

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS**



**T E S I S**

**Implementación del sostenimiento con el Jackpack para incrementar la  
producción de mineral en los tajos de la Compañía Minera Poderosa S.A.**

**Para optar el título profesional de:**

**Ingeniero de Minas**

**Autor:**

**Bach. Manuel ZEVALLOS TIBURCIO**

**Asesor:**

**Mg. Luis Alfonso UGARTE GUILLERMO**

**Cerro de Pasco – Perú – 2024**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS**



**T E S I S**

**Implementación del sostenimiento con el Jackpack para incrementar la  
producción de mineral en los tajos de la Compañía Minera Poderosa S.A.**

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

---

**Mg. Teodoro Rodrigo SANTIAGO ALMERCO  
PRESIDENTE**

---

**Ing. Julio Cesar SANTIAGO RIVERA  
MIEMBRO**

---

**Ing. Toribio GARCÍA CONTRERAS  
MIEMBRO**



**Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión**  
**Facultad de Ingeniería de Minas**  
**Unidad de Investigación**

**INFORME DE ORIGINALIDAD N°075-JUIFIM-2024**

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

Presentado por:

**Bachiller:** Manuel, ZEVALLOS TIBURCIO

Escuela de Formación Profesional

**Ingeniería de Minas**

Tipo de trabajo:

**Tesis**

**Implementación del Sostenimiento con el Backpack para Incrementar la Producción de Mineral en los Tajos de la Compañía Minera Poderosa S.A.**

**Asesor:**

Mg. Luis Alfonso, UGARTE GUILLERMO

Índice de Similitud: 24%

Calificativo

**APROBADO**

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

Cerro de Pasco, 05 de marzo 2024



**Dr. Agustín Arturo AGUIRRE ADAUTO**  
JEFE DE LA UNIDAD DE INVESTIGACION DE LA  
FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS

C.c.

## **DEDICATORIA**

A Dios, por la bendición; quien ilumina el camino de mi vida, a mis padres por el apoyo permanente en mi formación integral y a toda mi familia, ellos siempre me acompañan en mis quehaceres.

## **AGRADECIMIENTO**

A mi Alma Mater Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, a los catedráticos del Programa de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería de Minas, por los aportes y experiencias compartidas.

A los Ingenieros de la minera Poderosa, por el apoyo incondicional en el proceso de mi investigación y a todas las personas que participaron en forma directa o indirecta.

## RESUMEN

El trabajo de investigación “Implementación del Sostenimiento con el Jackpack para Incrementar la Producción de Mineral en los Tajos de la Compañía Minera Poderosa S.A.”. El presente trabajo plantea el análisis, y estimación del incremento de la producción de mineral en los diferentes tajos, el objetivo de la investigación es analizar y evaluar el sostenimiento con el Jackpack para estabilizar el sostenimiento del Wood pack para la recuperación de pilares dejados por el método de explotación que se emplea en la minera Poderosa; la metodología utilizada es cuantitativa recolectando datos, analizando registros de control de estabilidad y producción. Estos controles se han realizado en ambos turnos de 7:00 a 18:00 horas y 19:00 a 6:00 horas, la producción y evaluación se ejecutaron en cuatro tajos; se obtuvieron datos de las observaciones en tiempo real, Esta información han permitido realizar las comparaciones entre tajos y tipo de sostenimiento para determinar cuál es el tipo de sostenimiento más adecuado. Se concluye en que con la implementación del sostenimiento con el Jack pack, se logra estabilizar el sostenimiento con el Wood pack y se ha evidenciado que el sostenimiento solo con el Wood pack se tiene colapso después de la voladura producto de la vibración adicionando la instalación del Jack pack se logra mejores resultados después de la voladura ya que no se tiene colapso del sostenimiento, en relación a la producción de mineral en la recuperación de los pilares se logra un incremento bastante significativo de un 102.75%, se establece como favorable para incrementar la producción la implementación del Jack pack, con el uso solo del Wood pack se obtiene una producción de 349.16 toneladas, luego de la implementación se obtiene una producción de 717.55 toneladas de mineral.

**Palabras clave:** Sostenimiento, Producción, tajo, mineral.

## **ABSTRACT**

The research work “Implementation of Sustainability with the Jackpack to Increase Mineral Production in the Pits of Compañía Minera Poderosa S.A.”. The present work proposes the analysis and estimation of the increase in mineral production in the different pits, the objective of the research is to analyze and evaluate the support with the Jackpack to stabilize the support of the Wood pack for the recovery of pillars left by the exploitation method used in the Poderosa mining company; The methodology used is quantitative, collecting data, analyzing stability and production control records. These controls have been carried out in both shifts from 7:00 a.m. to 6:00 p.m. and 7:00 p.m. to 6:00 a.m., production and evaluation were carried out in four pits; Data were obtained from observations in real time. This information has allowed comparisons to be made between pits and type of support to determine which is the most appropriate type of support. It is concluded that with the implementation of support with the Jack pack, it is possible to stabilize the support with the Wood'pack and it has been shown that support only with the Wood pack causes collapse after the blasting as a result of the vibration by adding the installation of the Jack pack, better results are achieved after blasting since there is no collapse of the support, in relation to the mineral production in the recovery of the pillars, a quite significant increase of 102.75% is achieved, it is established as favorable to increase production the implementation of the Jack pack, with the use only of the Wood pack a production of 349.16 tons is obtained, after the implementation a production of 717.55 tons of mineral is obtained.

**Keywords:** Sustainability, Production, pit, mineral.

## INTRODUCCIÓN

El enfoque de esta investigación es sobre la implementación del sostenimiento con el Jack pack en los tajos de producción de la minera Poderosa el estudio está relacionado con la producción de mineral por el tipo de sostenimiento la evaluación de las estimaciones de producción de mineral en la recuperación de pilares de los tajos, primeramente, con el tipo de sostenimiento solamente con el Wood pack y luego la estimación de la producción con la implementación del Jack pack.

Según a nuestro objetivo principal de la investigación es analizar y evaluar el sostenimiento del Jack pack con la instalación conjuntamente con el Wood pack para incrementar la producción de los tajos de la minera Poderosa, en cuanto a la metodología establecida es cuantitativa recolectando datos, revisando registros de control de calidad de sostenimiento y producción.

En el capítulo uno se hace mención del planteamiento del problema, delimitación de la investigación, objetivos de la investigación, justificación y limitaciones de investigación

En el capítulo segundo se detalla el marco teórico describiendo los tipos de sostenimientos, este capítulo es importante porque nos permite comprender el desarrollo del trabajo de investigación.

En el capítulo tercero se detalla la metodología de investigación.

En el capítulo cuarto se describe las pruebas de campo aplicado al sostenimiento y la producción en la recuperación de pilares de los tajos para poder luego relacionar la producción de línea base y luego utilizando la implementación del sostenimiento con el Jack pack propuesto detallando las condiciones de cada tipo de sostenimiento; posterior a este análisis se describe la discusión de resultados, comparando los rendimientos obtenidos en las pruebas de campo.



## ÍNDICE

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
RESUMEN	
ABSTRACT	
INTRODUCCIÓN	
ÍNDICE	
INDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE GRÁFICOS	

### CAPÍTULO I

#### PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.	Identificación y determinación del problema .....	1
1.2.	Delimitación de la investigación .....	2
1.2.1.	Generalidades de la mina.....	2
1.2.2.	Ubicación y acceso .....	3
1.2.3.	Clima y meteorología .....	5
1.2.4.	Fisiografía.....	6
1.2.5.	Geología local.....	9
1.2.6.	Estratigrafía .....	10
1.2.7.	Yacimiento mineral .....	12
1.3.	Formulación del problema.....	13
1.3.1.	Problema general .....	13
1.3.2.	Problemas específicos .....	14

1.4.	Formulación de Objetivos .....	14
1.4.1.	Objetivo General .....	14
1.4.2.	Objetivos específicos.....	14
1.5.	Justificación de la Investigación.....	14
1.6.	Limitaciones de la investigación .....	15

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

2.1.	Antecedentes de estudio .....	16
2.2.	Bases teóricas - científicas.....	18
2.2.1.	Sostenimientos en minería.....	18
2.2.2.	Tipos de sostenimientos .....	19
2.2.3.	Sostenimiento de galerías con pernos.....	20
2.2.4.	Parámetros del perno .....	21
2.2.5.	Formas de actuación del perno .....	22
2.2.6.	Tipos de anclajes con pernos.....	24
2.2.7.	Anclaje por adherencia .....	24
2.2.8.	Anclaje por fricción .....	26
2.2.9.	Elementos de refuerzo .....	30
2.2.10.	Elección del método de sostenimiento .....	32
2.2.11.	RMR de Bieniawski .....	34
2.3.	Definición de términos básicos .....	36
2.4.	Formulación de Hipótesis.....	40
2.4.1.	Hipótesis general .....	40
2.4.2.	Hipótesis específicas .....	40
2.5.	Identificación de variables.....	41

2.6.	Definición Operacional de variables e indicadores .....	42
------	---	----

### **CAPÍTULO III**

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

3.1.	Tipo de Investigación .....	43
3.2.	Nivel de investigación .....	43
3.3.	Métodos de Investigación.....	43
3.4.	Diseño de Investigación .....	44
3.5.	Población y muestra .....	44
3.5.1.	Población .....	44
3.5.2.	Muestra .....	44
3.6.	Técnicas e instrumentos para la recolección de datos .....	44
3.7.	Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación.....	45
3.8.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	45
3.9.	Tratamiento Estadístico .....	46
3.10.	Orientación ética filosófica y epistémica .....	46

### **CAPÍTULO IV**

#### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

4.1.	Descripción del trabajo de campo.....	47
4.1.1.	Consideración del sostenimiento con el Wood pack.....	47
4.1.2.	Implementación del sostenimiento con el Jack pack.....	50
4.1.3.	Proceso de actividades.....	59
4.1.4.	Instalación del sostenimiento con Wood pack y Jack pack.....	62
4.2.	Presentación, análisis e interpretación de resultados .....	72
4.2.1.	Producción de tajo con sostenimiento Wood pack.....	72
4.2.2.	Producción con la implementación del Jack pack .....	80

4.2.3. Análisis e interpretación de resultados de la producción .....	88
4.3. Prueba de Hipótesis .....	100
4.3.1. Hipótesis general .....	100
4.3.2. Hipótesis específicas .....	100
4.4. Discusión de resultados .....	101

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Ubicación de la minera Poderosa.....	4
<b>Figura 2</b> Geología regional el batolito de pataz .....	9
<b>Figura 3</b> Geología local CMPSA.....	10
<b>Figura 4</b> Estratigrafía CMPSA .....	12
<b>Figura 5</b> Sostenimiento con pernos .....	21
<b>Figura 6</b> Anclaje sin cohesión en las juntas .....	23
<b>Figura 7</b> Pernos de acero corrugado .....	25
<b>Figura 8</b> Cartuchos de resina .....	25
<b>Figura 9</b> Bulón de anclaje mecánico .....	26
<b>Figura 10</b> Anclaje con perno Split - set.....	27
<b>Figura 11</b> Expansión de pernos swellex .....	28
<b>Figura 12</b> Sostenimiento con perno tipo swellex .....	29
<b>Figura 13</b> Perno autoperforante y accesorios .....	29
<b>Figura 14</b> Perno autoperforante de fibra de vidrio .....	30
<b>Figura 15</b> Sostenimiento con Wood pack.....	48
<b>Figura 16</b> Sostenimiento con Wood pack.....	49
<b>Figura 17</b> Sostenimiento con Wood pack.....	50
<b>Figura 18</b> Partes del Jack pack .....	51
<b>Figura 19</b> Esfuerzos que aporta el pre tensionado.....	52
<b>Figura 20</b> Accesorios de instalación.....	52
<b>Figura 21</b> Partes de bomba de alta presión.....	53
<b>Figura 22</b> Manómetro de control.....	54
<b>Figura 23</b> Seguridad de trabajo del manómetro .....	54
<b>Figura 24</b> Bomba hydrabolt.....	55

<b>Figura 25</b> Uso de la bomba hydrabolt .....	56
<b>Figura 26</b> Válvula de paso.....	56
<b>Figura 27</b> Partes de la boquilla combo .....	57
<b>Figura 28</b> Instalación del Jack pack .....	58
<b>Figura 29</b> Detalles de instalación del Jack pack.....	63
<b>Figura 30</b> Instalación 1:00 m. sin relleno detrítico.....	64
<b>Figura 32</b> Instalación 3:00 m. sin relleno detrítico.....	66
<b>Figura 33</b> Instalación 1:50 m. con relleno detrítico.....	67
<b>Figura 34</b> Instalación 2:10 m. con relleno detrítico.....	68
<b>Figura 35</b> Instalación 2:70 m. con relleno detrítico.....	69
<b>Figura 36</b> Detalles de instalación en un tajo.....	71

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Acceso a la mina.....	4
<b>Tabla 2</b> Acceso a la mina.....	5
<b>Tabla 3</b> Acceso a la mina.....	5
<b>Tabla 4</b> Personal de la compañía y empresas especializadas .....	6
<b>Tabla 5</b> Clasificación de la roca .....	35
<b>Tabla 6</b> Tipo de roca.....	35
<b>Tabla 7</b> Tipo de sostenimiento por el RMR .....	36
<b>Tabla 8</b> Operacionalización de variables.....	42
<b>Tabla 9</b> Especificaciones técnicas .....	51
<b>Tabla 10</b> Nivel 2120 – tajo: 1560 .....	73
<b>Tabla 11</b> Nivel 2120 – tajo: 1560-1 .....	73
<b>Tabla 12</b> Nivel 2120 – tajo: 1580 .....	74
<b>Tabla 13</b> Nivel 2120 – tajo: 1580-1 .....	74
<b>Tabla 14</b> Nivel 2120 – tajo: 1560 .....	75
<b>Tabla 15</b> Nivel 2120 – tajo: 1560-1 .....	75
<b>Tabla 16</b> Nivel 2120 – tajo: 1580 .....	76
<b>Tabla 17</b> Nivel 2120 – tajo: 1580-1 .....	76
<b>Tabla 18</b> Nivel 2120 – tajo: 1560 .....	77
<b>Tabla 19</b> Nivel 2120 – tajo: 1560-1 .....	77
<b>Tabla 20</b> Nivel 2120 – tajo: 1580 .....	78
<b>Tabla 21</b> Nivel 2120 – tajo: 1580-1 .....	78
<b>Tabla 22</b> Nivel 2120 – tajo: 1560 .....	79
<b>Tabla 23</b> Nivel 2120 – tajo: 1560-1 .....	79
<b>Tabla 24</b> Nivel 2120 – tajo: 1580 .....	80

