temperatura disminuye la duración de cuadros de madera, debido a que los redondos se pandean, requiriendo la intermediación con otro cuadro, lo cual ocasiona un costo adicional, ocasionando la inaccesibilidad a las labores de producción. Como alternativa de solución para el siguiente corte se planteó la aplicación del sistema de Shotcrete en la Galería 2385 – S de la Unidad Minera Parcoy.

### 1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

#### 1.2.1. Pregunta general

¿Cómo se reduce los costos de sostenimiento en la Galería 2385 - S de la



Unidad Minera Parcoy del Consorcio Minero Horizonte?

### **1.2.2. Preguntas específicas**

- ¿Cuánto es el costo de sostenimiento con cuadros de madera en 30 m de la Galería 2385 – S en la Unidad Minera Parcoy del Consorcio Minero Horizonte?
- ¿Cuánto es el costo de sostenimiento con Shotcrete en 30 m de la Galería 2385 – S en la Unidad Minera Parcoy del Consorcio Minero Horizonte?
- ¿Cuánto es la reducción de los costos de sostenimiento con Shotcrete en la Galería 2385 – S de la Unidad Minera Parcoy del Consorcio Minero Horizonte – La Libertad?

## **1.3. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS**

### **1.3.1. Hipótesis general**

Mediante la aplicación de sostenimiento con Shotcrete en referencia con cuadros de madera se reduce los costos de sostenimiento en la Galería 2385-S, de la Unidad Minera Parcoy del Consorcio Minero Horizonte – La Libertad.

### **1.3.2. Hipótesis específicas**

- El sistema de sostenimiento con cuadros de madera influye negativamente los costos en la Galería 2385-S, de la Unidad Minera Parcoy del Consorcio Minero Horizonte – La Libertad.
- El sistema de sostenimiento con Shotcrete influye positivamente en los costos en la Galería 2385-S, de la Unidad Minera Parcoy del Consorcio Minero Horizonte – La Libertad.
- Con el sostenimiento de Shotcrete se reduce los costos en la Galería 2385-





S, de la Unidad Minera Parcoy del Consorcio Minero Horizonte – La Libertad.

## **1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.4.1. Objetivo general**

Reducir los costos de sostenimiento mediante el sistema de Shotcrete en referencia con cuadros de madera en la Galería 2385-S, de la Unidad Minera Parcoy del Consorcio Minero Horizonte – La Libertad.

### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Determinar los costos del sistema de sostenimiento con cuadros de madera en la Galería 2385-S, de la Unidad Minera Parcoy del Consorcio Minero Horizonte – La Libertad.
- Determinar los costos del sistema de sostenimiento con Shotcrete en la Galería 2385-S, de la Unidad Minera Parcoy del Consorcio Minero Horizonte – La Libertad.
- Comparar los costos de sostenimiento con Shotcrete en la Galería 2385-S, de la Unidad Minera Parcoy del Consorcio Minero Horizonte – La Libertad.

## **1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

La Unidad Minera Parcoy, explota el yacimiento aurífero mediante el método de Corte y Relleno Ascendente. para el sostenimiento de la GL 2385 – S se ha determinado la aplicación del sostenimiento con Shotcrete vía húmeda, cuya aplicación generó mejores beneficios económicos y garantías de seguridad para los colaboradores de la Unidad Minera Parcoy.



Con el lanzado de shotcrete vía húmeda en la Galería 2385-S, con una sección de 3,00 m x 3,00 m se obtiene optimización de costos, realizar trabajos post shotcrete para la extracción del mineral, también para minimizar la exposición del personal.

El sistema de aplicación con shotcrete vía húmedo mecanizado se está masificando en la minería subterránea, túneles, construcción civil. Porque este se adecua a la dinámica de los trabajos en las minas subterráneas.

Con este trabajo de investigación realizado para su aplicación de diseño de mezcla optimo, con una resistencia a compresión de 244 kg/cm<sup>2</sup>.



## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. ANTECEDENTE DE LA INVESTIGACIÓN

Suasnabar (2019) En su investigación considera los criterios técnicos, económicos y eficientes para la aplicación del sistema de sostenimiento con shotcrete con los siguientes objetivos, reducir los riesgos laborales, tiempos de ejecución y minimizar los costos del sostenimiento. Sugiere que mecanizando el desatado de rocas y la fortificación fue un importante avance de tecnología en las operaciones, garantizando una condición de trabajo seguro para los colaboradores y los equipos. El sistema de sostenimiento con Shotcrete y Cimbras se utilizaron según el tipo de rocas y la tabla geomecánica y se concluye que, el costo de fortificación con Shotcrete fue menor con cuadros de madera. Y como ventajas del método, se consideró la velocidad de instalación, cuyo sistema brindó mayor seguridad para las operaciones subterráneas.

Díaz (2018) En su investigación, Shotcrete vía húmeda la importancia como elemento de sostenimiento en Minería, superintendencia de operaciones mineras. Concluye que en el futuro el método por vía húmeda será el más apropiado debido a su mejor ambiente de trabajo, mayor calidad y uniformidad. El desarrollo de la tecnología del Shotcrete está relacionado con el proceso de vía húmeda. Con el método húmedo fue más flexible lograr una calidad uniforme en el proceso de proyección. La mezcla preparada se vacía en una bomba y se impulsa con presión mediante una manguera.

Tapia (2017) En su investigación titulada “Diseño y aplicación del shotcrete vía húmeda como elemento de sostenimiento en labores mineras” Se plantea con el siguiente objetivo. Diseñar y aplicar correctamente el shotcrete vía húmeda, también optimizar



costos de sostenimiento logrando beneficios económicos. Concluye que el diseño de mezcla de shotcrete con 9 bolas de cemento, logrando obtener una resistencia a la compresión promedio de  $223.06\text{kg/cm}^2$ .

Torres (2016), En su investigación titulada “Diseño y aplicación de shotcrete para optimizar el sostenimiento en la Unidad Económica San Cristóbal - Minera Bateas” se planteó el siguiente objetivo la aplicación correcta de Shotcrete por vía húmeda optimizará el costo, logrando así beneficios económicos, como también un considerable ahorro de tiempo y logrando mayor seguridad para los colaboradores de Operaciones. Su investigación concluye el sistema de aplicación por vía húmeda favorece la operación mina ya que presenta niveles bajos de polución debiendo utilizarse en todas las labores mineras.

Viscarra (2015) En su investigación, concluye que el concreto lanzado (Shotcrete) es el nombre genérico del concreto cuyos materiales componentes son cemento, agregados, agua, aditivos y elementos de refuerzo, los cuales son aplicados neumáticamente y compactados dinámicamente a alta velocidad sobre una superficie. Determina que hay dos sistemas de lanzado del Shotcrete: seco y húmedo.

Ríos (2012) En su investigación titulada “Sostenimiento con shotcrete robotizado en la mina Carahuacra” Concluyo que mediante la evaluación geomecanica se determina el sistema de sostenimiento adecuado.

## **2.2. MARCO TEÓRICO**

### **2.2.1. Fortificación en la minería subterránea**

En toda explotación minera, la fortificación de las labores subterráneas es un trabajo adicional de alto costo que reduce la velocidad de avance de la



producción y es un proceso importante para proteger los accidentes laborales de personal y al equipos utilizado (Torrens, 1984).

Hay tres tipos de sostenimiento: de refuerzo, de retención, y de soporte. El sostenimiento de refuerzo se utiliza para evitar la separación y el deslizamiento de bloques de la masa rocosa. Un ejemplo son los pernos y cables. “La fortificación de retención, por su parte, se utiliza para mantener confinados los elementos de roca fracturada; estas pueden ser mallas, cintas de acero (straps) y shotcrete. “Por último, la fortificación de soporte se usa para soportar cargas o bloques individuales, como lo son los arcos rígidos, arcos deslizantes y rellenos” (Castro,2023).

La actividad minera subterránea es compleja debido a los riesgos de operación que representa, aspecto que obliga a la consulta de autores y países en los cuales el ejercicio minero tiene estricta vigilancia del gobierno como por ejemplo Chile que en su estructura gubernamental posee una entidad llamada Servicio Nacional de Geología y Minería, la cual publica documentos de fácil comprensión entre los cuales se encuentra la Guía N° 5 titulada: “Operación para la pequeña minería: FORTIFICACIÓN Y ACUÑADURA”. El documento ofrece en texto y figuras con lo referente a la fortificación en su modalidad madera y pernos. De igual manera normas para acuñadura y causas de accidentes por rocas (Sernageomin, 2010).

- **Fortificación con cuadros de madera**

El sistema de fortificación con cuadros de madera tiene la finalidad de mantener la seguridad de las labores mineras durante la extracción del mineral, soportando la carga inestable del macizo rocoso.



La madera que es utilizada, son los redondos de eucalipto con 5,6,7 y 8 pulgadas de diámetro en grosor. Para la construcción de los cuadros de madera y para el encribado redondos de 4 y 6 pulgadas para alcanzar hasta el techo de la labor. En el proceso de fortificación, para la preparación de los cuadros de madera y otros se utiliza diferentes herramientas para el enmaderado. Los cuadros de madera que se colocan en la galería son cuadros completos que constan de un sombrero y dos postes, la luz que queda de poste a poste está en función al ancho de la (Sernageomin, 2010).

- **Destajes**

Los destajes que se realizan facilitan la penetración de forma segura y eficiente, sus dimensiones son variadas lo cual depende de diámetro de los puntales de madera. Se utiliza mayormente en la preparación de cuadros en los piques e inclinados y también en el armado de tolvas y tajos. Es importante para el empalme y al soportar mayor carga, se ajusta mejor formando una estructura sólida (Sernageomin, 2010).

### **2.2.2. Cuadros de madera**

Son estructuras de sostenimiento que se diseña según las dimensiones de la sección de labores mineras y el tipo de terreno de cada yacimiento minero, son utilizados en labores horizontales e inclinadas. Existen, cuadros rectos, cuadros cónicos y cuadros cojos (Sernageomin, 2010).

## Figura 1

### *Instalación de cuadros de Madera*



Nota: Instalación de cuadros en la galería 2385-S (2021)

- **Cuadro recto**

Se utilizan cuando la mayor presión proviene del techo de la labor y están compuestos por tres elementos: un sombrero y dos postes, asegurados con bloques y cuñas, en donde los postes forman un ángulo de  $90^\circ$  con el sombrero (Maldonado, 2008).

- **Cuadros cónicos**

Se utilizan cuando la mayor presión proviene de los hastiales, la diferencia con los cuadros rectos, radica que en los cuadros cónicos se reduce la longitud del sombrero, inclinando los postes, de tal manera forman un ángulo de  $79^\circ$  a  $81^\circ$ , respecto al piso, quedando el cuadrado de forma trapezoidal (Espinoza, 2009).