<b>Tabla 25</b> Nivel 2120 – tajo: 1580-1 .....	80
<b>Tabla 26</b> Nivel 2120 – tajo: 1560 .....	81
<b>Tabla 27</b> Nivel 2120 – tajo: 1560-1 .....	81
<b>Tabla 28</b> Nivel 2120 – tajo: 1580 .....	82
<b>Tabla 29</b> Nivel 2120 – tajo: 1580-1 .....	82
<b>Tabla 30</b> Nivel 2120 – tajo: 1560 .....	83
<b>Tabla 31</b> Nivel 2120 – tajo: 1560-1 .....	83
<b>Tabla 32</b> Nivel 2120 – tajo: 1580 .....	84
<b>Tabla 33</b> Nivel 2120 – tajo: 1580-1 .....	84
<b>Tabla 34</b> Nivel 2120 – tajo: 1560 .....	85
<b>Tabla 35</b> Nivel 2120 – tajo: 1560-1 .....	85
<b>Tabla 36</b> Nivel 2120 – tajo: 1580 .....	86
<b>Tabla 37</b> Nivel 2120 – tajo: 1580-1 .....	86
<b>Tabla 38</b> Nivel 2120 – tajo: 1560 .....	87
<b>Tabla 39</b> Nivel 2120 – tajo: 1560-1 .....	87
<b>Tabla 40</b> Nivel 2120 – tajo: 1580 .....	88
<b>Tabla 41</b> Nivel 2120 – tajo: 1580-1 .....	88
<b>Tabla 42</b> Producción del tajo 1560 .....	89
<b>Tabla 43</b> Producción del tajo 1560-1 .....	90
<b>Tabla 44</b> Producción del tajo 1580 .....	91
<b>Tabla 45</b> Producción del tajo 1580-1 .....	92
<b>Tabla 46</b> Producción del tajo con implementación 1560 .....	93
<b>Tabla 47</b> Producción del tajo con implementación .....	94
<b>Tabla 48</b> Producción del tajo con implementación 1580 .....	95
<b>Tabla 49</b> Producción del tajo con implementación 1580-1 .....	96



<b>Tabla 50</b> Promedios de producción de tajos con Wood pack .....	97
<b>Tabla 51</b> Promedios de producción de tajos con Jack pack .....	98
<b>Tabla 52</b> Relación de producción .....	99
<b>Tabla 53</b> Comparación de producción.....	102

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1</b> Producción del tajo 1560.....	89
<b>Gráfico 2</b> Producción del tajo 1560-1.....	90
<b>Gráfico 3</b> Producción del tajo 1580.....	91
<b>Gráfico 4</b> Producción del tajo 1580-1.....	92
<b>Gráfico 5</b> Producción del tajo 1560 con .....	93
<b>Gráfico 6</b> Producción del tajo 1560-1 con implementación .....	94
<b>Gráfico 7</b> Producción del tajo 1580 con implementación .....	95
<b>Gráfico 8</b> Producción del tajo 1580-1 con implementación .....	96
<b>Gráfico 9</b> Promedio de producción con Wood pack.....	97
<b>Gráfico 10</b> Promedio de producción con jack pack.....	98
<b>Gráfico 11</b> Relación de producción .....	99

## **CAPÍTULO I**

### **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

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

La minera Poderosa, es una empresa dedicada a la explotación de minerales en la actualidad se encuentra en un crecimiento permanente en sus operaciones del ciclo de todas sus operaciones. Así en los cortes y recuperación de los minerales de los diferentes tajos que son vetas o cuerpos se utiliza como sostenimiento pasivo la madera, mediante el armado de paquetes y/o cribbing conforme se va recuperando los pilares de la labor. El desatado y sostenimiento convencional de madera es una de las labores mineras de alto riesgo en las operaciones del tajo, se tiene una baja producción; los paquetes son inestables y estas se derriban por efecto de las voladuras, se fatigan o rinden los paquetes por falta de tener un buen tope entre el piso y el techo del tajo, como resultado se tiene una baja productividad y alto costo del método sostenimiento. Por esta razón, se decidió realizar el presente estudio de la implementación del Jack pack para mejorar la inestabilidad y la resistencia de los paquetes de madera en estas actividades esenciales del ciclo de minado, con la finalidad de mejorar los

rendimientos de los avances de la recuperación de los tajos asimismo reemplazar los pilares del método de explotación. Para ello se tiene la información geomecánica del macizo rocoso y dimensiones del tajo entre el techo y piso. Al implementar el Jack pack de inmediato se tiene un sostenimiento activo cumpliendo los procedimientos y estándares de calidad en el uso de este material.

Actualmente con el sostenimiento de los paquetes de madera constantemente se desestabilizan por el efecto de las voladuras quedando libre la zona de sostenimiento y teniendo que proceder al rearmado del paquete durante una guardia de ocho horas, también en un tiempo promedio de 30 días estos paquetes se fatigan por la presión del techo del tajo teniendo que rearmar nuevamente. El compromiso de aplicar el Jack pack activo es de optimizar la producción de mineral en los tajos y al reemplazar por los pilares se va incrementar la producción del tonelaje a menor tiempo.

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

### **1.2.1. Generalidades de la mina**

La minera Poderosa en el área norte, la empresa procesa el minado de cinco conjuntos de vetas al que se le conoce, desde el sur a norte, como: la Lima 0, la Lima1, Jimena, Mercedes, Karol, Cholaque-Pecas-Cortaleza y Constancia. Ellas se encuentran mediante cinco áreas de explotación llamados, la Lima, Estrella, Papagayo, Tingo e Hidro.

En el área sur, se opera seis grupos de vetas al que se conoce, del sur al norte, como, veta Marleny, Consuelo, veta Guadalupe, veta Samy, veta San Vicente y María Rosa, se explotan en cuatro zonas subterráneas llamados, Tentadora, Consuelo, Santa maría, y del Carmen.

La Minera Poderosa S.A., es una empresa de mediana minería, explota

una mena y yacimiento de oro donde el producto terminado es el bullón, con una pureza

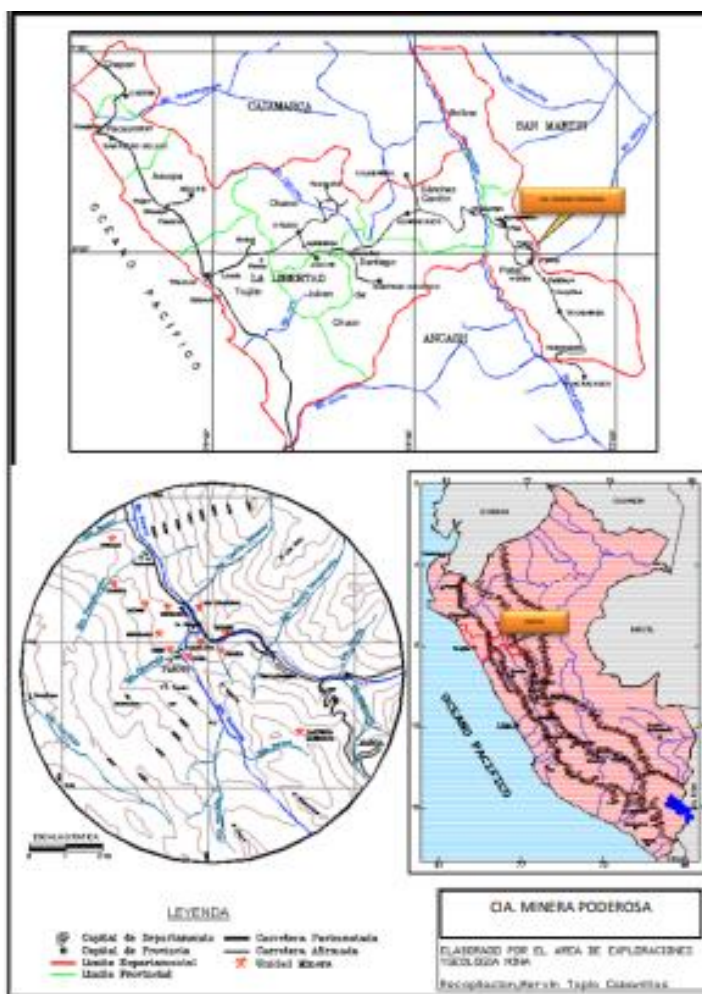
de 61 % a 74 %, el cual es negociado a dos empresas suizas; la minera posee cuatro

unidades esenciales, donde se ubica la planta de tratamiento Marañón llamado Yijus, Santa María, Paraíso y Cedro, en ellas se ubica la planta de procesamiento Santa María. La mina tiene una capacidad de tratamiento del mineral de 1200 TM/día. La ley del 2018 fue de 11,98 g Au/TM y la producción fue de 102 430 oz Au equivalente al 105 % de su plan programado. Las reservas probadas se encuentran en 280 785 TM y las reservas probables a 590 840 TM de estas se producirían 105 880 y 240 940 oz Au respectivamente. La potencia geológica es de 14 085 340 TM que se obtendría 7 150 790 onzas de oro con una ley de 11,90 g/TM, esto por lo que posee el 52 % de la concesión del batolito de Pataz.

### **1.2.2. Ubicación y acceso**

La minera Poderosa se encuentra ubicado en el departamento de La Libertad, provincia y distrito de Pataz, con 1200 a 2800 msnm. una altitud bastante variada por el tipo de yacimiento. Conformado por un área de 75 670 ha. Está limitada por coordenadas UTM, N 9 140 275 y E 205 405. Geográficamente está ubicado en el área del lecho del río Abiseo. Asimismo, se encuentra en el flanco derecho del río Marañón, posee un relieve caracterizado de una morfología abrupta por la existencia de quebradas profundas y laderas escarpadas.

**Figura 1** Ubicación de la minera Poderosa



Fuente: Departamento de geología CMPSA

Su acceso para llegar a la mina es:

Vía aérea:

**Tabla 1** Acceso a la mina

De	A	Distancia (km)	Tiempo (hr:min)	Medio
Lima	Trujillo	480	00:50	Avión
Trujillo	Chagual	140	00:35	Avioneta
Chagual	Santa María	48	02:10	Camioneta
	Total:	670	03:10	

Fuente: Geología mina

Otra ruta a seguir es la siguiente:

**Tabla 2 Acceso a la mina**

De	A	Distancia (km)	Tiempo (hr:min)	Medio
Lima	Trujillo	710	01:45	Avioneta
Chagual	Santa María	40	00:45	Camioneta
	Total:	750	02:30	

*Fuente: Geología mina*

Por Vía Terrestre:

**Tabla 3 Acceso a la mina**

De	A	Distancia (km)	Tiempo (hr:min)	Medio
Lima	Trujillo	552	08:30	Panamericana
Trujillo	Chagual	345	15:30	Afirmada
Chagual	Santa María	40	02:15	Afirmada
	Total:	937	26:15	

*Fuente: Geología mina*

### 1.2.3. Clima y meteorología

La zona tiene un clima variado de cálido a templado, la característica principal es tener temporada de lluvia en los meses de diciembre a mediados de mayo; y un clima seco el resto del año.

La mina presenta altos valores de precipitación aluvial registrada en las estaciones de Paraiso y Vijus para el periodo de enero 2020 a julio de 2022 se tuvo una precipitación aluvial por mes acumulado un promedio de 35,5 mm.

### Tamaño de la organización

La empresa minera Poderosa en la actualidad cuenta con la siguiente cantidad de trabajadores de la empresa y contrata especializadas:

**Tabla 4** Personal de la compañía y empresas especializadas

CATEGORÍA	Nº DE PERSONAS	ADMINISTRAC.	PRODUCC.	SERVIC
Gerentes	15	0,65%	0,00%	0,00%
Jefes de área	230	1,40%	6,85%	1,45%
Empleados	235	0,82%	7,30%	2,25%
Obreros	1 860	0,00%	51,60%	27,15%
Total	2 480	2,90%	64,05%	31,05%

*Fuente: Recursos humanos CMPSA*

#### **1.2.4. Fisiografía**

La minera está emplazada en el flanco derecho del lecho del río Marañón, todo su relieve está caracterizado por contar con una morfología abrupta esto por la presencia de quebradas profundas y laderas escarpadas. Respecto a la regional la mina se ubica en la unidad geomorfológica llamado valle interandino. Las zonas y áreas fisiográficas presentes en la unidad poderosa son, terrazas medias, terrazas bajas, conos de eyección, piedemonte, laderas de montaña, cimas de montaña, escarpes, cauce de río y quebradas.

#### **Geología regional**

La geología desarrollada en la región sus características se encuentran ligadas a la observación estructural y estratigráfica de la cordillera los andes en lo que respecta al oriente de la zona norte del Perú representado por superposición de varios ciclos, el altiplano, el valle que constituye la morfología Precámbrica, Hercínico andino y Áreas glaciadas,

El Precámbrico constituye la base estratigráfica llamado el “Complejo de Marañón” se comprende esencialmente filitas, esquistos y secuencias variadas de rocas volcánicas, esta secuencia supera los 2 100 m. de espesor, que son bastante apreciadas en los lechos del río Marañón.

El Paleozoico, sobre el compuesto de marañón se encuentran también rocas volcánicas bajo el nombre de meta volcánicas a fines del ciclo paleozoico



y sobre ella se desarrolló la etapa de Hercínico con la secuencia de estratos de colores oscuros, en gran longitud de metros la que se reconoce y llamada la Formación Contaya del Ordovícico, principalmente se encuentran en los bordes externa del Batolito de Pataz, al norte del flanco Oeste y al Sur por los dos flancos y como secuencias distorsionadas al interior de esta. A empiezo del Carbonífero inicial a sedimentación regional reconocida en el grupo Ambo la que está conformado por areniscas, lutitas y con horizontes de conglomerados teniendo secuencias mayores a los 250 m, con mayor expansión en la zona occidental del río Marañón. A fines del Paleozoico se depositan conglomerados y areniscas de un color rojizo a las que se nombra las modasas del Grupo Mitu.

En el Mesozoico, el ciclo Andino en su sedimentación comienza con las dolomitas y las calizas dela etapa Pucará del Jurásico, sobre yacen en otras formaciones presedentes en discordancia con una potencia superior a los 400 m, la formación Goyllarisquizga del Cretáceo se caracteriza por el material pelítico, areniscas con con una potencia entre 110 m. y 250 m.

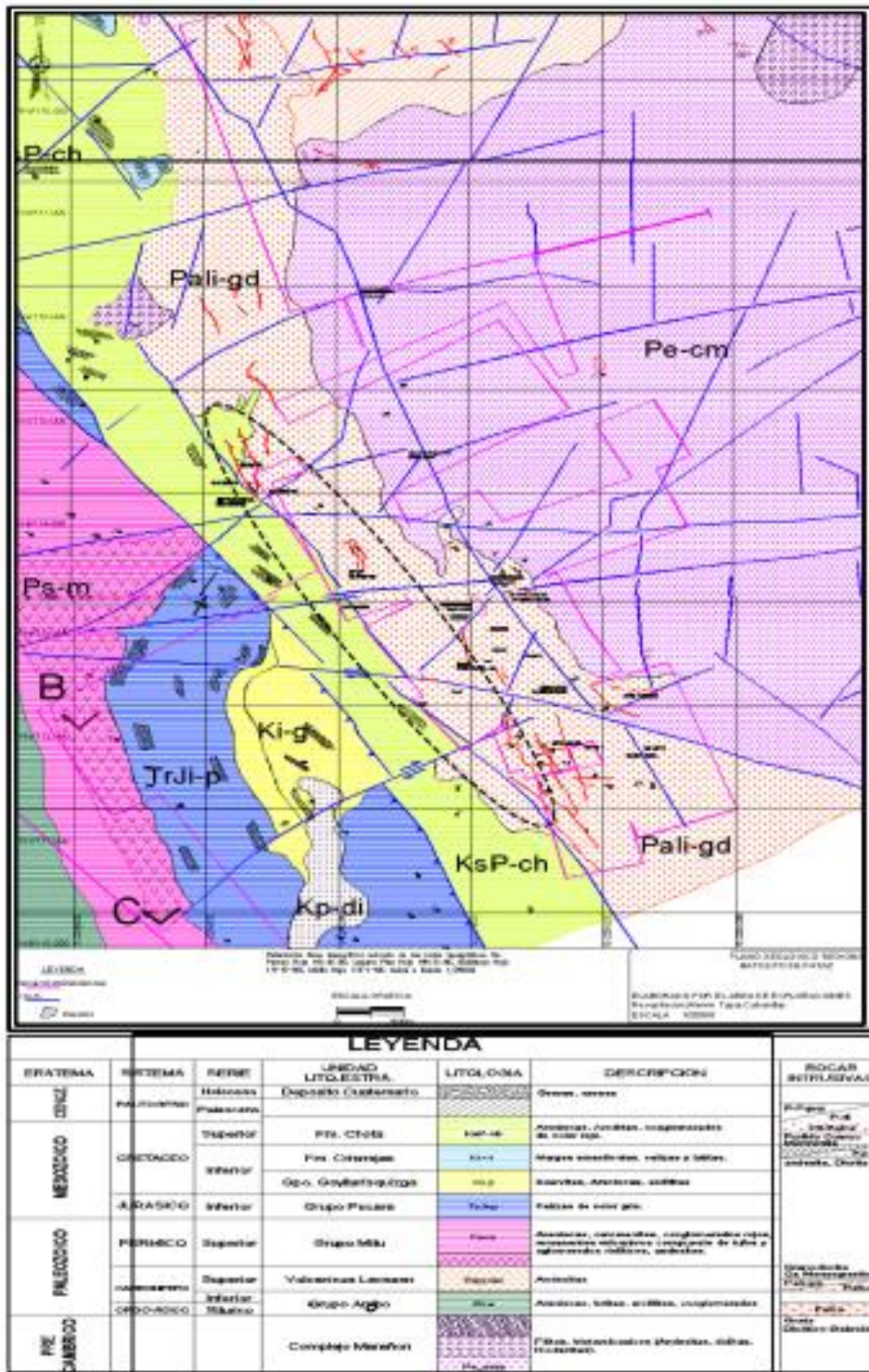
La mina se ubica en la cordillera oriental, al este del río Marañón; con varios sectores mineralizados de oro, zona sur El Tingo, zona central Papagayo y zona norte la Lima. El proceso y desarrollo estratigráfico en la edad de las rocas está formado desde el Precámbrico al Cenozoico; de la litología de las rocas que conforman son las intrusivas del batolito de Pataz, todos ellos presentan un alto grado de meteorización, principalmente donde predominan los minerales de Plagioclasa, que tuvieron una alteración muy rápida, generando superficies arenosas de grano grueso. Consecuentemente de manera proporcional están las rocas metamórficas formadas esquistos y filitas que tienen una marcada esquistosidad, que está conformado con alto grado de inestabilidad asimismo los

planos presentan una muy fuerte inclinación en dirección de la pendiente de la superficie; por lo que se determina una edad precámbrica. Todo está conformado de rocas volcánicas con estratos con niveles piroclásticos, super puestas a las filitas y su edad estaría asignada en el Cámbrico. La formación de areniscas, pizarras y lutitas pertenecen a rocas pertenecientes al paleozoico inferior.

Las rocas pertenecen a la etapa del Paleozoico superior están conformadas por la super posición de lutáceas y areniscas del carbonífero, asimismo se cuenta con una secuencia continental de estratos rojizos de edad pérmica. Una consecuencia de calizas y dolomitas es asignada al Triásico Superior-Jurásico. El Mesozoico está conformado por una estructura continental determinada por calizas y areniscas. El Cenozoico se encuentra conformado por rocas continental correspondiente a limonitas y areniscas rojas.

La generación de las vetas se ha formado por una asociación típica meso termal de cuarzo pirita-oro. La mineralización se ha constituido por el relleno hidrotermal de fisuras originando esencialmente las rocas metamórficas, encontrándose por lo general en contacto con el batolito de Pataz, asimismo se encuentra dentro de la masa intrusiva. El yacimiento explotado por la minera es del tipo filoniano.

Figura 2 Geología regional el batolito de patatz



Fuente: Departamento de geología CMPSA

### 1.2.5. Geología local

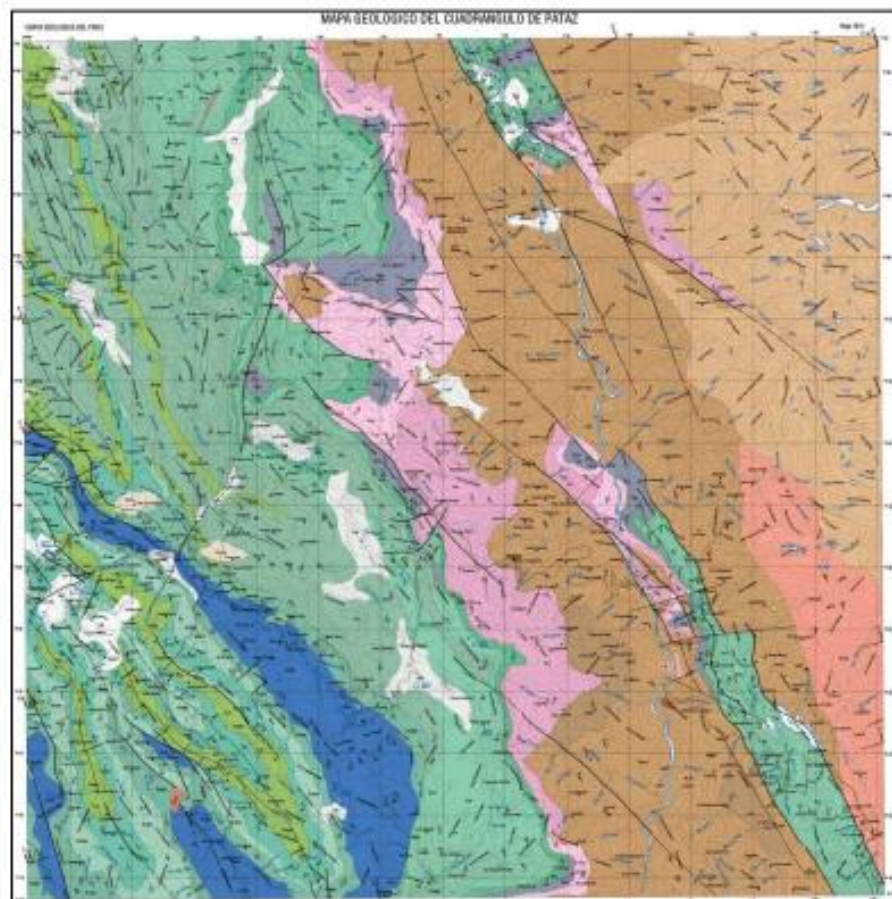
La geología de la zona en cuanto a la litología de la mina se conforma de: diques aplíticos, pegmatíticos, granodioritas, monzo graníticos que corresponden

a la zona ácida, por lo que, las microdioritas, dioritas, tonalitas, pertenecen a una zona intermedia con formaciones tardías de diques y de diabasa.

La sección ácida a la que se aumenta al granito son los principales constituyentes de la zona intrusiva de la región local y el Batolito de Pataz, toda la composición de las granodioritas está en mayor volumen, en algunas ocasiones se presentan en granitos y monzo granitos y gradación de tonalitas.

El grupo de las rocas ácidas conforman enclaves de dimensiones diferentes representados por centímetros a metros de metavolcánicas, dioritas, microdioritas, de las pre-intrusivas.

**Figura 3** *Geología local CMPSA*



*Fuente: INGEMMET*

### **1.2.6. Estratigrafía**

En cuanto a la estratigrafía afloran las diferentes rocas, inicia de las más

antiguas a las más jóvenes: el valle del Marañón Precámbrico, Cámbrico, el batolito de Pataz y los volcánicos Lavasén del Terciario medio.

El valle del Marañón, en la zona inferior está conformada por filitas-esquistos, en la zona superior por meta volcánicos y pizarras. El batolito de Pataz aflora al Este del marañón, tiene 110 km. de longitud de norte a sur, con un ancho de 6 km, con un zonamiento petrográfico de granodiorita, granito, tonalita, , adamelita, xenolitos diques pegmáticos, diques aplíticos, diques andesíticos esencialmente pre mineral. El volcánico Lavasén son discordantes al batolito de Pataz, se encuentran en el este y en la zona superficial del batolito, posee una potencia más de 900m, con una formación intermedia ácida, en mayor proporción tufos a lavas, el volcánico Layasen es similar al volcánico Calipuy.

El valle del Marañón se encuentra de manera monoclinal, con plegamiento en mínima magnitud de clase Chevrón, la discordancia y la esquistosidad es paralela a los planos axiales de plegamientos pequeños; la orientación general de sus estructuras es Nor Oeste, con buzamiento al Nor Este, equivalente al plano axial de los plegamientos pequeños. La fuerza de compresión es perpendicular a las orientaciones mencionadas de posición.

Las lutitas y los volcánicos erosionaron un metamorfismo regional local, en el Ordo vico se tuvo sedimentación y hundimiento, se produjo emersión y erosión en el Siluriano-Devoniano, la zona carbonífera se produjo sedimentación continental mixta del grupo Ambo, hubo regresión y erosión en el Permiano superior se formó el grupo Mitu, hubo hundimiento con deposición de calizas Pucara en el Triásico.

La estratigrafía de la columna de Pataz se notan rocas del Precámbrico al Cuaternario, el último se observa un poco desarrollo de la zona. La parte de la



columna estratigráfica se tiene:

### A. Complejo Marañón

La estratigrafía tiene una secuencia de más o menos 1900 m. de potencia formado por filitas y meta volcánicos. Su edad se consigna al precámbrico.

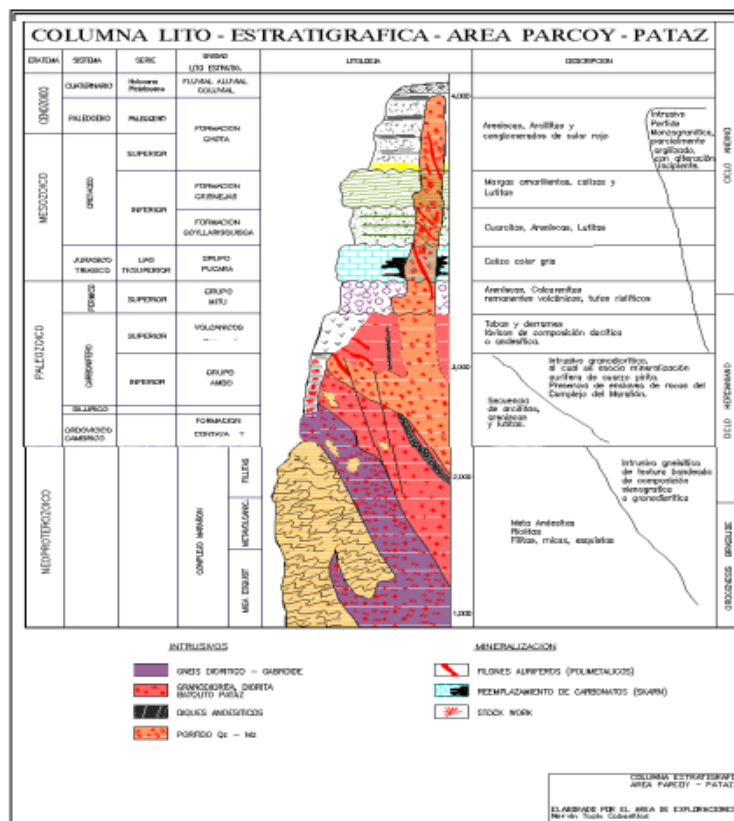
### B. Rocas intrusivas

La roca principal lo conforma el batolito de Pataz, con una forma alargada y lenticular de 70 km, con un rumbo Norte 300 – 200 Oeste, contiene a las estructuras de minerales de la región.