- **Cuadros cojos**



Estos cuadros están compuestos por un poste y un sombrero, se utilizan en vetas angostas menores de 3 m de potencia, su uso permite ganar espacio de trabajo pueden ser verticales o inclinados, según el buzamiento de la estructura mineralizada, estos cuadros se adecuan a la forma de la excavación para que cada elemento trabaje de acuerdo a las presiones ejercidas por el terreno (Maldonado, 2008).

### **2.2.3. Elementos auxiliares de fortificación**

Son algunas piezas de madera que complementan el trabajo de la estructura de fortificación; ya sea transmitiendo las cargas o fijando una pieza, hasta que las presiones sujeten definitivamente evitando la caída de pequeños trozos del techo o los hastiales sobre la labor, entre los elementos tenemos bloques, cuñas, encribados o emparillados y longarinas (Quilca, 2005).

- **Cuadros de madera para galerías**

El sostenimiento que más se utiliza con el armado de cuadros de madera, se componen de tres elementos conformados por dos postes y un sombrero que son colocados de forma horizontal. Los postes de madera que se utilizan son generalmente son de 3,00 m 3,00 m de longitud por 7", 8" y 9" de diámetro con sus respectivos destajes, estas dimensiones dependen de la sección de las labores mineras subterráneas. Los redondos para los sombreros son generalmente de 8", 9" de diámetro por 3,00 m de longitud, los mismos que dependen del ancho de la labor, (área geomecánica CMH, 2021).





#### **2.2.4. Shotcrete**

Concreto lanzado (shotcrete) cuyos componentes son: el cemento, agregados, agua, aditivos y elementos de refuerzo, los mismos que se aplican de forma neumática y compactado dinámicamente a alta velocidad sobre una superficie. Existen dos sistemas de lanzamiento de shotcrete (Guía ICH,2015).

- Vía seca, en donde se añade el agua de hidratación en la boquilla de proyección
- Vía húmeda, en donde las mezclas transportadas tienen el agua necesaria para su hidratación.

##### **2.2.4.1. Sistemas de aplicación**

El sistema de aplicación del Shotcrete esta se efectúa bajo dos sistemas de dotación de agua como:

- Sistema de mezcla vía seca
- Sistema de mezcla vía húmeda

##### **2.2.4.2. Sistema de mezcla vía seca**

El mezclado se realiza en seco, en una planta mezcladora, se le añade materiales en seco luego es transportado a la mina en camiones, que pueden ser auto alimentadores o volquetes.

En este sistema la mezcla se introduce en un alimentador o puede ser alimentado manualmente, mediante una lampa a la máquina Gunitadora; desde aquí es lanzada a la superficie de la roca mediante una manguera.



La dosificación de relación agua y cemento está controlado por el operador y está lanzando en mayor polución y no garantiza la calidad de trabajo (Guía ICH,2015).

#### **2.2.4.3. Sistema de mezcla vía húmeda**

Este sistema vía húmeda se puede utilizar en talud, muros pantalla, túneles y minería subterránea garantiza el proyecto tenga mayor método consiste en mezclar previamente el cemento, los agregados y el agua de calidad en planta de mezclado, con este método no se podrá regular a detalle la cantidad de agua respecto a la distancia y el ángulo de aplicación; también no es el adecuado para regular la cantidad de el aditivo acelerante, aplicar los parámetros normados según el ACI 506 (Guía ICH,2015).

#### **2.2.4.4. Requerimientos de equipos**

Los robots de proyección se componen típicamente de los siguientes elementos:

- Ensamblaje de lanza con boquilla.
- Brazo mecánico.
- Control remoto.
- Unidad de mando.
- Plato giratorio o adaptador – consola para diferentes versiones de montaje.

**Figura 2**

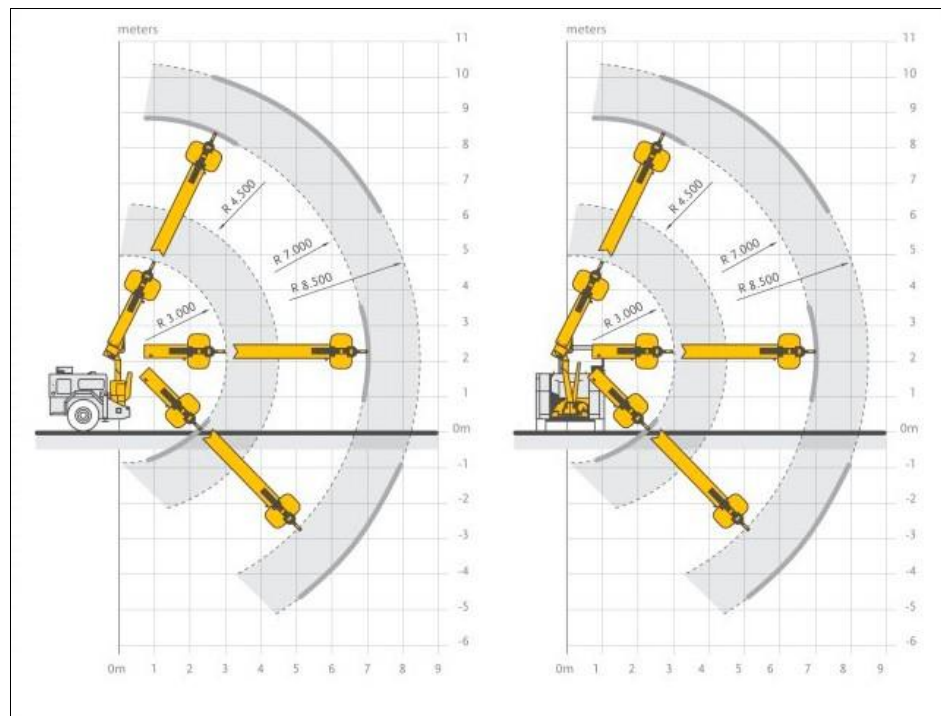
*Equipo Robot serie SPM 4210 WETKRET putzmeister*



Nota: Manual Equipo Robotizado para Shotcrete (SPM 4210)

**Figura 3**

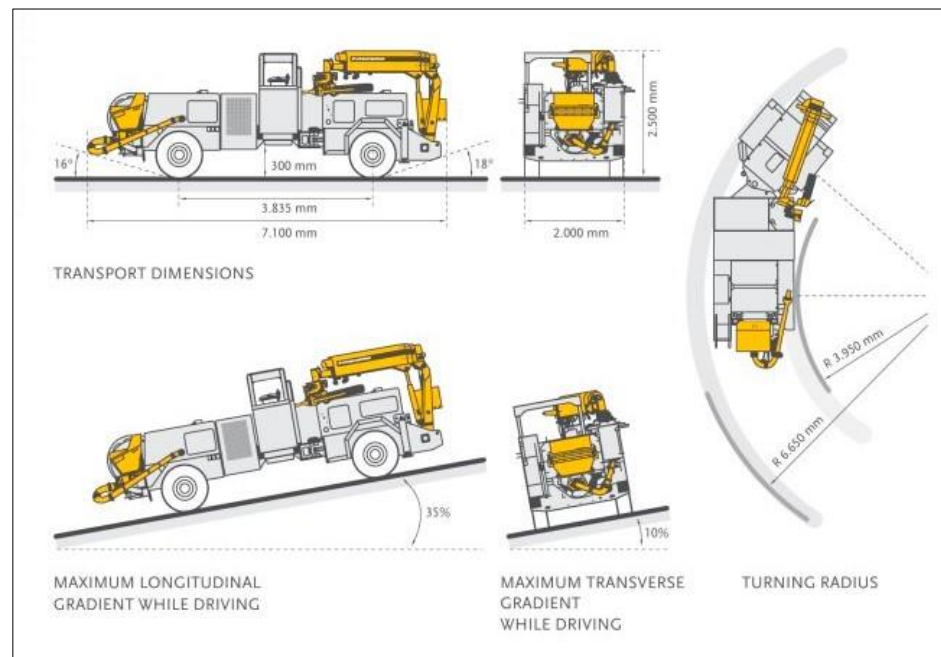
*Diagramas de alcance brazo proyector*



Nota: Manual Equipo Robotizado para Shotcrete (SPM 4210)

**Figura 4**

*Dimensiones y radio de giro*



Nota: Manual Equipo Robotizado para Shotcrete (SPM 4210)

#### **2.2.4.5. Características del shotcrete**

Las características del shotcrete lanzado se pueden especificar y medir según sus parámetros, los principales componentes son: cemento, agua y agregados, a los cuales se incorpora un cuarto componente que genéricamente se designa como aditivo, en proporciones adecuadas para obtener ciertas propiedades pre fijadas, especialmente la resistencia (Guía ICH,2015).

#### **2.2.4.6. Equipos para la preparación, transporte y lanzado de shotcrete**

La selección de los equipos utilizados en la actividad de sostenimiento con shotcrete vía húmeda equipos de desplazamiento positivo o neumaticas en la Unidad minera parcoy son los siguientes:

- Plantas dosificadoras
- Equipo mini cargador
- Equipo cemkret
- Equipo mixer
- Equipo Robot Putzmeister
- Equipo bomba DELTA

#### 2.2.4.7. Preparación con planta dosificadora

- **Capacidad de almacenamiento de las tolvas**

**Tabla 1**

*Capacidad de tolva de planta dosificadora*

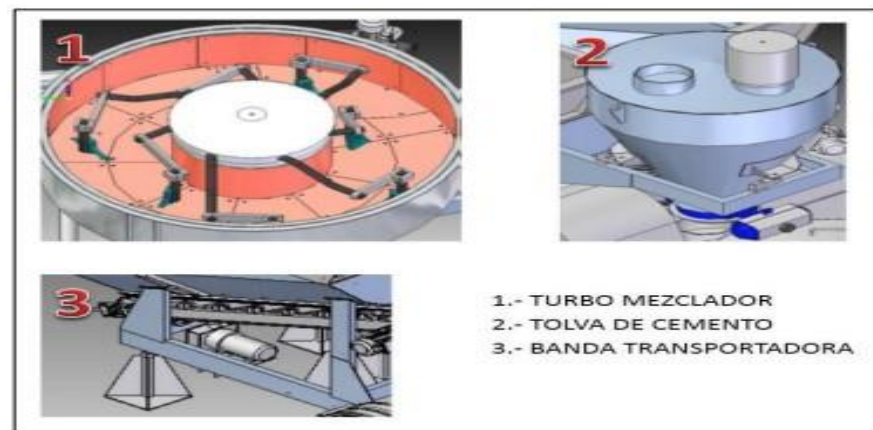
<b>Tolva / material</b>	<b>Capacidad</b>
Arena	3,5 m <sup>3</sup> / 6000 kg
Grava	3,5 m <sup>3</sup> / 6000 kg
Cemento	0,3 m <sup>3</sup> / 400 kg
Mezclador	1,0 m <sup>3</sup>

Nota: área calidad Mineralis SAC. 2021

- **El diseño y componentes planta dosificadora**

**Figura 5**

*Diseño de planta dosificadora*



Nota: área calidad Mineralis SAC. 2021

- **Gradación de agregados**

Es recomendable que la arena cumpla con la gradación N° 2, según ACI 506 – Guía de hormigón proyectado (shotcrete).