### C. Cuaternario

Se encuentra conformado por el depósito aluvial y fluvioglaciares, observando depósitos morrénicos mayor a los 3400 msnm.

**Figura 4 Estratigrafía CMPSA**



Fuente: Departamento de geología CMPSA

### 1.2.7. Yacimiento mineral

La minera, se encuentra en la zona metalogénica de Lima-Huaylillas en

la cordillera oriental. Se encuentran vetas hidrotermales con alcance posible a mesotermal de 2000 – 3000 °C, es posible que en el Precámbrico y Paleozoico se tuvo mineralización de cuarzo con oro discordante al complejo del Marañón, en parte ha sido absorbido por el batolito complementando el flujo de mineralización.

La mineralización se presenta pirita, arsenopirita, cuarzo gris, cuarzo lechoso, galena, en menor proporción esfalerita, tetraedrita. El oro libre se encuentra en el cuarzo lechoso con la plata acompañado de la pirita y arsenopirita y en menor escala con otros minerales. En la zona de afloramiento lixiviada la ley de oro disminuye, en la zona oxidada la ley asciende.

Se nota una seritización mesotermal, propilitización epitermal superior como una alteración que es variable de 5 centímetros a 3 metros, la contextura de las vetas es bandeada y masiva con rellenos en periodos de reactivación, que se puede notar una alta presión durante la mineralización.

La formación paragenética es como se menciona primero el cuarzo inicial continua su deposición en el proceso de la metalización del oro, caolinización, pirita, arsenopirita, oro-eléctrum, esfalerita, galena, minerales oxidados. Las vetas tienen un rumbo de Norte a Sur con longitudes mayores a 900 m. y su ancho muy variable de 0,4 a 1,1 m.

### **1.3. Formulación del problema**

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

¿Es posible incrementar la producción del mineral en los tajos con la implementación del Jack pack en el sostenimiento de la compañía minera poderosa S.A.?

### **1.3.2. Problemas específicos**

¿La implementación del Jack pack permite estabilizar el sostenimiento del Wood pack en la recuperación de pilares para incrementar la producción del mineral en los tajos de la compañía minera Poderosa S.A.?

¿La implementación del Jack pack permite reemplazar los pilares de los tajos del método de explotación para incrementar la producción de mineral en la compañía minera Poderosa S.A.?

## **1.4. Formulación de Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo General**

Incrementar la producción de mineral en los tajos con la implementación del Jack pack en el sostenimiento de la compañía minera Poderosa S.A.

### **1.4.2. Objetivos específicos**

Incrementar la producción de mineral al estabilizar el sostenimiento del Wood pack en la recuperación de pilares de los tajos con la implementación del Jack pack en la compañía minera Poderosa S.A.

Incrementar la producción de mineral al reemplazar los pilares de los tajos del método de explotación con la implementación del sostenimiento con el Jack pack en la compañía minera Poderosa S.A.

## **1.5. Justificación de la Investigación**

En la actualidad la empresa minera tiene como objetivo principal incrementar su producción de mineral en todas las operaciones de explotación, por lo que el proceso de minado sea cada vez más eficiente y productivo por ello es importante innovar, aplicar e implementar nuevas técnicas como uno de ellos es el sostenimiento con el Jack pack tal que permitan incrementar la producción de mineral. Esto se logra con la mejora permanente para obtener mejores



eficiencias de avances y costos que aseguren el cumplimiento del programa con mayor producción y menos costo que es el objetivo de toda empresa.

La presente investigación tiene el objetivo de evaluar técnicamente los resultados de la producción de mineral con el sostenimiento del Wood pack y con la implementación del sostenimiento con el Jack pack en los tajos para lograr mejorar los rendimientos en cuanto al incremento de la producción de mineral, que se tiene utilizando en la actualidad el sostenimiento pasivo para pasar al sostenimiento pasivo dinámico. Así mismo que sirva como base para la investigación, estudio, análisis y aplicación en otras empresas mineras.

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

Para el proceso de la investigación no se tuvo mayores limitaciones ya que la empresa dio todo el apoyo en cuanto a información y la toma de datos en las mismas labores de producción.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

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

##### **a. Antecedentes nacionales**

**Lazaro, J. (2020).** “Diseño y evaluación de sostenimiento de labores de desarrollo para minería artesanal del sector de Ollachea – Puno Caso de estudio” de la Universidad Tecnológica, Arequipa – Perú. El trabajo de investigación demuestra que se mejora el sostenimiento de labores con el uso del sostenimiento activo a cambio del sostenimiento pasivo dando mayor velocidad a los trabajos de explotación.

**Cerrón, J. (2020).** “Propuesta de elección de tipo de sostenimiento por utilizarse en la Unidad de Producción Yauricocha” en la tesis de la Universidad Continental de Huancayo. En el proceso del análisis del tipo de sostenimiento se describe las propiedades geomecánicas, caracterización y condiciones estructurales del macizo rocoso en relación con los parámetros de evaluación geomecánica del RMR de Bieniawski. Concluye que el sostenimiento recomendado en la labor, según la clasificación RMR de

Bieniawski, es el empernado del perno helicoidal más resina, con separación de 4 metros y de 1.5 metros de espaciado, con una malla electrosoldada en la corona, así mismo la aplicación de hormigón proyectado de 50 mm. en la corona y 30 mm. en los hastiales.

**Lazo, A (2018).** “Optimización del sistema de sostenimiento de las labores subterráneas para una mina con problemas de altos esfuerzos” de la Universidad Pontificia la Católica Lima – Perú. El objetivo principal del proceso de la tesis frente a la problemática de los altos esfuerzos de la masa rocosa es evaluar las condiciones geológicas, geomecánicas de la mina y la actividad sísmica latente, tiene como propósito de optimizar el diseño de los sistemas de sostenimiento de las labores de una mina subterránea; el diseño del sostenimiento concluye la utilización de los pernos hydrabolt por su gran capacidad dinámica de absorción; en la zona central se debe implementar los pernos hydrabolt más doble malla electrosoldada; en la zona inferior, la zona superior y las vetas Jorge, Mariano y Kimberly se debe la instalar pernos hydrabolt, pernos helicoidales con resina más una y doble malla electrosoldada, según la dimensión de la labor evaluada.

**b. Antecedentes internacionales.**

**Velasco E. (2016).** “Diseño de sostenimiento en base a la caracterización geomecánica del macizo rocoso en el sector vetilla 1 subniveles 1 y 2 de Sociedad Minera Liga de Oro” de la Universidad Central del Ecuador. En este proceso del proyecto integral se realiza la clasificación geomecánica del macizo rocoso según el sistema de clasificación de Bieniawski, a fin de determinar el sostenimiento final que será instalado en las galerías del sector conocido como Vetilla 1, de la Sociedad Minera Liga de Oro S.A., al finalizar

la investigación se obtiene una perspectiva clara sobre la estabilidad del macizo rocoso en galerías de los subniveles 1 y 2 de Vetilla 1. Se concluye que la estabilidad del macizo rocoso es buena, salvo los casos puntuales donde las zonas de inestabilidad están influenciadas por la acción de fallas o una alta concentración de discontinuidades.

**Bayas C.** (2016). “Análisis geo mecánico del macizo rocoso para la construcción de la chimenea Glory Hole mediante el sostenimiento activo” de la Universidad Central del Ecuador. El objetivo de esta investigación es diseñar un sistema de sostenimiento activo del proyecto de excavación de una chimenea para el traspaso del mineral la hipótesis es de cómo optimizar el comportamiento del material de mina (caliza), tomando en cuenta todos los parámetros de seguridad que considera la reglamentación interna de la empresa. El problema planteado es la ejecución de la construcción de la chimenea con un sostenimiento activo que permitirá optimizar la estabilidad de la chimenea para todas las operaciones mineras de explotación y la rentabilidad de la concesión minera. Para el estudio y el análisis se toma los datos geotécnicos, interpretación de resultados. descripción del macizo rocoso, clasificación geomecánica RMR y sistema de sostenimiento en base a la caracterización geomecánica. Finalmente se concluye que se debe considerar un conjunto de consideraciones, parámetros y actividades que conforman el diseño de excavación de una labor subterránea para el uso del tipo de sostenimiento.

## **2.2. Bases teóricas - científicas**

### **2.2.1. Sostenimientos en minería**

Previamente a la instalación del sostenimiento y para facilitar la

interacción terreno-sostenimiento se debe realizar un “saneo” del terreno área a sostener, el cual es muy importante eliminar las rocas sueltas que puedan existir en la excavación.

El saneo se realiza con medios manuales (barra de hierro) o mecánicamente (martillo hidráulico) y se considera saneado cuando el sonido de la roca es a metálico.

La buena práctica aconseja realizar el saneo después de cada voladura y posteriormente a la perforación de los taladros, estas vibraciones producidas por la percusión del equipo abren las discontinuidades y genera cuñas de rocas inestable.

El saneo debe iniciarse siempre desde un lugar seguro ya sostenido y progresivamente hacia el frente, sin ubicarse bajo la zona no saneada.

### **2.2.2. Tipos de sostenimientos**

En la actualidad se dispone de una amplia variedad de elementos para el sostenimiento de excavaciones subterráneas, entre ellos se puede citar:

- El hormigón, en sus distintas formas de aplicación.
  - Encofrado y armado.
  - Proyectado.
- Los pernos, en sus distintas variedades.
- Cuadros y cimbras metálicas.
  - Rígidos.
  - Deslizantes.
- Entibación con madera.

Estos elementos de sostenimiento citados se utilizan de forma aislada, o combinados entre sí para instalar diferentes tipos de sostenimiento. El

hormigón se utiliza en zonas muy inestables y con mucho tránsito, es de ejecución laboriosa y lenta por el encofrados y tiempo de fraguado.

El sostenimiento con pernos consiste en instalar en el interior de las rocas una barra (generalmente de acero). El perno sostiene la roca inestable, anclándolo a otro nivel más estable. Al instalar varios anclajes, éstos ejercen una consolidación del terreno.

En una labor, cuando se tienen problemas de inestabilidad, casi siempre están asociados a pequeños desprendimientos, es decir aunque se estabilicen los grandes fragmentos con pernos, se combina con un sistema (malla metálica, gunita, etc.) que protege de fragmentos pequeños.

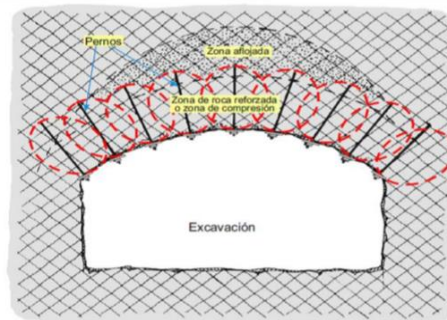
En la minería lo habitual es el sostenimiento con cimbras metálicas, ya que la entibación con madera se está abandonando progresivamente, por problemas medioambientales y por su escasa duración frente a la entibación metálica.

El sostenimiento con cimbras metálicas aporta estabilidad global al terreno y la facilidad de combinarlo con revestimientos o hormigón que proporcionan seguridad frente a pequeños desprendimientos.

### **2.2.3. Sostenimiento de galerías con pernos**

El uso de pernos requiere certificación de estos. El empernado es una técnica de sostenimiento que se ancla en el interior de las rocas una barra de acero que produce una resistencia a la tracción y confina al macizo rocoso, aprovechando las características propias de las rocas. En rocas con sistemas de fracturas paralelas al perno ayuda a sostener aumenta la rigidez de la viga creando comprensión entre bloques. Actualmente los pernos que se usan se realizan el anclaje por Adherencia o fricción.

**Figura 5** *Sostenimiento con pernos*



*Fuente: Asistencia Técnica de geomecánica*

#### **2.2.4. Parámetros del perno**

El sostenimiento compuesto exclusivamente por pernos se debe conocer los siguientes parámetros: perno con malla, densidad del perno, curva característica, rigidez axial, rigidez tangencial, resistencia a tracción de un perno y presión máxima que puede soportar.

- Malla y perno, definida por ( $S_t \times S_v$ ) y directamente relacionada con la calidad geotécnica del macizo rocoso, cuanto peor sea la calidad más cerrada será la malla.

#### **Siendo:**

- $S_t$  (m): separación transversal entre pernos del mismo arco.
- $S_v$  (m): separación longitudinal entre arcos consecutivos de pernos.
- Densidad de perno, se define como el número de bulones que se colocan en un m<sup>2</sup>.
- Curva característica del perno es la curva que se representa a lo largo del tiempo, el previsible comportamiento de un perno sometido a una carga.

- **Rigidez axial de un bulón ( $K_a$ ):** Se define mediante la expresión:

$$K_a = \frac{E_b \cdot \pi \cdot D^2}{4L}$$

- **Rigidez tangencial de un bulón ( $K_b$ ):** Se define mediante la expresión:

$$K_b = \frac{FT}{U_a} L$$

Siendo, en ambas expresiones:

- **$E_b$ :** Módulo de elasticidad del acero del perno.
- **$D$ :** Diámetro del perno.
- **$L$ :** Longitud del perno.
- **$FT$ :** Fuerza de adherencia del perno.
- **$U_a$ :** Desplazamiento del perno hasta deslizar.
- **$L$ :** Longitud del perno.

Resistencia a tracción: se calcula mediante la expresión:

$$R_t = S \cdot \sigma$$

Siendo:

- **$S$  ( $\text{mm}^2$ ):** sección del bulón.
- **$\sigma$  ( $\text{kg}/\text{mm}^2$ ):** Resistencia del acero del bulón.

### 2.2.5. Formas de actuación del perno

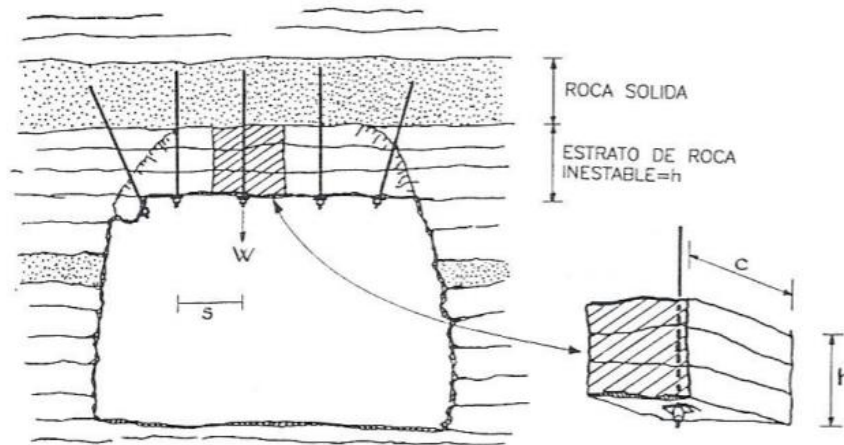
El perno se utiliza para anclar bloques de rocas o aumentar la tensión radial en terrenos plastificados.

- Anclaje de bloques

El anclaje de bloques se basa en que el perno debe estar instalado a lo largo de una longitud suficiente para agotar su carga axial. La densidad del perno ( $\text{b}/\text{m}^2$ ) que debe ser la necesaria para equilibrar el peso de la roca que debe ser suspendida.



**Figura 6** Anclaje sin cohesión en las juntas



Fuente: Asistencia técnica de geomecánica

El número de bulones que deberá colocarse para sujetar un bloque está dado

por la expresión:

$$N = \frac{W \cdot S}{FA}$$

- $N$ : Número de bulones.
- $W$ : Peso del bloque de roca.
- $S$ : Coeficiente de Seguridad, comprendido entre 2 y 4.
- $FA$ : Fuerza axial que es capaz de soportar un bulón.

La Fuerza Axial que puede soportar un bulón se calcula por la expresión:

$$FA = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \sigma_a$$

- $D$ : Diámetro del bulón.
- $\sigma_a$ : Límite elástico del acero del bulón.
- Anclaje en terrenos plastificados El efecto del perno en un terreno plastificado se traduce en una disminución de la tensión circunferencial y en

un aumento de tensión radial.

### **2.2.6. Tipos de anclajes con pernos**

Los sistemas de anclaje se clasifican por su mecanismo, se fundamentan en adherencia o fricción. La adherencia como elemento de unión entre el perno y el terreno, el perno puede ser un redondo de acero o un cable trenzado, el primero como elemento de unión se utiliza resina o cemento y en el segundo caso solo se utiliza una lechada de cemento. Cuando es por fricción como elemento de unión entre el perno y el terreno se puede conseguir una alta carga de contacto (anclaje mecánico), con una baja carga de contacto por compresión del perno (tipo Spli Set), o con una alta carga de contacto por expansión del perno (tipo Swellex). En la elección de los pernos se deben considerar lo siguiente:

- Tipo de terreno.
- Tiempo de uso.
- Sección de las labores.

### **2.2.7. Anclaje por adherencia**

Este anclaje se utiliza esencialmente en galerías, como único elemento de sostenimiento o combinado con hormigón proyectado y cuadros metálicos. La capacidad de este tipo de anclaje depende del diámetro del perno y de la resistencia del acero.

- Bulones de acero corrugado

Para la realizar este anclaje se usa redondos de acero corrugado BS-500 con diámetros entre 20 y 32 mm y longitud menor de 6 m. La perforación del taladro debe tener un ligero sobrecancho respecto al diámetro del redondo y el anclaje se realiza rellenando el espacio anular entre el perno y el taladro con cartuchos de resina o cemento, también inyectando directamente lechada

de cemento en el taladro.

Para longitudes de pernos de 4 m y 6 m y usando cartuchos de resina como elemento de fraguado, se aconseja utilizar una máquina con suficiente potencia para introducir totalmente el perno antes de que se produzca el fraguado de la resina.

**Figura 7** Pernos de acero corrugado



*Fuente I: Asistencia técnica de geomecánica*

**Figura 8** Cartuchos de resina



*Fuente: Asistencia técnica de geomecánica*

El número de cartuchos necesarios para cada caso se determina de la siguiente forma:

- Volumen del barreno ( $VB$ ) =  $\pi r^2 \times lB$

- Volumen del bulón ( $V_b$ ) =  $\pi r^2 \times l_b$
- Volumen del espacio anular ( $V_{EA}$ ) =  $(V_B) - (V_b)$
- Volumen de cartucho resina/cemento ( $V_{cr}$ ) =  $\pi r^2 \times l_{cr}$
- número de cartuchos:  $(V_B) - (V_b) / (V_{cr})$

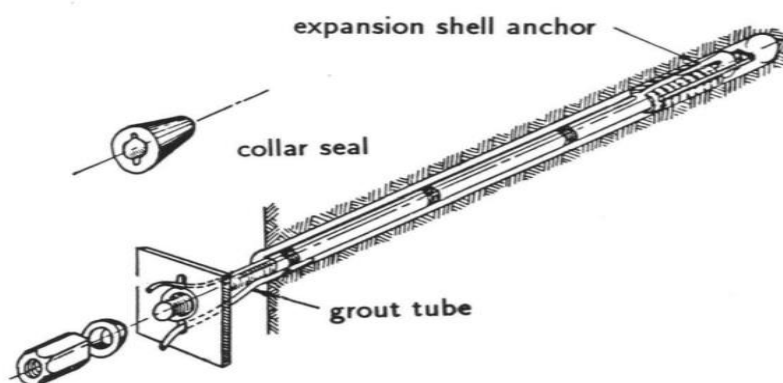
### 2.2.8. Anclaje por fricción

Este anclaje tiene un contacto directo entre el perno y la roca, los distintos tipos pernos a requieren un diámetro de perforación muy preciso, para que el anclaje se realice correctamente en toda su longitud.

- Alta carga de contacto (anclaje mecánico)

Un perno de anclaje mecánico es una barra de acero, tiene en su extremo una cubierta de expansión ubicado al fondo del taladro. Ésta formada por hojas dentadas de hierro fundido con una cuña cónica roscada. Cuando el perno gira dentro del taladro el cono se introduce a presión dentro de las hojas y se comprime contra las paredes del taladro. La cubierta de expansión aumenta su presión a la roca a medida que aumenta la tensión en el perno. Existen de diferentes longitudes con sus accesorios, son relativamente económicos, por lo que se usan mucho en las minas subterráneas para soportes a corto plazo.

**Figura 9** *Bulón de anclaje mecánico*



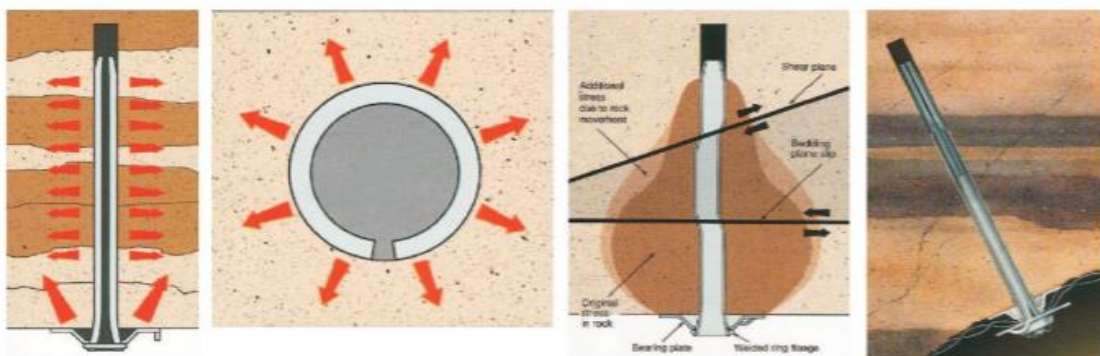
*Fuente: Asistencia técnica de geomecánica*

- Baja carga de contacto por compresión (tipo Split Set)

Los pernos Split Set tienen dos partes: el tubo y la placa. El tubo es de acero de alta resistencia tiene una abertura en toda su longitud. Un extremo termina en un cono para facilitar su introducción en el taladro y en el otro hay un anillo soldado que permite sostener la placa.

Con la placa en el cabezal se introduce el perno en un taladro de un diámetro ligeramente inferior al diámetro del Split set. Cuando el perno se introduce dentro del taladro, la abertura se cierra y el tubo ejerce una fuerza radial contra la roca a lo largo de toda la superficie de contacto. La placa entra en carga inmediatamente. Los split sets es utilizado mayormente para sostenimiento temporal, usualmente en sistemas combinados de refuerzo en terrenos de calidad regular a mala, en roca intensamente fracturada y débil no es recomendable su uso.

**Figura 10** Anclaje con perno Split - set



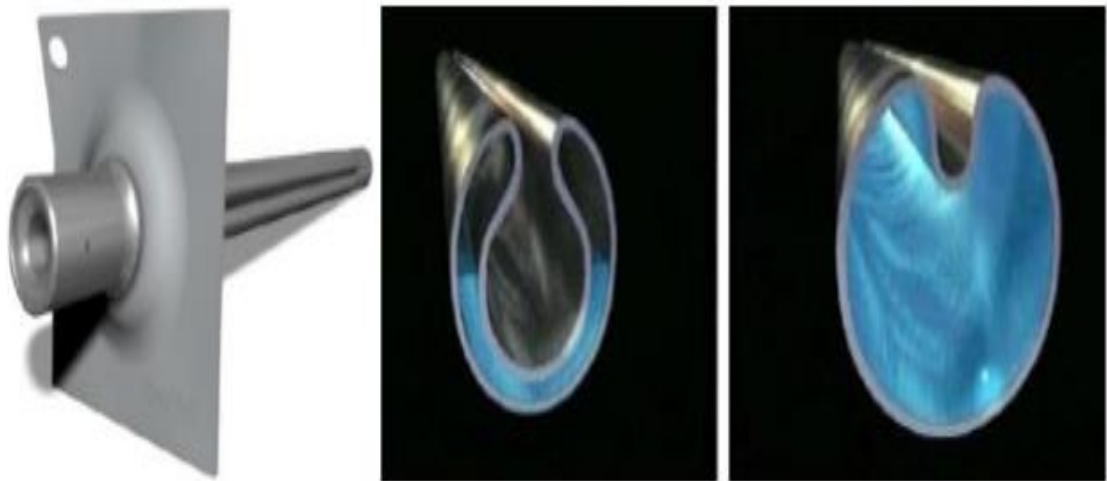
*Fuente: Asistencia técnica de geomecánica*

- Alta carga de contacto por expansión (tipo Swellex)

Sistema desarrollado en Suecia por la empresa Atlas Copco, siendo en poco tiempo admitido internacionalmente como un método inmediato de sostenimiento tanto en minería e ingeniería civil. Está formado por un tubo

de acero, fabricado a partir de una lámina doblemente plegada, cerrados en sus dos extremos mediante dos manguitos soldados. Se colocan en taladros que tiene un diámetro de 15 mm superior al diámetro del perno. Una vez introducido, con ayuda de una bomba portátil y una mordaza, se hinchan mediante agua a una presión de 30 MPa, adaptándose perfectamente a las paredes del taladro.

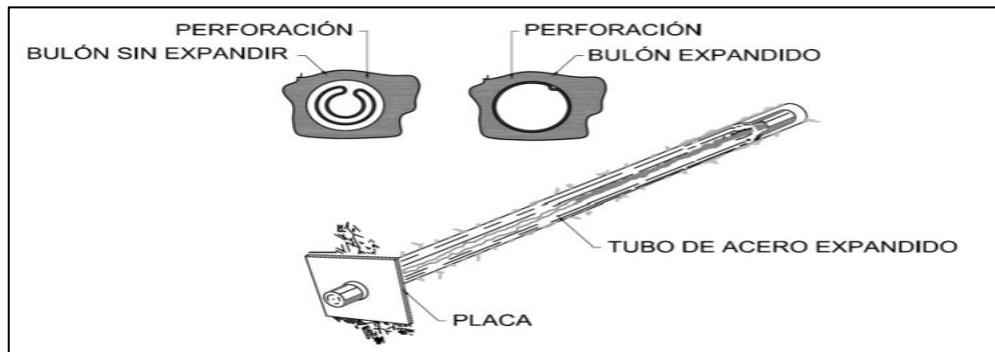
**Figura 11** *Expansión de pernos swellex*



*Fuente: Asistencia técnica de geomecánica*

Con varios rangos de longitud, los pernos de anclaje tipo Swellex se pueden usar en la mayoría de las aplicaciones de refuerzo y de soporte. Son los más utilizados de forma generalizada por su rapidez de colocación hasta longitudes de 6-8 m.

**Figura 12** *Sostenimiento con perno tipo swellex*



*Fuente: Asistencia técnica de geomecánica*

- **Autoperforantes**

Este tipo de perno presenta ventajas que permite alcanzar longitudes muy superiores a la de los anclajes convencionales y puede atravesar cualquier tipo de material, incluyendo terrenos difíciles, sin que haya problemas de pérdida de la perforación al realizarse la misma con la misma barra de anclaje. El sistema autoperforante permite taladrar y consolidar el terreno en una sola operación, produciéndose un ahorro de tiempo en la realización del ciclo de avance.