**Tabla 2**

*Gradación de agregados según ACI 506*

Tamiz	Cuadro de gradación de los agregados para shotcrete		
	Porcentaje que pasa por peso		
	Gradación N° 01	Gradación N° 02	Gradación N° 03
3/4" (19 mm)			100
1/2" (12 mm)		100	80 - 95
3/8" (10 mm)	100	90 - 100	70 - 90
N° 4 (4.75 mm)	95 - 100	70 - 85	50 - 70
N° 8 (2.40 mm)	80 - 100	50 - 70	35 - 55
N° 16 (1.20 mm)	50 - 85	35 - 55	20 - 40
N° 30 (0.60 mm)	25 - 60	20 - 35	10 - 30

Nota: área calidad Mineralis SAC. 2021

- **Preparación de la mezcla**

- Características físicas:

1. Cemento: Densidad 2,95 g/cm<sup>3</sup>
2. Agregado: Densidad 2,51 g/cm<sup>3</sup>
3. Absorción 3,95 %
4. P.U.S. 1784 kg/m<sup>3</sup>
5. P.U.C. 1912 kg/m<sup>3</sup>

- VISCOCRETE:

1. Densidad 1,06 g/cm<sup>3</sup>
2. SIGUNIT L60: Densidad 1,44 g/cm<sup>3</sup>
3. Fibra: Densidad 3,17 g/cm<sup>3</sup>

- Especificaciones:

1. Resistencia: 244 kg/cm<sup>2</sup>
2. Slump: 5” a 7”

La preparación de la mezcla de shotcrete se realiza en las plantas de superficie (nivel 2800) y en planta mina subterráneo (nivel 2700).

### **Figura 6**

*Preparación shotcrete vía húmeda a Mixer – 707*



Nota: área calidad Mineralis SAC. 2021

#### **2.2.4.8. Preparación de la superficie de lanzado**

Se realiza el desatado de rocas a detalle siguiendo el estándar operativo de la unidad minera a fin de garantizar que los trabajadores tengan un ambiente seguro de trabajo.

La superficie de área a lanzar shotcrete se limpiará cuidadosamente con chorro de agua para eliminar cualquier impureza. Si algún sector presenta agua subterránea que dificulte la colocación del shotcrete se

captará para evitar que el hormigón proyectado húmedo tome contacto con ella de acuerdo a la metodología de captación de aguas.

### **Figura 7**

#### *Desatado de Rocas sueltas*



Nota: área calidad Mineralis SAC. 2021

#### **2.2.4.9. Lanzado de shotcrete**

La mezcla ya lista se descarga en la bomba del robot y se transporta a presión a través de la manguera. En la boquilla del extremo de la manguera, se agrega aire y aditivo al concreto, a razón de 7-15 m<sup>3</sup>/min y a una presión de 5 bar, con lo que se procede al lanzamiento de shotcrete vía húmeda. Y una vez terminado el lanzamiento se procede a poner los calibradores,

#### **2.2.5. Características de la fortificación a instalar**

Para la instalación de la fortificación de una labor minera y lograr una mejor compresión se tiene en cuenta las siguientes consideraciones:

- El uso que se dará a la excavación subterránea.





- Las características geométricas de la excavación.
- Las características físico-mecánica de la roca insitu.
- La caracterización de la roca encajonante (Ramírez, S. 2000)

- **Las características geométricas de la excavación**

Las características geométricas de las excavaciones subterráneas dependen de la forma y dimensiones del yacimiento a explotar y en función a ello se realiza el diseño de la fortificación, los cuales son: Forma, tamaño y orientación.

- **Las características físico –mecánica de la roca insitu**

Se debe tener en consideración las siguientes características físicas que son los siguientes: densidad, peso específico, porosidad y permeabilidad. La geomecánica establece características intrínsecas para calificar las cualidades de resistencia y deformación de las rocas basándose en el marco teórico de Hooke y los criterios de ruptura de Mohr Coulomb, que son los siguientes.

- a. Resistencia a la compresión ( $R_c$ )
- b. Resistencia a la tracción ( $R_t$ )
- c. Módulo de deformación ( $E$ )

- **La caracterización de la roca encajonante**

La caracterización del macizo rocoso, requiere un alto nivel de detalle geológico, para lo cual deben crearse modelos geológicos, seguidos de modelos geo mecánicos basados en datos de campo, que deben tener en cuenta:

- **Orientación.** - En donde se registra el rumbo y buzamiento de las discontinuidades.



- **Espaciado.** - Es la distancia perpendicular entre las discontinuidades adyacentes.
- **Persistencia.** - Es el tamaño de una discontinuidad en donde si la persistencia es menor, entonces será más estable la masa rocosa y si es mayor, será menor estable.
- **Rugosidad.** - Es cuando la superficie de la discontinuidad es áspera y si la rugosidad es menor entonces la masa rocosa será menos competente y si la rugosidad es mayor, la masa rocosa será más competente.
- **Apertura.** – Es cuando en las paredes rocosas de una discontinuidad hay una separación y a menor apertura las condiciones de la masa rocosa son mejores y a mayor apertura las condiciones de la roca son desfavorables.
- **Relleno.** – Es cuando los materiales se ubican dentro de la discontinuidad.
- **Resistencia de la roca.** - La resistencia de la roca a ser rota con golpes de la picota son los siguientes:
  - a. **Resistencia muy alta.** – Cuando es mayor a 250 Mpa.
  - b. **Resistencia alta.** – Cuando está entre 100- 250 Mpa.
  - c. **Resistencia media.** – Cuando está entre 50- 100 Mpa.
  - d. **Resistencia baja.** – Cuando está entre 25-50 Mpa.
  - e. **Resistencia muy** – Cuando está entre 5-25 Mpa.
- **Agua subterránea.** – Cuando hay filtración de agua en la pared de la roca de una labor subterránea, disminuye la calidad del macizo rocoso (Hook, 1999).



### **2.2.6. Masa rocosa**

Se trata de sustancias minerales que presentan diferentes tipos de discontinuidades en su composición, como estratos de diaclasas, fallas, juntas y otras características estructurales que conforman la caja techo y caja piso de una veta. Para obtener las conclusiones de las condiciones geomecánicas de la masa rocosa es necesario observar y realizar el lavado del techo y las paredes de las labores mineras, para determinar las propiedades de las discontinuidades del macizo rocoso. El supervisor debe realizar un mapeo geomecánico detallado de las discontinuidades, utilizando métodos como el “registro lineal”, para lo cual requiere una cinta métrica para registrar todos los datos referidos a las propiedades de las discontinuidades, en donde no se debe incluir las fracturas producidas por la voladura (Bieniawski, 1989).

### **2.2.7. Clasificación geomecánica**

Tienen la finalidad de caracterizar el macizo rocoso en función a los diferentes parámetros. La aplicación geomecánica permite calcular un índice característico de la roca, para describir numéricamente la calidad de la roca. permiten estimar el sostenimiento necesario en base a la evaluación del responsable de área geomecánica, mientras que, durante la obra, permiten evaluar la calidad del terreno que se va atravesando conforme avanza la excavación del túnel y aplicar el sostenimiento correcto en cada caso (Bieniawski, 1989).

### **2.2.8. Estimación de RQD y RMR**

Para conocer la calidad del macizo rocoso es necesario determinar el índice RQD y RMR del comportamiento de la roca los cuales se utilizan en la explotación minera de un yacimiento mineral y a continuación se describe. (Bieniawski, 1979).

- **RQD**

Deere propuso el sistema de designación de la calidad de la roca (RQD) en 1962 como una evaluación cuantitativa de la calidad de la roca basada en la recuperación de núcleos con perforación diamantina. Este índice de calidad de la roca se ha empleado en diversas aplicaciones, como la categorización de la masa rocosa y las opciones de fortificación en labores subterráneas. El RQD se define como el porcentaje de núcleos que se recuperan en piezas enteras de 10 cm o más de largo total de barreno.

Por tanto, para calcular se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{RQD (\%)} = 100 \times \frac{\text{longitud.de.los.nucleos.>.10cm}}{\text{largo.del.barreno}}$$

El RQD es un índice que debe ser calculado para testigos individuales y generalmente mayores a 1,50 metros de longitud. Todos estos trozos enteros de testigo o estas partes de roca fracturada se miden y se contabilizan para entonces aplicarlos a una fórmula de cálculo (Bieniawski, 1979).

### Tabla 3

#### *Relación RQD*

<b>RQD</b>	<b>Calidad de roca</b>
25%	Es muy mala
25-50%	Es mala
50-75%	Es regular
75-90%	Es buena
90-100%	Es muy buena

Nota: calidad de roca

El RQD puede ser estimado a partir del espaciamiento promedio de las discontinuidades en base a la siguiente ecuación propuesta por Priest y Hudson



(1976) experimentalmente, se cumple que la curva de distribución es del tipo exponencial negativa en un gráfico Frecuencia -Espaciamiento:

$$RQD=100.e^{-0.1\lambda}(0.1\lambda+1)$$

Donde:

$\lambda$ = Es la frecuencia media de discontinuidades por metro,  $\lambda=1/$  (frecuencia de discontinuidades)

$$\lambda=\frac{\text{Cantidad.dislocaciones}}{\text{Longitud.del.sonido}}$$

El error comprobado es de +/-5%

A partir de la definición del índice de calidad de roca RQD propuesto por Deere en 1964, se propone una simple clasificación de la calidad de la roca en 5 categorías. La definición de RQD la clasificación de la roca, la relación entre el factor de carga de Terzagui y RQD (propuesta por Cording et al, 1972) y la propuesta de Merrit (1972) para decidir el tipo de sostenimiento en función del RQD.

La fórmula alternativa cuando no hay sondeos es:  $RQD = 115 - 3,3J_v$

$J_v$  = Número de juntas identificadas en el macizo rocoso por m<sup>3</sup>.

- **RMR**

El sistema RMR que ha sido reformado en varias ocasiones y siendo la actual de 1989 lo cual coincide con el de 1979 en muchos aspectos, el sistema es empírico que está basado en más de 300 casos reales de túneles, cimentaciones,



galerías, cavernas y taludes y utilizada ampliamente en todo el mundo para la fortificación de estas labores (Bieniawski, 1979).

El sistema se basa en la sumatoria de una serie de parámetros del terreno para evaluar su capacidad y determinar la fortificación necesaria, estos parámetros son:

- a) Resistencia a la compresión simple de la roca inalterada
- b) RQD (existe un sistema basado en este mismo parámetro)
- c) Espaciamiento discontinuidades (fisuras, diaclasas)
- d) Estado de las fisuras
- e) Presencia de agua subterránea
- f) Orientación de las discontinuidades

$$\text{RMR} = a + b + c + d + e + f$$

La clasificación de RMR está entre 0 y 100)

Nota: Clasificación geomecánica de (Bieniawski, 1989).

### **2.2.9. Mecánica de rocas**

Se trata de una disciplina teórica y aplicada que investiga el comportamiento mecánico de los macizos rocosos bajo la acción de las fuerzas ocasionadas por fuerzas naturales y ocasionados por el hombre. El problema de la ingeniería mecánica en los diseños estructurales es la predicción del comportamiento de la estructura que está bajo las cargas que actúan durante su vida útil. La ingeniería de la mecánica de rocas, es una práctica aplicada a la ingeniería de minas para determinar el estado de las tensiones en el interior del macizo rocoso y conocer la intensidad, dirección y el sentido de las tensiones, para



realizar la excavación. (Bieniawski, 1979). Los esfuerzos existentes en un macizo rocoso no alterado están relacionados al peso de las capas subyacentes y con la historia geológica de la roca, este campo de esfuerzos es alterado al realizar una excavación subterránea y en muchos casos, esta alteración introduce esfuerzos grandes que sobrepasan la resistencia de la roca. Entonces en estos casos, el debilitamiento de la roca adyacente a los límites de la excavación ocasiona la inestabilidad, produciendo el cierre gradual de la excavación, la caída del techo y de las paredes de la roca (Bieniawski, 1979).

#### **2.2.10. Mapeo geomecánico**

Se realiza para conocer la calidad del macizo rocoso a través del uso de criterios de clasificación geomecánica que está basado en el sistema RMR de Bieniawski

Los parámetros que se consideran son:

- Tipo de estructura
- Dirección de buzamiento
- Buzamiento
- Espaciamiento.
- Persistencia calidad de relleno
- Tipo de relleno.
- Espesor del relleno
- Compresión uniaxial
- RQD (Índice de calidad de roca)
- Presencia de agua.

**Tabla 4***Característica geomecánicas de la Galería 2385 -S*

CALIDAD DE MACIZO ROCOSO	CLASIFICACION RMR		VALUACION INDICE Q				SOSTENIMIENTO
	RMR	TIPO DE ROCA	DE	A	TIPO	DISCRIPCION	
Muy Buena	81-100	I Muy Buena	50	1000	I-III	Muy Buena	Según Excavacion
Buena	61-80	II Buena	10	50	IV	Buena	Según Excavacion
Regular A	51-60	III Regular A	5	10	V	Regular	Según Excavacion
Regular B	41-50	III Regular B	1	5	VI	Mala	Según Excavacion
Mala A	31-40	IV Mala A	0.1	1	VII	Muy Mala	Sostenimiento con cuadros de madera
Mala B	21-30	IV Mala B	0.1	0.01	VIII	Extremadamente Mala	Shotcrete de 2"
Muy Mala	0-20	V Muy Mala	0.01	0.001	IX	Excepcionalmente Mala	Según Excavacion

Nota: área geomecanica CMH

### 2.2.11. Costos de producción

Según la información proporcionada por el autor, los costos de producción de una unidad minera pueden ser desagregado en las siguientes áreas como: Costos Geológica, Costos de Minado, Costos de Procesamiento, Costos de Servicios Generales y Administración, Costos (Seguridad, salud, ocupacional, Calidad, Medio Ambiente y Relaciones Socio-Comunitarias), (Schwarz,2012).

### 2.2.12. Costos por proceso

El autor argumenta que metodológicamente determinar el costo unitario de un producto o un servicio no es complicado, el costo unitario se determina con el costo es los recursos consumidos (mano de obra, insumos, equipos, instalaciones, otros) para fabricar un producto o servicio dividido por el número de unidades producidas esto es para el caso de solo bien o un servicio, cuando produce varios productos y servicios, es fundamental determinar las unidades producidas y los recursos utilizados en un periodo





en cada producto, para ello es importante llevar registros de los recursos consumidos por productor y unidades producidas de cada productor o servicio, (Rosanas Martí & Ballarín,1988).

- **Costo de servicios generales**

Son los gastos administrativos y financieros necesarios para ejecutar el proyecto, por ejemplo, seguros, fianzas, servicios de telefonía, útiles de oficina, movilidad local, etc. (Schwarz,2012).

- **Costos de supervisión**

Costos de planilla por sueldos, bono, alimentación, transporte al lugar de obra, equipos de protección personal empleado del área y otros (Schwarz,2012).

- **Costo de equipos y vehículos**

Se considera costo de alquiler de equipos y vehículos contratados a tarifas horarias, diarias o mensuales, obtenidos sobre los tiempos de operación en el sistema de operación se programan y controlan los equipos, vehículos (Schwarz,2012).

- **Sub contratos**

Es el costo por las valorizaciones de sub-contratos (contrato que transfiere parte de la obra de costo de sostenimiento a todo costo, por ejemplo: sostenimiento con shotcrete a precio unitario por m<sup>2</sup>) (Schwarz,2012).

- **Costo mano de obra**



Es el costo por planillas de salarios, alimentación, transporte al lugar de obra, equipos de protección personal, el costo horas hombres (Schwarz,2012).

- **Costo de materiales**

Considera como costos de los materiales ingresados al almacén para ser incorporados a la obra(Schwarz,2012).

### 2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

- **Shotcrete:** lanzar concreto sobre una superficie.
- **Arena zarandeada:** Agregado tamizado por Zaranda (malla) de ½ pulgada.
- **Cemento:** es un polvo fino se utiliza como conglomerante se endurece estar en contacto con agua.
- **Aditivo:** Sustancia liquido de acción acelerante sobre tiempo de fraguado y resistencias mecánicas del concreto.
- **Fibras:** es un material sintético con el objetivo de controlar la fisura plástica por secado.
- **Barretilas:** Barra metálica de longitudes variables (4,6,8,12”) utilizada para realizar el desatado de rocas.
- **Fortificación:** Sostenimiento o soporte de las rocas en una labor subterránea.
- **Labores mineras:** Son excavaciones subterráneas, que se realizan para explotar un yacimiento.
- **Redondos de madera:** Los redondos son rollizos de madera que se utilizan para armar los cuadros de madera.
- **Cuadros de madera:** están formados por el armado de dos postes y un sombrero,
- **Macizo rocoso:** conjunto de matriz rocosa y discontinuidades.



- **Costos:** son los recursos o activos del negocio que se espera aporten un beneficio futuro a la empresa.



## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. UBICACIÓN

La Unidad Minera Parcoy. Consorcio Minero Horizonte S.A, se encuentra ubicada en la confluencia de los ríos Parcoy y Llacuabamba en el centro poblado de Retamas, Distrito de Parcoy, Provincia de Pataz, Departamento La Libertad, situado en el lado occidental del departamento a una altitud promedio de 2780 m.s.n.m.

Se ubica en las siguientes coordenadas geográficas:

ALTITUD: 08° 01' 06" S LONGITUD: 27° 28' 45" W

UTM N-9 112 976.240, E -227 281.330.

La mina aurífera está situada a 500 Km. al Norte de Lima sobre el Flanco Oriental de la Cordillera De Los Andes y pertenece a la Cuenca Hidrográfica del Marañón. De acuerdo a la Carta Geológica del Instituto Geológico; "Hoja de Tayabamba" (17-I). Las áreas de operación están cerca a los poblados de Retamas, La Soledad, Parcoy, Lúcumas y Llacuabamba.

#### 3.2. ACCESIBILIDAD

Para llegar al yacimiento minero la Unidad Minera Parcoy del Consorcio Minero Horizonte, se realiza desde la ciudad de Trujillo y Lima, mediante la carretera Panamericana, siguiendo la vía de acceso.

**Tabla 5**

*Vía de accesibilidad a la Unidad Minera Parcoy*

<b>Ruta</b>	<b>Distancia (Km)</b>	<b>Tiempo de recorrido (Hr)</b>
Lima - Trujillo	560	9
Trujillo – Huamachuco	180	4
Huamachuco - Retamas	300	8
Total	1040	21

Nota: vía terrestre

Vía de accesibilidad a la Unidad Minera Parcoy: por vía aérea, se realiza hasta un aeródromo ubicado en la playa de laguna de Pias.

**Tabla 6**

*Vía de acceso a la Unidad Minera Parcoy*

<b>Ruta</b>	<b>Distancia (Km)</b>	<b>Tiempo de recorrido (Hr)</b>
Lima - Trujillo	490	1,20
Trujillo - Pias	450	1,30
Total	940	1,50

Nota: vía aérea

Después se continúa vía terrestre río arriba con destino Retamas aproximadamente 30 minutos.

### **3.3. METODOLOGÍA**

#### **3.3.1. Tipo de investigación**

La investigación reducción de costos mediante la aplicación de shotcrete tiene una finalidad aplicativa los principales métodos que se utilizaron en la investigación, análisis, deductivo, descriptiva, entre otros.



Según el autor miden y evalúan diversos aspectos, dimensiones o componentes del fenómeno o fenómenos a investigar. Desde el punto de vista científico, describir es medir. Esto es, en un estudio descriptivo se selecciona una serie de cuestiones y se mide cada una de ellas independientemente, para así -y valga la redundancia- describir lo que se investiga (Sampieri R. H., 2014).

### **3.3.2. Nivel de investigación**

El nivel del presente proyecto de investigación consiste en un estudio descriptivo. El propósito de investigación es reducir costos con la aplicación del sistema de sostenimiento con shotcrete.

Según el autor existen cuatro alcances de investigación: exploratorio, descriptivo, correlacional y explicativo. (Sampieri, 2018)

### **3.3.3. Enfoque del estudio**

En el presente proyecto el enfoque de estudio o manipulación de datos es cuantitativo, ya que no se realiza una estadística, en este caso se observa mediante pruebas de laboratorio, como la resistencia optima de shotcrete.

Es necesario hacer notar que los estudios descriptivos miden de manera más bien independiente los conceptos o variables con los que tienen que ver (Sampieri R. H., 2014).

### **3.3.4. Diseño de investigación**

Para el diseño de la investigación, es del tipo no experimental, desarrollaremos el diseño de una investigación por objetivos

Donde:



- Objetivos del estudio
- Observar, describir, cuantificar
- Exploratorio: ¿Quién, que, como, donde y cuando?
- Unidad de análisis

Según el autor la elección del diseño de investigación es una decisión tomada por el investigador en función del objetivo del estudio planteado. Para una correcta elección del diseño debemos tener en cuenta todos los aspectos que guiaron nuestra pregunta de investigación siguiendo el sistema PICO: P: Tipo de paciente o problema de interés, I: Intervención (agente etiológico, prueba diagnóstica, tratamiento), C: comparación a la intervención que queremos valorar, O (outcomes = resultados): qué esperamos obtener como resultado de nuestra intervención (Sampieri, 1997).