**Figura 13** *Perno autoperforante y accesorios*



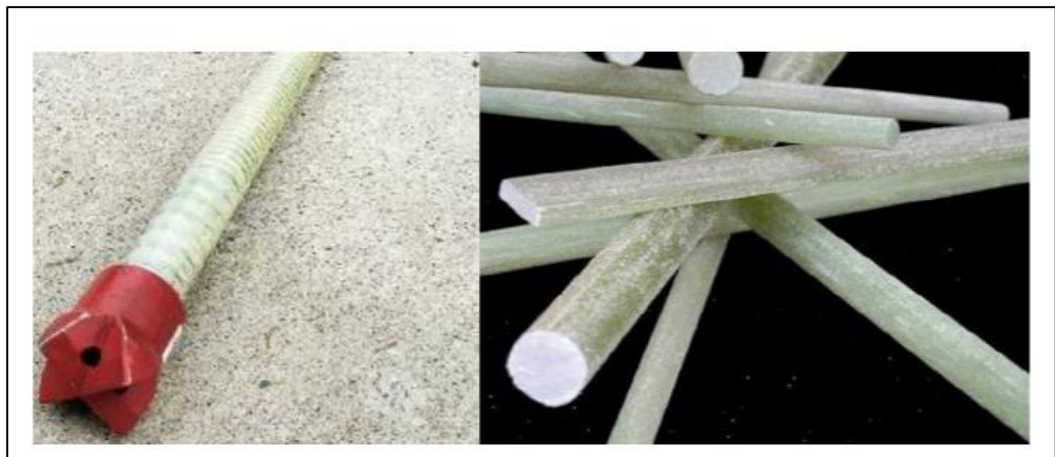
*Fuente: Asistencia técnica de geomecánica*

En la perforación se utiliza una barra hueca con cabeza perdida, inyectándose por el interior lechada que empuja al detritus y cementa el espacio anular entre el agujero realizado y el diámetro exterior del perno. Los pernos autopercutores se utilizan en materiales blandos como arena, grava, lodo, arcilla y formaciones fracturadas blandas a semiduras.

- Pernos de fibra de vidrio

Los pernos de fibra de vidrio es una alternativa válida a los pernos tradicionales de acero, siendo fáciles de destruir al tener una resistencia al corte muy inferior a la de aquellos, por lo que se usan en zonas que han de ser excavadas en fases posteriores. Se comercializan tanto en barra sólida como perforada para inyecciones y existen diferentes tipos de placas dependiendo de la aplicación.

**Figura 14** *Perno autopercutor de fibra de vidrio*



*Fuente: Asistencia técnica de geomecánica*

### **2.2.9. Elementos de refuerzo**

En pernos, en ocasiones se utiliza la malla metálica como sostenimiento para prevenir la caída de cuñas de rocas aisladas y retener los trozos de roca caída ubicada entre los pernos, actúa de esta forma como un elemento preventivo (protegiendo de hundimientos y desprendimientos de bloques).



- Mallas metálicas electrosoldadas

El hormigón se completa con la malla, que tiene la ventaja de un espesor mínimo de hormigón proyectado y se usa en macizos de calidad mala a muy mala, presenta los inconvenientes siguientes:

- No es recomendable cuando se necesita reforzar terrenos con cierta plasticidad.
- Difícil puesta en obra, al ubicarse en superficies irregulares de manera puntual deja huecos, esto hace que la adherencia no sea tan buena como y requiere un mayor consumo de gunita para rellenar esos huecos si son de cierto volumen.
- El rebote con mallazo es bastante mayor que con fibras, es necesaria una mayor cantidad, habitualmente quedan huecos no cementados en contacto con el mallazo que favorecen la circulación de agua.
- El hormigón proyectado sobre la malla no permite que este trabaje correctamente ya que le impone una rigidez adicional, en general en galerías permanentes y túneles es empezar con una capa inicial de sellado, que no es necesario para macizos rocosos de calidad muy buena. Los espesores de cada capa no deben exceder de 10 cm para evitar problemas de adherencia. Los espesores reales dependen de la precisión de la excavación. Si se deben rellenarlas sobre excavaciones, y/o cubrir las cerchas, los espesores reales pueden ser mucho mayores en algunos puntos. El hormigón proyectado es poco eficaz si no se combina con otros elementos como pernos, por lo que resulta muy caro y no se usa habitualmente en minería.

El rebote en la proyección del hormigón depende de los siguientes

factores:

- Cantidad de agua, granulometría de los áridos y proporción de aditivos.
- Velocidad de proyección.
- Destreza del operario.
- Ángulo de impacto en la proyección.
- Espesor de la capa aplicada.
- Distancia entre la boquilla del proyector y la roca, siendo óptima entre 1 y 2 m aunque variará en función de que la proyección se realice de forma mecanizada o manual.

#### **2.2.10. Elección del método de sostenimiento**

Si el macizo rocoso es capaz de soportar la presión que se genera al excavar un hueco en el mismo, se dice que tiene un comportamiento elástico o autoportante. La deformación en el entorno de la excavación que cabe esperar en este caso es muy pequeña, en torno a un 1%, relacionándose con la deformación elástica del terreno.

Al colocar un sostenimiento muy próximo al frente de avance de una excavación aquel no se carga inicialmente, entrando en ella cuando el frente de avance se aleja y la excavación comienza a sufrir deformaciones. Por tanto la presión con que va a contribuir el sostenimiento depende de cuánto se haya deformado previamente el terreno antes de su colocación. La colocación tardía del sostenimiento en un determinado tramo, favorece la relajación y descompresión del terreno, pudiendo ser la causa de manifestaciones de inestabilidad. La base para dimensionar un sostenimiento correcto es considerar previamente su interacción con el terreno. Para ello, una práctica habitualmente utilizada, es la fundamentada en las curvas características o de Convergencia

Confinamiento (Propuesta por Panet, 1976, partiendo de estudios de interacción suelo –sostenimiento de Lombardi, 1974). Este método permite analizar la interacción terreno-sostenimiento de una obra subterránea bajo las hipótesis simplificadoras de que se trata de geometría circular y se excava en

estado inicial homogéneo e isótropo. El diseño del sostenimiento de las obras subterráneas debe permitir, controlar y mantener la estabilidad de las excavaciones para la seguridad del personal que trabaje o circule por ellas, a lo largo de la vida útil de las labores. Según el Artículo 61. RGNBSM “En las obras y trabajos subterráneos el sostenimiento se realizará según las instrucciones del director facultativo y deberá controlarse y mantenerse empleando sistemas adecuados al terreno y conservarse secciones suficientes”. Igualmente, tal como se indica en la ITC 04.6.05 “El diseño del sostenimiento debe realizarse teniendo en cuenta las características del terreno, las dimensiones de las labores, las condiciones impuestas por la explotación como disponibilidad y facilidad de la instalación y las posibles influencias de explotaciones próximas”. Presupone tener en cuenta la deformación que va a sufrir la estructura sostenida que debe ser compatible con el tiempo y servicio previstos, diseñándola siempre teniendo en cuenta los términos económicos. El comportamiento del macizo rocoso ante las acciones naturales e inducidas determina las condiciones de estabilidad y como consecuencia las medidas de sostenimiento a aplicar. Dicha respuesta dependerá principalmente de las características geotécnicas de la masa rocosa. Si la roca es competente, con características mecánicas y resistentes elevadas y las juntas no son desfavorables, básicamente no aparecerán problemas durante las excavaciones, pudiendo comportarse de manera autoportante sin necesitar ningún tipo de refuerzo ni de sostenimiento.

Por el contrario, si la roca es incompetente, con baja resistencia y las discontinuidades son desfavorables, presentará dificultades cuando se trabaje en ella. Entre los dos extremos existirán materiales de calidad intermedia. En base a dicha calidad y comportamiento del terreno al verse afectado por la excavación, se diseñará el sostenimiento óptimo según las necesidades de cada labor. “En el proyecto debe incluirse un plan de control que permita conocer razonablemente el comportamiento del sostenimiento y los desplazamientos del terreno circundante, tanto en las distintas fases constructivas como en las de utilización” (ITC.04.6.05).

El cálculo del sostenimiento de las obras subterráneas se puede efectuar mediante métodos analíticos, observacionales, empíricos y numéricos. Como buena práctica sería conveniente realizar comparativas entre los modelos de sostenimiento óptimo según cada uno de los métodos, no siendo aconsejable tomar como referencia un único método.

#### **2.2.11. RMR de Bieniawski**

La clasificación RMR- Rock Mass Rating (Bieniawski 1973, con actualizaciones en 1979, 1989 y 2014 por Bieniawski, P. Varona, B. Celada, I. Tardáguila y A. Rodríguez) sirve para caracterizar macizos rocosos según su calidad en función del índice obtenido. Tiene en cuenta los siguientes parámetros:

- Resistencia a compresión simple de la roca.
- Parámetro RQD (rock quality designation Deree et al. 1967).
- Estado de las discontinuidades.
- Espaciado de las discontinuidades.
- Condiciones hidrogeológicas.
- Orientación de las discontinuidades respecto a la excavación.

La suma de la puntuación de cada uno de los parámetros se expresa mediante el índice RMR cuyo valor oscila entre 0 a 100. Cuanto mejor es la calidad de la roca, más elevado es dicho valor. De esta manera, Bieniawski distinguió cinco clases de roca.

**Tabla 5** Clasificación de la roca

CLASE DE ROCA					
<b>R.M.R.</b>	81 - 100	61 - 80	41 - 60	21 - 40	< 20
<b>CLASE</b>	I	II	III	IV	V
<b>DESCRIPCIÓN</b>	Muy buena	Buena	Media	Mala	Muy mala

*Fuente: Asistencia técnica de geomecánica*

**Tabla 6** Tipo de roca

SIGNIFICADO DE LAS CLASES DE MACIZOS ROCOSOS					
<b>CLASE</b>	I	II	III	IV	V
<b>TIEMPO DE MANTENIMIENTO</b>	10 años para 5 m	6 meses para 4 m	1 semana para 3 m	5 horas para 1,5 m	10 min para 0,5 m
<b>COHESIÓN (kPa)</b>	>300	200-300	150-200	100-150	<100
<b>ANGULO DE FRICCIÓN</b>	> 45°	40°-45°	35°-40°	30°-35°	<30°

*Fuente: Asistencia técnica de geomecánica*

La clasificación de BIENIAWSKI indica explícitamente el tipo de sostenimiento y modo de excavación a emplear según la categoría RMR, tal y cómo se refleja en la Tabla 7, para las secciones mineras típicas en herradura y anchura máxima de 10 m. La Figura 28 permite estimar, la longitud de pase (vano autoportante) y el tiempo que el terreno puede permanecer sin soporte.

**Tabla 7 Tipo de sostenimiento por el RMR**

Clase RMR	Excavación	Sostenimiento		
		Bulones	Gunita	Cerchas
I 100-81	Sección completa. Avances de 3 m.	Innecesario, salvo algún bulón ocasional	No	No
II 80-61	Sección completa. Avances de 1-1,5 m	Bulonado local en clave, con longitudes de 2-3 m y separación de 2-2,5 m eventualmte con mallazo.	5 cm en clave para impermeabilización	No
III 60-41	Avance y destroza. Avances de 1,5 a 3,0 m. completar sostenimiento a 20 m del frente.	Bulonado sistemático de 3-4 m con separaciones de 1,5 a 2 m en clave y hastiales. Mallazo en clave.	5 a 10 cm en clave y 3 cm en hastiales	No
IV 40-21	Avance y destroza. Avances de 1,0 a 1,5 m. completar Sostenimiento inmediato del frente, completar sostenimiento a menos de 10 m del frente.	Bulonado sistemático de 4-5 m con separaciones de 1-1,5 m en clave y hastiales con mallazo	10 a 15 cm en clave y 10 cm en hastiales. Aplicación según avanza la excavación.	Cerchas ligeras espaciadas 1,5 m cuando se requieran.
V $\leq 20$	Fases múltiples. Avances de 0,5 a 1 m. gunitar inmediatamente el frente después de cada avance.	Bulonado sistemático de 5-6 m con separaciones de 1-1,5 m en clave y hastiales con mallazo.	15-20 cm en clave, 15 cm en hastiales y 5 cm en el frente. Aplicación inmediata después de cada avance.	Cerchas pesadas 0,75 m con blindaje de chapas y cerradas en solera.

Túneles de sección en herradura, máxima anchura 10 m, máxima tensión vertical 250 kp/cm<sup>2</sup>

Fuente: Asistencia técnica de geomecánica

### 2.3. Definición de términos básicos

#### 1. Aditivos

Pegamentos cuya función es controlar las propiedades del shotcrete entre las más importantes figuran los acelerantes y reducen el tiempo del fraguado. con mayor rapidez y con espesores mayores.

#### 2. Anisotropía

Sucesión de niveles geológicos de rigidez diferente, el nivel más rígido concentra tensión, mientras que los niveles más deformables aparecen más descargados

#### 3. Auto perforante

Pernos de sostenimiento con ventajas de que alcanzan longitudes muy superiores a la de los anclajes convencionales y tiene la capacidad de atravesar cualquier tipo de material, incluyendo terrenos difíciles.

#### **4. Bulones**

En sostenimiento activo de labores mineras se refiere a los diferentes pernos de anclaje que se utilizan para dar estabilidad a las rocas.

#### **5. Cimbras**

Arcos de acero, para el diseño del sostenimiento pasivo

#### **6. Cizalla**

Son bandas de terreno plastificado, presentan fracturas abiertas y recubiertas con una pátina de minerales de baja fricción por el desconfinamiento y/o alteración, tiene una baja resistencia.