### 3.4. POBLACIÓN

La población para el estudio de investigación está constituida por la Galería 2385-S, Galería 2435 - S y Galería 2485 - N, desarrollados en roca muy mala de la **Unidad Minera Parcoy**.

La población o universo es un conjunto de todos los casos que concuerdan con determinadas especificaciones (Sampieri R. H., 2014).

### 3.5. MUESTRA

Para la muestra de la investigación se ha considerado la Galería 2385- S, de una sección de 3,00 m por 3,00 m y de una longitud de 30 metros en roca de tipo mala de la Unidad Minera Parcoy del Consorcio Minero Horizonte – La Libertad.



Al respecto define que la muestra es en esencia, un subgrupo de la población, es decir es un subconjunto de elementos que pertenecen a ese conjunto definido en sus características al que llamamos población (Sampieri R. H., 2014).

### **3.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES**

#### **3.6.1. Variable independiente**

Fortificación en la Galería 2385-S, con la aplicación de Sostenimiento con Shotcrete de la Unidad Minera Parcoy del Consorcio Minero Horizonte – La Libertad.

La variable independiente es la que se considera como supuesta causa en una relación entre variables, es la condición antecedente; y al efecto provocado por dicha causa se le denomina variable dependiente (Sampieri R. H., 2014).

#### **3.6.2. Variable dependiente**

Costos de sostenimiento en la Galería 2385-S, sección de 3m x 3m con una sección de 30m de longitud de la Unidad Minera Parcoy.

Según el autor la variable dependiente no se manipula, sino que se mide para ver el efecto de la manipulación de la variable independiente sobre ella. Esto podría esquematizarse de la siguiente manera (Sampieri, 1997).



**Tabla 7**

*Operacionalización de variables*

<b>VARIABLES</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>ESCALA DE MEDICIÓN</b>
<b>Variable independiente:</b>		
Fortificación en la Galería 2385-S, con la aplicación de Sostenimiento con Shotcrete de la Unidad Minera Parcoy del Consorcio Minero Horizonte – La Libertad.	– Tipo de roca – RMR – Sección	– IV Mala A – Roca muy mala, 31-40. – 3m x 3m
<b>Variable dependiente</b>		
Costos de sostenimiento en la Galería 2385-S, de la Unidad Minera Parcoy del Consorcio Minero Horizonte – La Libertad.	– Costo de concreto – Costo de cemento – Costo de adherentes – Costo de instalación	– US\$/m <sup>2</sup> – US\$/m <sup>2</sup> – US\$/m <sup>2</sup> – US\$/m <sup>2</sup>

Nota: elaboración propia

### 3.7. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

#### 3.7.1. Técnicas

En la investigación se utilizó la técnica de la observación directa para recoger los datos.

- Se obtuvo datos de recomendación geomecánica realizados por área de geomecánica.
- Otra herramienta a utilizar son los costos de sostenimiento realizadas por las empresas especializadas que también proveen los insumos.



Según el autor señala que las técnicas constituyen el conjunto de mecanismos, medios o recursos dirigidos a recolectar, conservar, analizar y transmitir los datos de los fenómenos sobre los cuales se investiga. Por consiguiente, las técnicas son procedimientos o recursos fundamentales de recolección de información, de los que se vale el investigador para acercarse a los hechos y acceder a su conocimiento (abril, 2008)

### **3.7.2. Instrumentos**

Para la recolección de datos se utilizó la libreta de campo y los formatos de control, los cuales permitieron realizar los cálculos respectivos, para obtener los resultados del estudio de investigación.

Según el autor señala que un instrumento de medición es el recurso que utiliza el investigador para registrar información o datos sobre las variables que tiene en mente. Algunos de los instrumentos para recabar información son, el cuestionario, la guía entrevista, las pruebas objetivas, los test y las escalas de actitudes (sampieri, 2010)

### **3.7.3. Procedimiento**

El presente proyecto de investigación se inicia con la selección de tema a investigar haciendo una revisión bibliográfica profunda con la posibilidad de incluir a variables de interés de estudio. Por otro lado, se realizó la evaluación del tipo de sostenimiento a aplicarse con el sistema shocrete en la GL 2385 – S interior mina. Es así que se procedió a plantearse el sostenimiento con shocrete como tema de estudio considerando y evaluando los tiempos actuales de sostenimiento con los que se proyecta.



## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS

##### 4.1.1. Sostenimiento en la Galería 2385 - S

Para el sostenimiento de una de las labores mineras de la Unidad Minera Parcoy, se utilizó el sistema de cuadros de madera. El departamento de geomecánica procedió a elegir el tipo de fortificación para la labor de explotación, la selección es de tipo: shotcrete 2", después de correlacionar los resultados de la evaluación del tipo de roca con los sistemas de clasificación RMR y el índice Q.

Los costos de sostenimiento se calcularon en la Galería 2385 - S, en donde el sistema de sostenimiento anterior fue con cuadros de madera y posteriormente se reemplazó con el sistema de sostenimiento con Shotcrete, cuyos resultados fueron favorables para la Unidad Minera Parcoy.

#### 4.2. RESULTADOS POR SOSTENIMIENTO CUADROS DE MADERA

Determinar los costos del sistema de sostenimiento con cuadros madera en la Galería 2385-S, de la Unidad Minera Parcoy del Consorcio Minero Horizonte – La Libertad.

##### 4.2.1. Redondos de madera

En la Unidad Minera se utilizó mayormente los redondos de eucalipto, como elemento principal de sostenimiento de las labores mineras de preparación en zona de BERNABE, en donde los redondos que más se utilizaron en las labores



de explotación fueron los redondos de 5, 6, 7 y 8 pulgadas de diámetro en la Minera Parcoy.

#### 4.2.2. Análisis de costos de madera

Los costos de los redondos de madera se elevaron según el costo de transporte desde el lugar de origen hasta la Unidad Minera y el costo más alto fueron los puntales de 6, 7 y 8 pulgadas de diámetro.

#### Tabla 8

*Costos de los redondos de madera*

<b>Descripción</b>	<b>Costo US\$</b>
Redondo de 5" de diámetro x 3m	13,49
Redondo de 6" de diámetro x 3m	14,78
Redondo de 7" de diámetro x 3m	16,70
Redondo de 8" de diámetro x 3m	19,28

Nota: elaboración propia

#### 4.2.3. Costo de instalación del sistema de sostenimiento con madera

Los costos de instalación de cuadro de madera determinada por guardia mano de obra directa incluyendo leyes sociales como se observa en la tabla 9 y 10.

**Tabla 9***Costo de mano de obra T.C. 1 US\$ = S/. 3,89*

<b>Mano de obra directa</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo US \$/guardia</b>
Capataz de guardia	1	06,40
Maestro enmaderador	1	20,56
Ayudante de sostenimiento	2	35,98
Sub total	4	<b>62,24</b>
Leyes sociales	102,86 %	<b>64,59</b>
<b>Subtotal</b>		<b>126,83</b>
<b>Total</b>		<b>3804,9</b>

Nota: elaboración propia

**Tabla 10***Costo de Redondos para cuadros de madera y enrejado*

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Total (US\$)/cuadro</b>
Redondo de 6" de diámetro x 3m	2	29,56
Redondo de 7" de diámetro x 3m	2	33,42
Redondo de 8" de diámetro x 3m	3	57,84
Madera eucalipto 5x5x3m	5	109,25
cantoneras	10	51,14
<b>Subtotal</b>		<b>434,63</b>
<b>Total</b>		<b>5158</b>

Nota: total de 30 guardias

#### 4.2.4. Costo de herramientas

El costo de herramientas está determinado según vida útil con un subtotal de 5,86 US\$/guardia, la instalación de cuadro de madera es durante 30 guardias la cual determina un total de 175,8 US\$ como se muestra en la tabla 11.



**Tabla 11**

*Herramientas*

<b>Descripción</b>	<b>Medida</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Vida Útil días</b>	<b>Costo US\$/guardia</b>
Barretillas	Unidad	8	30	2,74
Azuela	Unidad	1	15	0,51
Sierra	Unidad	2	60	0,20
Flexómetro	Unidad	2	30	0,20
Corvina 36 pulg.	Unidad	1	30	0,85
Formón	Unidad	1	30	0,07
Plomada	Unidad	1	360	0,02
Soga	m	6	60	1,20
<b>Imprevistos 5%</b>				<b>0,07</b>
<b>subtotal</b>				<b>5,86</b>
<b>Costo Total</b>				<b>175,8</b>

Nota: determinado el costo total de 30 guardias

**Tabla 12***Costo de implementos de seguridad*

<b>Descripción</b>	<b>Medida</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Vida Útil</b>	<b>Costo US \$/guardia</b>
Protector	Unidad	4	300	0,16
Guantes de badana	Pares	4	30	0,53
Guantes de jebe	Pares	3	30	0,70
Guantes de cuero	Pares	4	25	0,62
Correas porta lámpara	Unidad	4	300	0,14
Botas de jebe	Pares	4	180	0,37
overol	Unidad	4	180	0,49
Respiradores	Unidad	4	180	0,28
Filtro para partículas 70 93	Pares	4	15	0,69
cartuchos para gas 6003	Pares	4	15	2,40
Tapón auditivo	Pares	4	120	0,02
Ropa de jebe	Unidad	2	120	0,58
Lentes de malla	Unidad	4	120	0,11
Lentes de mica	Unidad	4	180	0,08
Lámpara winsdom	Unidad	4	360	100
<b>subtotal</b>				<b>8,47</b>
<b>Costo total</b>				<b>254,1</b>

Nota: total de 30 guardias.

Costo calculado para sostenimiento de 30 cuadros de madera durante 30 guardias



Costo total de instalación para 30 cuadros de madera en la GL 2385-S.

$$3804 + 5158,8 + 175,8 + 254,1 = 9393,6 \text{ US\$}$$

Costo total de instalación de cuadro en 30 m = 9393,6 US\$

#### 4.3. RESULTADOS POR SOSTENIMIENTO SHOTCRETE

La empresa contratista Mineralis SAC es la encargada de realizar sostenimiento con shotcrete. Determinar los costos del sistema de sostenimiento con Shotcrete en la Galería 2385-S, de la Unidad Minera Parcoy del Consorcio Minero Horizonte – La Libertad.

##### 4.3.1. Costo de Shotcrete vía húmeda 1m<sup>3</sup>

El costo de shotcrete para 1 m<sup>3</sup> la cantidad, el diseño de dosificación, como se muestra en la tabla 13

**Tabla 13**

*Diseño de dosificación de Shotcrete T.C. = 3,89*

Insumos utilizados para 1 m <sup>3</sup> de concreto	Cantidad	unidad	Costo Total US\$
Arena	1300	Kg	22
Cemento	400	Kg	85
Agua	175	Lt	3
Fibra sintética	5	Kg	15
Aditivo supe plastificante	5	L	24
Aditivo acelerante de fragua	26	L	21
Aire	2	bar	1
<b>Total</b>			<b>171</b>

Nota: total de 30 guardias.



#### 4.3.2. Costo de instalación con Shotcrete

Resultado de costo mano de obra directa determinada por guardia 43,95 US\$. Se determina para 20 guardias un total de 879 US \$ como se muestra en la tabla 14.

**Tabla 14**

*Costo de mano de obra con Shotcrete T.C. 1\$US = 3,89*

<b>Mano de obra directa</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo US \$/guardia</b>
Capataz de Guardia	1	3,67
Operador de Robot	1	9,65
Operador de Mixer	1	8,35
Ayudante de Robot	1	
<b>Sub total</b>	<b>4</b>	<b>21,67</b>
Leyes sociales subtotal	102,86 %	<b>22,28</b> <b>43,95</b>
<b>Total</b>		<b>879</b>

Nota: elaboración propia

#### 4.3.3. Costo de transporte y lanzado de shotcrete

El costo de transporte y lanzado de shotcrete es de 180 US\$ por m<sup>3</sup> la cual procederá a lanzar 20 m<sup>3</sup> de shotcrete, determinamos un total de 3600 US\$.

**Tabla 15**

*Costo del equipo de fortificación*

<b>Equipo</b>	<b>Costo US \$</b>
Robot lanzador	65
Transporte de Mixer	115
<b>Subtotal</b>	<b>180</b>
<b>Total</b>	<b>3600</b>

Nota: elaboración propia

**Tabla 16***Costo de equipos de seguridad con Shotcrete*

Descripción	Medida	Cantidad	Vida Útil	Costo US \$/guardia
Protector	Unidad	4	300	0.16
Guantes de badana	Pares	4	30	0.53
Guantes neopreno	Pares	3	30	0.70
Guantes dieléctrico	Pares	3	30	1.04
Correa de seguridad	Unidad	4	300	0.14
Botas de jebe	Pares	4	180	0.37
overol	Unidad	4	180	0.49
Respirador	Unidad	4	180	0.28
Filtro para partículas	Pares	4	15	0.69
cartuchos para gas	Pares	4	15	2.40
Tapón auditivo	Pares	4	120	0.02
Protector auricular (orejeras)	pares	3	120	0.29
tvek	Unidad	1	1	2.57
Lentes de mica	Unidad	4	180	0.08
Lámpara winsdom	Unidad	4	360	1.00
subtotal				10.76
<b>Costo total</b>				<b>215,2</b>

Nota: elaboración propia

#### 4.3.4. Cálculo de volumen de Shotcrete

La cantidad de concreto que vamos a requerir para un avance de 1,5 m empezamos a calcular el perímetro de la labor de una forma de arco, posterior a ello se calcula el volumen como se muestra en la tabla 15.

$$P = 2H - r(4 - \pi) + A$$

**Tabla 17***Volumen m<sup>3</sup> para sección 3x3*

Sección (m)	Avance (m)	espesor	rebote	perímetro	volumen (m <sup>3</sup> )
3 x 3	1.5	0.0508	1.22	9.24	1

Nota: elaboración propia

Se necesita 20m<sup>3</sup> de concreto preparado para lanzar shotcrete de 30m lineales

Costo calculado para 30 m, sección 3m x 3m

Cálculo de preparación de shotcrete

- Cantidad de shotcrete 20 m<sup>3</sup>
- Dosificación por m<sup>3</sup> = 171 US\$/m<sup>3</sup>

$$20 \text{ m}^3 \times 171 \text{ US\$/m}^3 = 3420 \text{ US\$}$$

Costo total de instalación de shotcrete:

$$3420 + 879 + 3600 + 215,2 = 8114,2 \text{ US\$}$$

Costo total de instalación de shotcrete en 30m = 8114,2 US\$

#### **4.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS CON OTRAS FUENTES**

El presente proyecto de investigación se llegó a los siguientes resultados, que mediante la aplicación de sostenimiento con Shotcrete referente a cuadros de madera los costos, se redujeron de 9393,6 US\$, a 8114,2 US\$, logrando una diferencia de 1279,4 US\$. se concluyó que con el sistema de sostenimiento mecanizado si se minimiza los costos de sostenimiento en la Galería 2385 – S, Estos resultados son similares al análisis del sistema de sostenimiento con una diferencia de 1279,4 US\$



Los resultados del presente estudio de investigación fueron, que utilizando el sistema de sostenimiento con Shotcrete en referencia con cuadros de madera los costos, se minimizaron de 9393,6 US\$, a 8114,2 US\$, logrando una diferencia de 1279,4 US\$. se concluyó que con el sistema de sostenimiento mecanizado si se minimiza los costos de sostenimiento en la Galería 2385 – S. Este resultado es similar al Opex de sostenimiento con el sistema de pernos Hydrabolt y malla electro soldada en la Rampa San Vicente de la Empresa Minera Arapa S.A.C. – Arequipa, en donde concluyó que utilizando el sostenimiento con pernos Hydrabolt y malla electro soldada vs. madera los costos se optimizaron de 47,63 US\$/m<sup>2</sup> a 42,92 US\$/m<sup>2</sup>, con una diferencia de 4,71 US\$/m<sup>2</sup>. El costo de sostenimiento con cuadros de madera fue de 47,63 US\$/m<sup>2</sup> y el costo de sostenimiento con pernos Hydrabolt y malla electro soldada se redujo a 42,92 US\$/Tm.

En el presente estudio de investigación termina una cantidad de 10 bolas de cemento de dosificación para 1m<sup>3</sup> según ACI tiene una garantía de seguridad obtener una resistencia a la compresión promedio de 244.06kg/cm<sup>3</sup> este estudio se asemeja con estudio de Tapia (2017) En su investigación titulada diseño y aplicación del shotcrete vía húmeda como elemento de sostenimiento en labores mineras. Se plantea con el siguiente objetivo. Diseñar y aplicar correctamente el shotcrete vía húmeda, también optimizar el sostenimiento logrando beneficios económicos. Concluye que el diseño de mezcla de shotcrete con 9 bolas de cemento, logrando obtener una resistencia a la compresión promedio de 223.06kg/cm<sup>3</sup>

El resultado de reducción de costos se obtuvo con sostenimiento mecanizado con shocrete vía húmeda la cual presta mejores condiciones se asemeja con su estudio de Díaz (2018) En su investigación, Shotcrete vía húmeda la importancia como elemento de sostenimiento en Minería, superintendencia de operaciones mineras. Concluye que en el futuro el método por vía húmeda será el más apropiado debido a su mejor ambiente de



trabajo, mayor calidad y uniformidad. El desarrollo de la tecnología del Shotcrete está relacionado con el proceso de vía húmeda. Con el método húmedo fue más flexible lograr una calidad uniforme en el proceso de proyección.



## V. CONCLUSIONES

- Se reduce los costos mediante el sistema de fortificación con Shotcrete en referencia con cuadros de madera, los costos se redujeron en 16 % en la Galería 2385 – S de la Unidad Minera Parcoy del Consorcio Minero Horizonte – La Libertad.
- Se ha determinado los costos de sostenimiento con cuadros de madera, los costos fueron de 9393,6 US\$ en la Galería 2385 - S de la Unidad Minera Parcoy del Consorcio Minero Horizonte – La Libertad.
- Con el sistema de fortificación con Shotcrete, los costos fueron de 8114,2 US\$ vía húmeda también genera mejores condiciones en la Unidad Minera Parcoy del Consorcio Minero Horizonte – La Libertad.
- Se optimiza la cantidad de 1279,4 US\$. Con el sistema de fortificación de shotcrete obteniendo beneficios económicos para la unidad minera parcoy.



## VI. RECOMENDACIONES

- Para establecer el sistema de sostenimiento más adecuado para las labores subterráneas de la Minera, se recomienda evaluar el comportamiento del macizo rocoso por área de geomecánica según RMR bienawski y Q de barton.
- Para obtener la calidad y eficiencia en el lanzado de shotcrete se debe capacitar las habilidades y destrezas del colaborador que opera el robot, para realizar trabajos planificados.
- El sistema de sostenimiento con shotcrete vía húmeda es el más eficiente y la polución es menor, se debe aplicar este sistema en las labores subterráneas mineras como temporales y permanentes.
- Con el sistema de fortificación de shotcrete en el futuro este método por vía húmeda será el más apropiado debido a su mayor calidad y uniformidad, mejor ambiente de trabajo, menor exposición al personal.



## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bieniawski, Z. (1989). *Engineering rock mass classifications: a complete manual for engineers and geologists in mining, civil, and petroleum engineering*.
- Castro, E. (2016). *Teoria y practica de la investigacion cientifica*. huancayo.
- Duran, B. (2018). *Analisis del macizo rocoso y la determinacion del sostenimiento para el control de zonas criticas propenso al estadillo de rocas*. Arequipa.
- Fernandez, C. y. (2018). *Parametros para maximizar la adhesion del shotcrete por proceso humedo en mineria subterraneo de CMH*. Trujillo. Obtenido de <http://repositorio.uct.edu.pe/handle/123456789/517>
- Maldonado, Z. (2008). *Aplicacion geomecanica en Mina Chungar*. Cerro de pasco.
- Martinez, J. (2011). *Analisis del concreto lanzado como revestimiento definitivo para tuneles*. Bogota. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10554/7538>
- Mejia, H. (2020). *Sistema de sostenimiento para mejorar la produccion en la Galeria principal del Nivel 2650 de la Concesion Septima Maravilla II*. Cajamarca.
- Quilca, A. (2005). *Sostenimiento en mineria subterranea Cosude-Proyecto Gama*. Lima.
- Rios, H. (2012). *Sostenimiento con shotcrete robotizado en la mina carahuacra*. Lima. Obtenido de <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/10249>
- Sampieri. (1997). *Metodologia de la Investigacion*. Mexico.
- Sampieri, R. H. (2014). *Metodologia de investigacion*. MEXICO.
- Sanca, M. (2009). *Ejecucion y sostenimiento de labores de desarrollo en la Unidad Minea Paula SAC*. Arequipa.
- Schwarz, M. y. (2012). *Costos de produccion*. Ecuador.
- Suasnabar. (2019). *Analisis tecnico para la optimizacion del sostenimiento del sostenimiento en los frentes de la compañía minera Casapalca SA*. Lima.
- Torrens, B. (1984). *Fortificacion en la mineria subterranea*. Australia.