#### **7. Concreto lanzado**

Es la mezcla de cemento y fibras que se adhiere a la periferia de la roca sellando las discontinuidades o grietas producidas por la voladura.

#### **8. Diques**

Son las intrusiones de rocas ígneas, sub verticales y de caras sub paralelas a una fractura o falla que tienen aberturas de centímetros a metros.

#### **9. Deformabilidad**

Modificación del estado tensional en un sólido que origina desplazamiento relativo en puntos de su interior, que se cuantifican adecuadamente mediante su deformación

#### **10. Erosión**

Descomposición o cambio de características de la roca debido a la acción de fenómenos naturales o ambientales.

#### **11. Estratificación**

Son planos de debilidad asociados paralelos uno a continuación de otro de una misma formación rocosa o de diferentes características en su formación

geológica.

## **12. Espaciado**

Es la distancia perpendicular entre planos dentro de una misma familia de juntas.

## **13. Fallas**

La falla se identifica cuando hay un desplazamiento relativo a ambos lados de la misma de un macizo rocoso, puede ser de carácter local hasta regional, están determinados por un espesor milimétrico (local) hasta métrico (regional)

## **14. Fibra**

Las fibras son específicamente diseñadas para el concreto se fabrican a partir de materiales sintéticos y de acero que pueden resistir al medio alcalino del concreto lanzado a largo plazo.

## **15. Fisuras**

Son fracturas del concreto lanzado que se producen debido a la retracción del material en el tiempo, por las dilataciones y contracciones de origen hídrico y técnico, también por los movimientos verticales y horizontales producidos por las cargas

## **16. Fibras Metálicas**

La función principal en el shotcrete es aumentar la ductilidad del material, en lo posible obtener una elevada resistencia a la flexión, la ductilidad está relacionada con el tipo y la cantidad de las fibras metálicas.

## **17. Gunitar**

Acción de lanzar en obra un mortero u hormigón a gran velocidad, que es transportado a través de una manguera y proyectado neumáticamente.



## **18. GSI**

Es un sistema que se utiliza para la estimación de todas las propiedades geomecánicas del macizo rocoso a partiendo de varias observaciones geológicas en el campo.

## **19. Inyecciones**

Puede ser con fines de relleno, consolidación o impermeabilización. Esta técnica se utiliza para la consolidación del terreno mediante inyecciones de lechada de cemento o productos químicos.

## **20. Juntas**

Macizo rocoso con roturas de origen geológico que no presentan desplazamiento relativo, pueden aparecer sin relleno, o con relleno arcilloso o mineralizado (cuarzo, calcita, etc.)

## **21. Orientación**

Es un derecho fundamental que significa no solamente la ausencia de afecciones o de enfermedad, sino también de los elementos y factores que afectan negativamente el estado físico o mental del trabajador y están directamente relacionados con los componentes del ambiente de trabajo.

## **22. Persistencia**

Es la extensión areal o también el tamaño de los diferentes planos de juntas

## **23. Rugosidad**

Son las discontinuidades solidas de la roca en los labios de la junta

## **24. Relleno**

Es el tipo de material que se encuentra en el seno de la junta, puede no existir una junta limpia, de baja fricción con un contenido de arcilla, clorita, grafito, carbón o cristalizado cuarzo, calcita.

## **25. RMR**

Sirve para caracterizar el macizo rocoso por su calidad en función de un índice obtenido.

## **26. Q de Barton**

En esta clasificación se catalogan los macizos rocosos según el denominado índice de

Calidad.

Tensiones

Fuerzas que actúan sobre una excavación subterránea, puede ser natural o inducida

## **2.4. Formulación de Hipótesis**

### **2.4.1. Hipótesis general**

La implementación del sostenimiento con el Jack pack nos permite incrementar la producción de mineral de los tajos en la compañía minera Poderosa.

### **2.4.2. Hipótesis específicas**

- a) La implementación del sostenimiento con el Jack pack se estabiliza el Wood pack permitiendo recuperar los pilares para incrementar la producción de mineral de los tajos en la compañía minera Poderosa S.A.
- b) Con la implementación del sostenimiento con el Jack pack se reemplaza los pilares de los tajos del método de explotación permitiendo incrementar la producción de mineral en la compañía minera Poderosa S.A.

## **2.5. Identificación de variables**

- **Variable Independiente**

X: Implementación del Sosténimiento con el Jack pack en tajos de la compañía minera Poderosa S.A.

- **Variable Dependiente**

Y: Incrementar la producción de mineral en los tajos de la compañía minera Poderosa S.A.

## 2.6. Definición Operacional de variables e indicadores

**Tabla 8** Operacionalización de variables

TIPO DE VARIABLE	NOMBRE DE LA VARIABLE	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	
VARIABLE INDEPENDIENTE	X: Implementación del Sostenimiento con el Jack pack en tajos de la compañía minera Poderosa S.A.	La implementación de un sostenimiento como es el uso del Jack pack juntamente con el Wood pack para fortificar el techo y piso de las cajas de las vetas o cuerpos mineralizados de los tajos en explotación. Estos elementos tienen la propiedad de que el sostenimiento pasivo pase a ser el sostenimiento dinámico; este elemento sostiene los bloques de las cajas con roca de tipo intermedio, limitando la caída de las rocas. La combinación de estos elementos de sostenimiento asegura la labor y de esta forma se evita accidentes.	Roca	Dureza	RMR
			Jack pack	alto	m.
				área	m <sup>2</sup> .
			Wood pack	alto	m.
				Área	m <sup>2</sup>
			VARIABLE DEPENDIENTE	Y: Incrementar la producción de mineral en los tajos de la compañía minera Poderosa S.A.	En un sostenimiento el uso solamente del Wood pack en la actualidad está quedando en desuso por su poca estabilidad y resistencia en las zonas de explotación. Por lo que el uso de un sostenimiento pasivo en el tajo no garantiza la seguridad es muy necesario aplicar un sostenimiento pasivo dinámico como es la implementación del Jack pack de esta manera se mejora el rendimiento de la producción del mineral en la explotación de los tajos, como también se mejora la seguridad.
Producción de pilares	tonelada				

Fuente: Elaboración propia.

## **CAPÍTULO III**

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

#### **3.1. Tipo de Investigación**

Para la investigación se utilizó el tipo experimental-aplicativo, con relación a los objetivos de la investigación, considerado en el nivel de profundización descriptivo, para encontrar soluciones a los problemas planteados.

#### **3.2. Nivel de investigación**

El nivel utilizado para el procesamiento de la investigación es exploratorio, descriptivo y explicativo por lo que mediante la observación se toma los datos de campo. Se definen los resultados donde se organiza, luego se deduce, se analiza y finalmente se concluye, basado en el objeto del estudio.

#### **3.3. Métodos de Investigación**

Para la investigación se utilizó el método experimental por lo que las variables de la data de campo se manipulan con el principio lógico deductivo, donde se emplea el análisis cuantitativo, se obtiene resultados de todos los procedimientos derivados de la hipótesis y las variables que es el objeto de la

investigación.

### **3.4. Diseño de Investigación**

En la investigación se ha considerado el diseño analítico, se emplea por existir suficiente información de la situación en estudio que permite relacionar las variables, lo cual permite probar hipótesis de la asociación entre un factor específico se tiene una data de campo que se procesa en la información y luego se obtiene resultados referentes al uso del Jack pack en comparación al sostenimiento natural de pilares. Luego de ejecutar las instalaciones se realiza un diseño descriptivo con los resultados del análisis de comparativos.

### **3.5. Población y muestra**

#### **3.5.1. Población**

Los tajos en explotación de la compañía minera Poderosa S.A.

#### **3.5.2. Muestra**

Los tajos del nivel 2120 de la compañía minera Poderosa S.A.

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

#### **➤ Técnicas empleadas**

- **Recopilación de información**

Se buscó la información de programas de sostenimiento

- **Observación directa**

Se realizará observaciones directas en la instalación del Jack pack con el Wood pack.

- **Información bibliográfica**

Análisis de textos y direcciones de internet con el objetivo de complementar el fundamento teórico acerca del sostenimiento.

➤ **Instrumentos de recolección de datos**

- **Materiales**

- ✓ Cartilla geomecánica de labores de avance y explotación
- ✓ Estándares de instalación del sostenimiento
- ✓ Ficha técnica de instalación del Jack pack
- ✓ Formato de evaluación de datos.

- **Equipos**

- ✓ Computadora personal
- ✓ Impresora
- ✓ Calculadora científica
- ✓ Vídeo

**3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación**

La selección de la información de campo con los que se captó y elaboro la tesis de investigación, se tuvo en cuenta los formatos utilizados en campo durante la ejecución de pruebas.

Los resultados de la aplicación del Jack pack para dar mayor estabilidad al wood pack, fueron coordinados con el área respectiva.

La veracidad de los datos es real, porque la recolección fue in situ y en el tiempo programado; todos los resultados y conclusiones de la tesis fueron coordinados con el departamento de producción de los tajos.

**3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

El proceso y análisis de la información tomada en el campo se procesa con el software Microsoft Excel, considerando variables y resultados en tablas y gráficos.

### **3.9. Tratamiento Estadístico**

Se realiza mediante la estadística descriptiva utilizando frecuencias, histogramas y otros gráficos estadísticos en Microsoft Excel y el software SPSS.

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

Todo el proceso de la información se realiza bajo los principios y valores de la ética profesional; el proceso es singular y un trabajo inédito como debe de ser. Puedo mencionar que el resultado de la investigación es de mi permanencia y experiencia en la minera Poderosa.



## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

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

Para el análisis y toma de datos de la investigación primeramente se observa y toma datos de los trabajos del sostenimiento en los diferentes tajos en producción con el Wood pack y seguidamente con la implementación del Jack pack con el objetivo de mejorar la estabilidad del Wood pack asimismo reemplazar los pilares de producción de los diferentes tajos para incrementar la producción y cumplir con el programa anual de producción. Para el proceso se consideró las siguientes actividades.

##### **4.1.1. Consideración del sostenimiento con el Wood pack**

El sostenimiento con Wood pack, es la instalación de paquetes de madera con dimensiones diferentes que se instalan para reemplazan a los pilares de mineral este método de sostenimiento es actuar como un pilar. Se utiliza cuando el sostenimiento de los puntales de madera no es suficiente para soportar el techo de un tajo en producción, una alternativa de soporte del techo es el uso de paquetes. Se puede apreciar en la figura

**Figura 15** *Sostenimiento con Wood pack*



*Fuente: Área de planeamiento*

En la figura12 se puede apreciar que Wood pack es un cribing de cuartones de madera de eucalipto que están unos sobre otros entrelazados desde el piso con tope al techo del tajo que permite el sostenimiento pasivo que ocupan un área desde un metro cuadrado hasta cuatro metros cuadrados con diferentes alturas de acuerdo con las potencias de los tajos, las dimensiones de los cuartones son variables desde cuatro pulgadas a ocho pulgadas dependiendo del volumen que va a sostener.

Este sostenimiento es temporal ya que conforme se va realizando cortes y recuperando los pilares y como complemento del relleno detrítico quedan ciegas para continuar con nuevos cortes del tajo.

**Figura 16** *Sostenimiento con Wood pack*



*Fuente: Área de planeamiento*

En la figura 13 se puede observar un Wood pack rendido después de la voladura, es un indicador que no han sido bien instalados y/o topeados entre el piso y techo. Como consecuencia se tiene el retraso en la producción del mineral y riesgos en accidentes del personal; estos rendimientos de los Wood pack son constantes después de la voladura, en estos casos se requiere complementar trabajos adicionales para poder realizar la limpieza, carguío, sostenimiento, perforación de un nuevo corte, todos estos trabajos adicionales retrasan el ciclo de producción del tajo y finalmente se tiene el no cumplimiento del programa de producción. Por estos resultados se ha visto la necesidad de implementar el Jack pack para evitar el continuo rendimiento del sostenimiento con madera encibada.

**Figura 17** *Sostenimiento con Wood pack*



*Fuente: Área de planeamiento*

#### **4.1.2. Implementación del sostenimiento con el Jack pack**

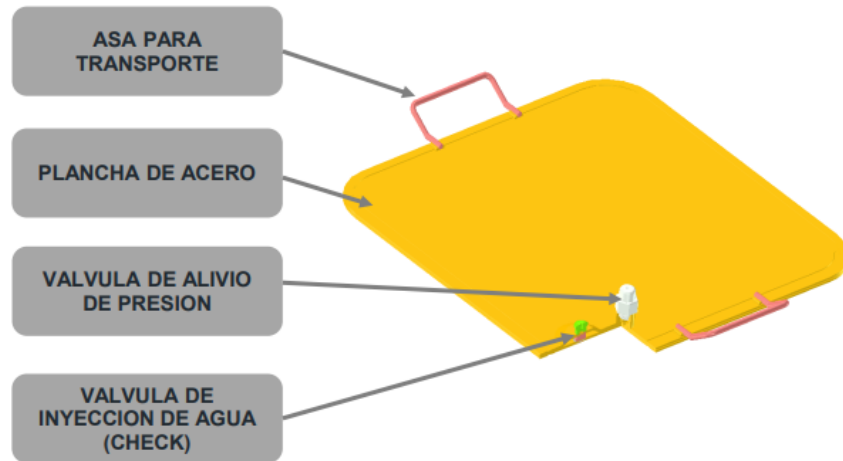
Luego de haber analizado y observado las ventajas y desventajas del sostenimiento con el Wood pack se ha visto por conveniente reforzar a este sostenimiento con el Jack pack para el cual se ha analizado primeramente la ficha técnica de este tipo de complemento en el sostenimiento.