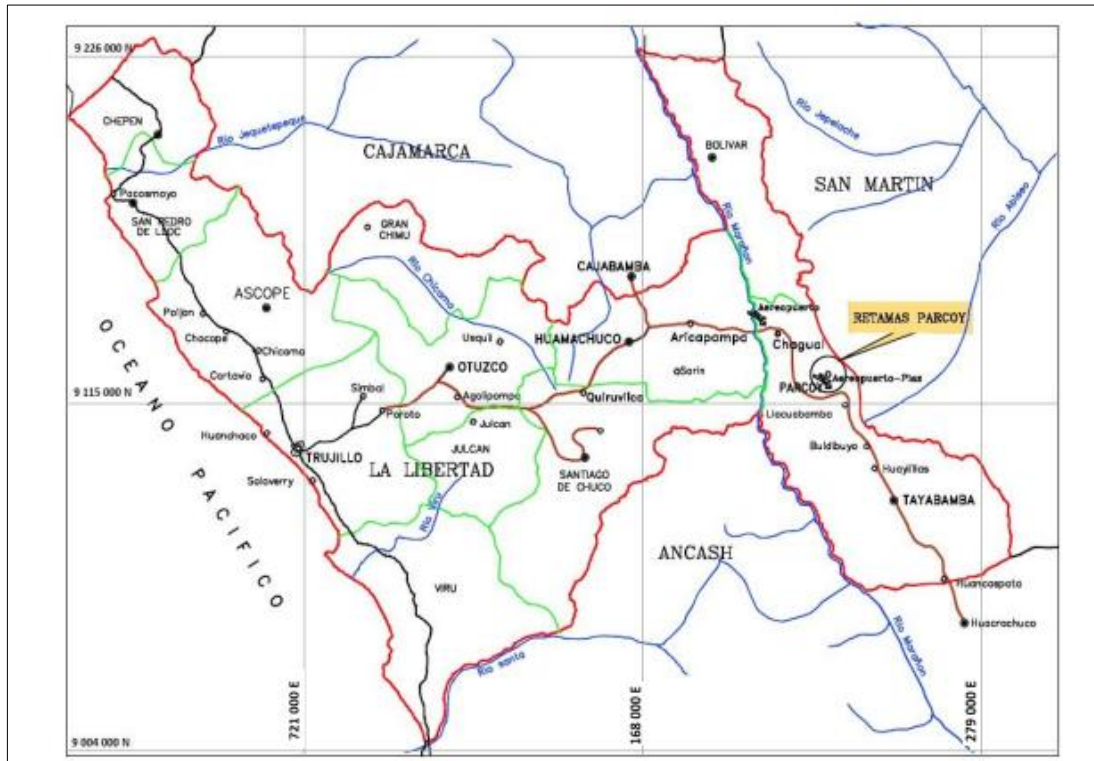


Torres, L. (2016). *Diseño y aplicacion de shotcrete para optimizar el sostenimiento en la unidad economica san cristobal - Minera Bateas*. Arequipa. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/3260>



## ANEXOS

### ANEXO 1. Plano de ubicación de la Minera Parcoy



### ANEXO 2. Plano de georreferencia C. P. Retamas Minera Parcoy



### ANEXO 3. Tabla geomecánica

MINERO HORIZONTE		TABLA GEOMECÁNICA Y ESTÁNDAR DE SOSTENIMIENTO UNIDAD PARCOY-CMH					ANEX-02-E001	
TEMPORALES								
Calidad de macizo rocoso	Clasificación RMR		Valuación Índice Q				SOSTENIMIENTO	
	RMR	Tipo de Roca	De	A	Tipo	Descripción		
Muy Buena	81-100	I Muy Buena	50	1000	I-III	Muy Buena - Excep. Buena	Según Sección de Excavación	
Buena	61-80	II Buena	10	50	IV	Buena	Según Sección de Excavación	
Regular A	51-60	III Regular A	5	10	V	Regular	Según Sección de Excavación	
Regular B	41-50	III Regular B	1	5	VI	Mala	Según Sección de Excavación	
Mala A	31-40	IV Mala A	0.1	1	VII	Muy Mala	Según Sección de Excavación	
Mala B	21-30	IV Mala B	0.1	0.01	VIII	Extremadamente Mala	Según Sección de Excavación	
Muy Mala	0-20	V Muy Mala	0.01	0.001	IX	Excepcionalmente Mala	Según Sección de Excavación	

LABORES TEMPORALES SECCIÓN ENTRE 1.5 A 3.0 m.	
Calidad de macizo rocoso	TIPO DE SOSTENIMIENTO
Muy Buena	Pernos de 5' sistemático, espaciados a 2.1m.
Buena	Pernos de 5' sistemático, espaciados de 1.7 a 2.1m.
Regular A	Pernos expansivos ó fricción de 5' sistemático, espaciados de 1.5 a 1.7m.
Regular B	Pernos expansivos de 5' sistemático, espaciados de 1.5 a 1.7m, con malla electrosoldada.
Mala A	Shotcrete 2" (F/25-30kg) + pernos expansivos ó fricción de 5' sistemático, espaciados de 1.3 a 1.5m ó cuadros de madera de Ø=8".
Mala B	Shotcrete 2" ó 3" (F/30-35kg) + pernos expansivos ó fricción de 5' sistemático, espaciados de 1.2 a 1.3m ó cuadros de madera de Ø=8".
Muy Mala	Cuadros de madera de Ø=8".

LABORES TEMPORALES SECCIÓN ENTRE 3.0 A 5.0 m.	
Calidad de macizo rocoso	TIPO DE SOSTENIMIENTO
Muy Buena	Pernos de 5' sistemático, espaciados a 2.1m.
Buena	Pernos de 7' sistemático, espaciados de 1.7 a 2.1m.
Regular A	Pernos expansivos ó fricción de 7' sistemático, espaciados de 1.5 a 1.7m.
Regular B	Shotcrete 2" (F/25kg) + pernos expansivos ó fricción de 7'-8' sistemático, espaciados de 1.3 a 1.5m ó malla electrosoldada.
Mala A	Shotcrete 2" (F/25-30kg) + pernos expansivos ó fricción de 7'-8' sistemático, espaciados de 1.2 a 1.3m ó Cuadros de madera de Ø=8" y armado de wood pack en caso lo requiera.
Mala B	Shotcrete 2" ó 3" (F/30-35kg) + pernos expansivos de 7'-8' sistemático, espaciados de 1.0 a 1.2m ó cuadros de madera mayor a Ø=8" y armado de wood pack en caso lo requiera.
Muy Mala	Cimbras metálicas ó cuadros de madera mayor a Ø=8".

INTERSECCIONES TEMPORALES MAYORES A 5.0m.	
Calidad de macizo rocoso	TIPO DE SOSTENIMIENTO
Muy Buena	Pernos de 5' sistemático, espaciados a 2.1m.
Buena	Pernos expansivos ó fricción de 7'-8' sistemático, espaciados de 1.7 a 2.1m, con malla electrosoldada.
Regular A	Pernos expansivos ó fricción de 7'-8' sistemático, espaciados de 1.2 a 1.5m, con malla electrosoldada.
Regular B	Shotcrete 2" (F/25kg) + expansivos ó fricción de 7'-8' sistemático, espaciados de 1.2 a 1.5m.
Mala A	Shotcrete 2" (F/25-30kg) + pernos expansivos de 7' y reforzados con pernos de adhesión de 8'-10' Sistemático, espaciados de 1.0 a 1.2m y armado de wood pack en caso lo requiera.
Mala B	Shotcrete 2" ó 3" (F/30-35kg) + pernos expansivos de 7' y reforzados con pernos de adhesión de 8'-10' Sistemático, espaciados a 1.0m y armado de wood pack en caso lo requiera.
Muy Mala	No aplica.

**NOTA:**

El shotcrete será lanzado en sección completa de piso a piso según procedimiento, dentro de las horas de autoaporte de la roca.

El shotcrete y la instalación de pernos sistemáticos deberá formar un arco de autoaporte en la labor.

De presentarse esfuerzos, con potencial de generar crujidos o "Seudo estallidos de rocas", se realizará taladros de alivio y se empleará malla de eslabones sobre el refuerzo recomendado en las opciones anteriores.

En terrenos de calidad muy mala (Tipo V) se hará uso de spilling bar para el avance y para todo tipo de roca el sostenimiento deberá ser inmediato y al tope, según la recomendación geomecánica, que varía de acuerdo a la calidad del macizo rocoso.

Al concluir o paralizar una labor, el tope deberá ser sostenida según recomendación geomecánica.

Al retomar una labor antigua, se deberá realizar una re evaluación geomecánica.

El armado de cuadros o cimbras se realizará bajo techo seguro y el espaciamiento de eje a eje podrá ser modificado por el Ingeniero Geomecánico de manera explícita en su recomendación.

Ante la presencia de factores influyentes como fallas, agua, entre otros, el sostenimiento será reforzado y descrito en la recomendación geomecánica.

**LEYENDA**

Pernos de fricción	Split set.
Pernos de expansivos	Swellex.
Pernos de adhesión	Pernos helicoidales, varillas de fc.
Inyecciones de consolidación	Con resinas ó lechada de cemento.
Puntales de seguridad	Puntales de madera de 8" a 10" de diámetro.
Shotcrete estructural	Shotcrete con fibra metálica dramix 65/35 entre 20 a 30 kg/m <sup>3</sup> ó fibra 45/35 a 30 kg/m <sup>3</sup> .
Malla electrosoldada	Malla electro-soldada cocada 4"x4" ó 3"x3".
Malla de eslabones	Malla de eslabones de alambre galvanizado cocada 3"x3".
Cuadros metálicos	Cuadros de vigas "H" de 4"x4"x13 Libras/pie para chimeneas construidos con alimak, secciones 2.5 x 2.5 m y 3.0x3.0m espaciado c/m.
Cimbras metálicas	Estructuras de vigas "H" de 8"x6"x 20Libras/pie para labores principales de secciones = ó > a 4x4m; Vigas "H" de 4"x4"x13Libras/pie para secciones < 3.5x3.5m.
Jack pot	Para puntales de madera de 7", 8" a 10" de diámetro, son platos inflables a presión hidráulica.
Spilling bar	Paraguas de pernos con lechada de cemento instalados en la corona de la labor para proteger la estabilidad de la corona.
Fibra metálica	Fibra metálica dramix según dosificación por tipo de roca y sección.
Jack pat	Mantas metálicas inflables a presión hidráulica, para confinar wood pack.
Wood pack	Castillos de cuarterones en forma de pilar

#### ANEXO 4. Sostenimiento con cuadros de madera GL 2385 NV 2700



#### ANEXO 5. Sostenimiento con cuadros de madera GL 2385 NV 2700



## ANEXO 6. Redondos de madera para sostenimiento



## ANEXO 7. Sostenimiento con Shotcrete



### ANEXO 8. Lanzamiento de shotcrete



### ANEXO 9. Sostenimiento con Shotcrete



### ANEXO 10. Playa de Estacionamiento de Equipos



### ANEXO 11. Camioneta de supervisión CMH





## ANEXO 12. Oficina Mina de CMH

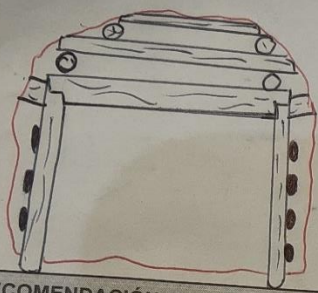


## ANEXO 13. Capacitación por área de Geomecánica






ANEXO 14. Recomendación Geomecánica

MINERO HORIZONTE										RECOMENDACIÓN GEOMECÁNICA			U. MINERA: ACUMULACIÓN PARCOY N° 1																																																												
NIVEL: 2700		CONTRATA: Produce		SUPERVISOR GEOMECANICA: F. Quihue		CÓDIGO: F-08-E001		SECCIÓN: GEOMECÁNICA		VERSIÓN: 05																																																															
LABOR: 6C2385		ZONA: Sur		TIEMPO DE EJECUCIÓN DE SOSTENIMIENTO: INMEDIATO																																																																					
FECHA/HORA	PROGRESIVA DE (m)	A (m)	TIPO DE ROCA	A (m)	H (m)	L (m)	Shotcrete (m <sup>3</sup> )	RMR v	RMR s	OBSERVACIÓN																																																															
18/08 19:40	X1+13.00m		Mala B	3.0	3.0	-	-	33	28	Completar guardacabeza con redonda de 4"																																																															
<p><b>DIAGRAMA DE SOSTENIMIENTO</b></p>  <p><b>TIPO DE ROCA</b></p> <table border="1"> <tr><td>Muy Buena (I)</td><td>81-100</td></tr> <tr><td>Buena (II)</td><td>61-80</td></tr> <tr><td>Regular A (III-A)</td><td>51-60</td></tr> <tr><td>Regular B (III-B)</td><td>41-50</td></tr> <tr><td>Mala A (IV-A)</td><td>31-40</td></tr> <tr><td>Mala B (IV-B)</td><td>21-30</td></tr> <tr><td>Muy Mala (V)</td><td>0-20</td></tr> </table> <p><b>TIPO DE SOSTENIMIENTO</b></p> <table border="1"> <tr><td>Espesor del Shotcrete</td><td>2"</td><td>3"</td><td>4"</td></tr> <tr><td>Fibra Metálica (Kg/m3)</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Tipo de Anclaje</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Longitud</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Espaciamiento</td><td>1.0m x 1.0m</td><td>1.2m x 1.2m</td><td>1.4m x 1.4m</td></tr> <tr><td>Malla Electrosoldada</td><td>Corona</td><td>H.I.</td><td>H.D.</td></tr> <tr><td>Cimbra Metálica</td><td>Viga H4</td><td>Viga H6</td><td>Espaciam.</td></tr> <tr><td>Cuadro de Madera</td><td>3.5m x 3.5m</td><td>4.5m x 4.2m</td><td>Espaciam.</td></tr> <tr><td>Cuadro Metálicos (m)</td><td>Ø7"</td><td>Ø8"</td><td>Espaciam.</td></tr> <tr><td></td><td>3.0m x 3.0m</td><td>3.5m x 3.5m</td><td>1.2-1.4m</td></tr> <tr><td></td><td>2.5m x 2.5m</td><td>3.0m x 3.0m</td><td>Espaciam.</td></tr> </table> <p><b>RECOMENDACIÓN GEOMECÁNICA:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>El tiempo de fraguado del Shotcrete (Vía Húmeda y vía Seca): Después del lanzado se deberá esperar 01 hora para perforar el frente y 03 horas para realizar el empernado y cualquier otra actividad (antes de ingresar se debe validar las condiciones de la excavación, si el Shotcrete no ha fraguado no ingresar), y el tiempo de curado: se debe mantener húmedo mínimo 7 días (Estándar E0-01A Sostenimiento Mecanizado).</li> <li>Se debe realizar un constante y minucioso desate de rocas sueltas, eliminar cuñas y/o bloques en hastiales y corona (cumplir el PETS de desate de rocas); así mismo realizar la limpieza completa de los hastiales antes de realizar el sostenimiento con Shotcrete de piso a piso de labor.</li> <li>El sostenimiento debe ser al tope según la recomendación de la supervisión de Geomecánica, los responsables de la ejecución deben validar las condiciones previas al proceso de sostenimiento, de presentarse problemas de estabilidad durante el proceso se comunicará al Dpto. Geomecánica.</li> </ol> <p>① Inspección del área de trabajo IPREC-VEO-PETAR de Ø4" obligatorio</p> <p>② Realizar desatado y redatado minucioso en toda la labor en el tope ⑥ Voladura controlada en el avance debido a puente de 3.50m próximos a pasar.</p> <p>③ Avance solo para el armado del siguiente cuadro</p> <p>④ Sostenimiento con <del>CUADRO DE MADERA</del> CUADRO DE MADERA (Ø8" esp. 1.20-1.40m) contados sus elementos</p> <p>⑤ Colocado de guardacabeza con redondas</p>																Muy Buena (I)	81-100	Buena (II)	61-80	Regular A (III-A)	51-60	Regular B (III-B)	41-50	Mala A (IV-A)	31-40	Mala B (IV-B)	21-30	Muy Mala (V)	0-20	Espesor del Shotcrete	2"	3"	4"	Fibra Metálica (Kg/m3)				Tipo de Anclaje				Longitud				Espaciamiento	1.0m x 1.0m	1.2m x 1.2m	1.4m x 1.4m	Malla Electrosoldada	Corona	H.I.	H.D.	Cimbra Metálica	Viga H4	Viga H6	Espaciam.	Cuadro de Madera	3.5m x 3.5m	4.5m x 4.2m	Espaciam.	Cuadro Metálicos (m)	Ø7"	Ø8"	Espaciam.		3.0m x 3.0m	3.5m x 3.5m	1.2-1.4m		2.5m x 2.5m	3.0m x 3.0m	Espaciam.
Muy Buena (I)	81-100																																																																								
Buena (II)	61-80																																																																								
Regular A (III-A)	51-60																																																																								
Regular B (III-B)	41-50																																																																								
Mala A (IV-A)	31-40																																																																								
Mala B (IV-B)	21-30																																																																								
Muy Mala (V)	0-20																																																																								
Espesor del Shotcrete	2"	3"	4"																																																																						
Fibra Metálica (Kg/m3)																																																																									
Tipo de Anclaje																																																																									
Longitud																																																																									
Espaciamiento	1.0m x 1.0m	1.2m x 1.2m	1.4m x 1.4m																																																																						
Malla Electrosoldada	Corona	H.I.	H.D.																																																																						
Cimbra Metálica	Viga H4	Viga H6	Espaciam.																																																																						
Cuadro de Madera	3.5m x 3.5m	4.5m x 4.2m	Espaciam.																																																																						
Cuadro Metálicos (m)	Ø7"	Ø8"	Espaciam.																																																																						
	3.0m x 3.0m	3.5m x 3.5m	1.2-1.4m																																																																						
	2.5m x 2.5m	3.0m x 3.0m	Espaciam.																																																																						
SUPERVISOR DE GEOMECÁNICA CMH		SUPERVISOR DE MINA E.E		SUPERVISOR DE SEGURIDAD E.E		SUPERVISOR DE SOSTENIMIENTO E.E																																																																			
DNI: 44015187		DNI: 25764667		DNI: 74923966		DNI:																																																																			
F. Quihue 18/08/21		C.H. ANATO 19/08/21		William C. Ramirez 19/08/21																																																																					
/ /		/ /		/ /																																																																					
/ /		/ /		/ /																																																																					

**ANEXO 15.** Dosificación de mezcla concreto lanzado

		<b>SUPERINTENDENCIA DE GEOMECÁNICA</b> <b>DOSIFICACIÓN DE MEZCLA CONCRETO LANZADO</b>					ANEX-02-E001C
							VERSIÓN:03
<b>VÍA HÚMEDA</b>							
Material	Peso Seco Kg.	Peso Especifico	Volúmen	Corrección Kg.	P.Correjidos Kg.	Tanda m3	
Cemento	400	3.14	127.4	-	400	6.80	0.017
Agua	168	1	168.0	50.51	117	1.997	
Arena	1649	2.581	638.9		1724	29.31	
SH-5	2.96	1.09	2.7	-	2.96	0.050	
Fibra Met.	25.0				25.0	0.425	
Vol. Pasta	-	-	361.1	-			
Vol. Aire 6.35%	-	-	63.0				
Vol. Aridos	-	-	638.9				
R: a/c	0.42	-					
Dosis	0.740	-	1000.0				
<b>TOTAL</b>	<b>2245</b>		<b>1000.0</b>		<b>2270</b>	<b>39</b>	

PESO UNITARIO DEL SHOTCRETE FRESCO	
Peso de concreto (kg)	16.04
Volúmen del molde (m3)	0.00706
P.U (kg/m3)	2272
Rendimiento(m3)	

Datos	Arena
Aire de diseño (%)	
Humedad:	4.56
Absorción:	1.50
F.h:	0.030629532
MF:	3.55

Nota: La dosificación de fibra para los diseños varia de 20, 30, 40, 45, 50 kg/m3



## ANEXO 16. Declaración jurada de autenticidad de tesis



Universidad Nacional  
del Altiplano Puno



Vicerrectorado  
de Investigación



Repositorio  
Institucional

### DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo Ccallo Risalazo, William Ronald  
identificado con DNI 74223966 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional,  Programa de Segunda Especialidad,  Programa de Maestría o Doctorado

Ingeniería de Minas

informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación denominada:

"REDUCCION DE COSTOS DE SOSTENIMIENTO MEDIANTE LA APLICACION  
CON SHOTCRETE EN LA GALERIA 2385-S DE LA UNIDAD MINERA  
PARCOY DEL CONSORCIO MINERO HORIZONTE - LA LIBERTAD"

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 15 de Mayo del 2024



FIRMA (obligatoria)



Huella



## ANEXO 17. Autorización para el depósito de tesis o trabajo de investigación en el repositorio institucional.



Universidad Nacional  
del Altiplano Puno



Vicerrectorado  
de Investigación



Repositorio  
Institucional

### AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo Ccallo Risalazo, William Ronald,  
identificado con DNI 74223966 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional,  Programa de Segunda Especialidad,  Programa de Maestría o Doctorado

Ingeniería de Minas

informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación denominada:

"REDUCCION DE COSTOS DE SOSTENIMIENTO MEDIANTE LA APLICACION CON SHOTCRETE EN LA GALERIA 2385 - S DE LA UNIDAD MINERA PARCOY DEL CONSORCIO MINERO HORIZONTE - LA LIBERTAD"

para la obtención de  Grado,  Título Profesional o  Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los "Contenidos") que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 15 de Mayo del 2024

  
FIRMA (obligatoria)



Huella