El Jack pack es esencialmente un elemento pre tensionado que trabaja en conjunto con los puntales de madera y el cribbing (Wood pack) que se utilizan en la prevención de la caída de rocas, tiene las siguientes características:

- No es susceptible a las vibraciones de la voladura
- Sostenimiento de hasta 380 Ton.
- Incrementa el rendimiento de los puntales
- Rápido y fácil de instalar

- Sostenimiento inmediato y activo
- La presión interna soporta la carga; en la figura 14 se puede apreciar sus partes

**Figura 18** Partes del Jack pack



*Fuente: Área de planeamiento*

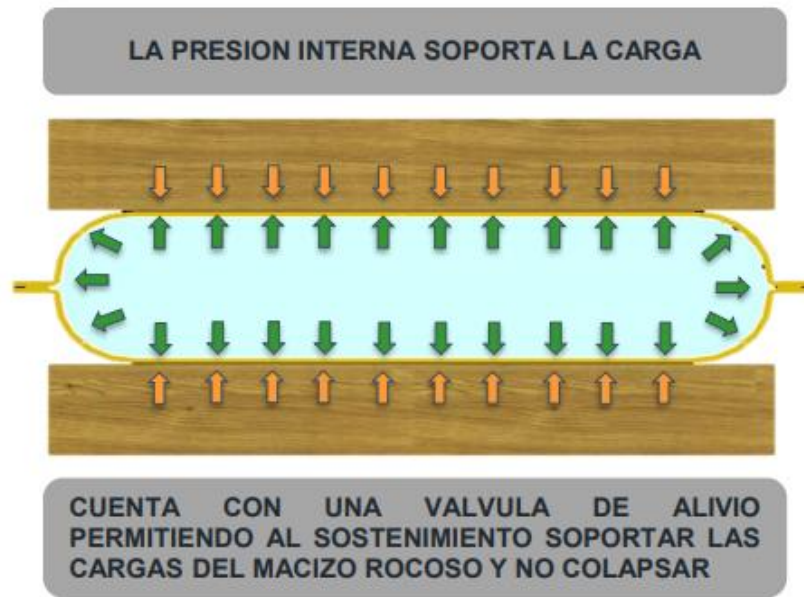
En la siguiente tabla se puede observar las especificaciones.

**Tabla 9** Especificaciones técnicas

ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO		
Tipo de acero	Acero (NT2) 1.6mm	
Tensión de fluencia (Mpa)	Min	120
	Max	210
Tensión de rotura (Mpa)	Min	270
	Max	350
Elongación (%)	Min	38
Presión de inflado (Mpa)	10 a 12	
Ancho máximo de inflado (mm)	100 mm	
Resistencia a la compresión (Ton)	380	
Válvula de alivio	Si	

*Fuente: Área de planeamiento*

**Figura 19** Esfuerzos que aporta el pre tensionado



*Fuente: Área de planeamiento*

**Figura 20** Accesorios de instalación



*Fuente: Área de planeamiento*

**Figura 21** *Partes de bomba de alta presión*



*Partes de bomba de alta presión*

*Fuente: Área de planeamiento*

Para el uso de la bomba hydrabolt se considera:

Antes de utilizar la bomba hydrabolt para el inflado de los Jack pack, es importante constatar la presión de salida de la misma, para ello el personal de mina deberá de contar con el manómetro de control de 60Mpa.

Este manómetro deberá ser introducido en la boquilla combo para verificar la

presión de inflado de los Jack pack, 12Mpa



**Figura 22** *Manómetro de control*



*Fuente: Área de planeamiento*

**Figura 23** *Seguridad de trabajo del manómetro*



*Fuente: Área de planeamiento*

Para que la bomba hydrabolt tenga un funcionamiento adecuado y además de ello sea prolongada su funcionamiento es importante implementar una válvula de paso en la salida del conector de ingreso de AIRE más NO, en la del agua.

Con ello prevendremos que la bomba se malogre muy prematuramente. Cerrar siempre esta válvula cuando la bomba no este en funcionamiento. Así evitaremos que ingrese el aire a la bomba hydrabolt.



**Figura 24** Bomba hydrabolt

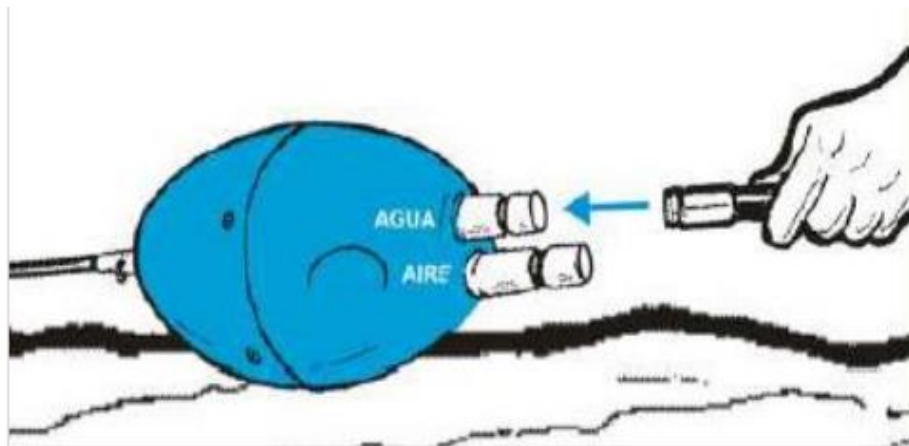


**Válvula de paso – entrada de aire en la bomba hydrabolt.**

*Fuente: Área de planeamiento*

Para instalar la bomba, es muy importante tener en cuenta las identificaciones de instalación de agua y aire que se encuentra en las partes laterales de la carcasa, conectar mangueras de agua y aire comprimido a las entradas de la bomba, si estas fueran invertidas ingresará agua al intensificador y esta no trabajará. Instalada las mangueras. Abrir primero la válvula de ingreso de agua, por ningún motivo se debe abrir la válvula de aire comprimido antes que la del agua. De esta manera se prevendrá que se ahogue la bomba, si estas fueran invertidas ingresará agua al intensificador y esta no trabajará.

**Figura 25** *Uso de la bomba hydrabolt*

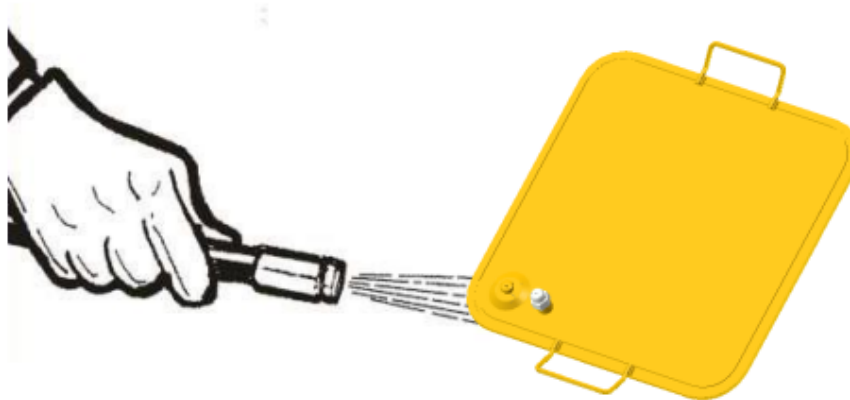


**Conectar mangueras de aire y agua según identificación en la bomba hydrabolt.**

*Fuente: Área de planeamiento*

Para mayor utilidad del sello de la boquilla, tener en cuenta lo siguiente: antes de insertar la boquilla en la válvula, primero lavar la boquilla y la válvula del perno, estas deben de estar libres de detritus antes de hacer contacto entre sí, luego insertar la boquilla sin realizar esfuerzo ni movimientos bruscos.

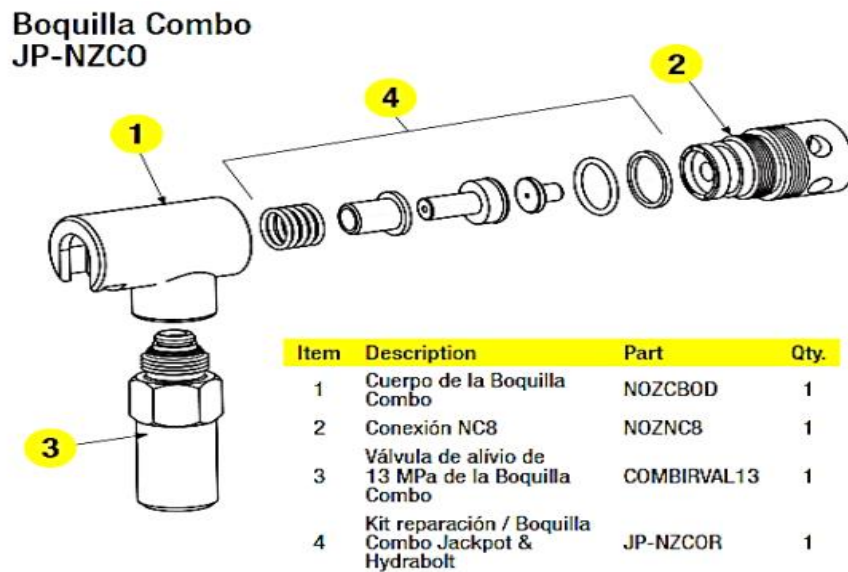
**Figura 26** *Válvula de paso*



**Válvula de paso – entrada de aire en la bomba hydrabolt.**

*Fuente: Área de planeamiento*

**Figura 27** Partes de la boquilla combo



Fuente: Área de planeamiento

Presione el gatillo en la pistola de seguridad y empiece a bombear el agua hacia el Jack pack cuando el Jack pack empiece a expandirse, retírese a una distancia segura y continúe presurizando, continúe bombeando hasta que el Jack pack haya alcanzado una expansión de 10cm máximo, luego retire la boquilla de inflado, y continúe con la instalación de más Jack pack.

**Figura 28** *Instalación del Jack pack*



*Fuente: Área de planeamiento*

Un error que muchas veces el personal de mina comete es la instalación de las mangueras de agua y aire, estas son invertidas perjudicando el funcionamiento de la bomba y la otra de hacer funcionar la bomba sin agua. Para un buen funcionamiento de la bomba se necesita 4 bares de presión mínimo de aire y 2 bares de presión mínimo de agua.

- El mantenimiento de las bombas hydrabolt es realizado por personal capacitado.
- Es fundamental que la bomba tenga los filtros de entrada de agua y aire CF WAHAP. Al no usar estos componentes, facilitaría el ingreso de partículas dañinas en la bomba, generando desgaste prematuro en el interior de la bomba.
- Por su extrema sencillez puede ser revisado diariamente el estado de los

distintos accesorios externos de la bomba a fin de evitar perjuicios sobre la misma. Inspeccione las mangueras de alta presión, los filtros de ingreso de agua y aire, el sello de boquilla, los seguros de los conectores de la manguera, conexiones de ingreso agua y aire.

- Las bombas de alta presión de diafragma se caracterizan por ser de bajo mantenimiento, sin embargo, Epiroc recomienda; para una buena operación y una vida óptima de los componentes deben ser revisados de acuerdo a un programa establecido, cada 60 días de trabajo cuando sean utilizadas regularmente y se mantengan un registro por cada una de ellas.
- Las condiciones de instalación pueden influir considerablemente en el rendimiento del equipo. Una mala instalación puede ser motivo de desgaste, roturas prematuras o funcionamiento deficiente.

#### **4.1.3. Proceso de actividades**

Dentro del proceso de actividades se considera los siguientes estándares:

- Parámetros Geo mecánicos: El sostenimiento con Wood pack y Jack pack, serán determinados de acuerdo al estudio geo mecánico del método de explotación en los tajos, como en Long Wall y otras labores abiertas, en calidad de roca regular, con RMR mayores de 40.
- Para el armado de los Wood pack (paquetes de madera) se utilizará cuartones o puntales de madera eucaliptos en forma intercalada.
- Las medidas de los cuartones de madera son de 6" x 7" x 3.3' (152 mm x 178 mm x 1000 mm) y en algunos casos puntuales se utilizará cuartones de madera 6" x 7" x 6.6' (152 mm x 178 mm x 2000 mm), previa evaluación geomecánica.
- La base donde se colocarán los Wood pack, debe estar sobre un piso sólido

y plano.

- La altura del Wood pack no debe exceder la relación de 1:3; es decir si el lado es de 1:00 m., la altura no debe ser mayor a 3.00 m.
- El Jack pack es un elemento pretensionado, cuyas medidas son de 1.00 m x 1.00 m.
- El Jack pack trabaja en conjunto con el Wood pack, una vez inflado con agua a alta presión (2 mega pascal), ya expandido, queda en forma permanente, otorgando un sostenimiento activo de hasta 170 toneladas.
- El Jack pack se colocará a las  $\frac{3}{4}$  partes de la altura total del Wood pack con la válvula hacia abajo, cubriendo todo el área del Wood pack con los cuartones.
- La base donde se colocará el jackpack, los cuartones de madera deben ser ubicados en forma de “cama”; también se debe hacer lo mismo con los cuartones que van encima del Jack pack, de modo que al instalarlo e inyectarle agua, se infle uniformemente en toda su superficie y trabaje haciendo presión en todo el espacio por igual.
- El Wood pack debe estar lo más topeado posible con la caja techo con cuñas de madera, antes de inflar el Jack pack.
- En tajos con áreas de relleno detrítico, los cuartones de madera deben ser ubicados en forma de “cama” en la base del Wood pack.
- Para el inflado del Jack pack la presión del agua debe ser igual a 02 bares o 30 libra por pulgada al cuadrado (PSI).
- El inflado del Jack pack no debe exceder los 10 centímetros (cm).

**Responsables.**

- Superintendente de Mina:

Realizar las coordinaciones necesarias con los supervisores de mina para que el estándar sea de conocimiento de los trabajadores, así como su cumplimiento.

Paralizar las operaciones o labores en situaciones de alto riesgo hasta que se haya eliminado o minimizado dichas situaciones riesgosas.

- Superintendente Seguridad y Salud Ocupacional/jefe de Seguridad:

Velar por el cumplimiento del presente estándar y seguimiento de su aplicación con todas las áreas involucradas.

Paralizar las labores cuando identifique desviaciones del estándar que pongan en riesgo la seguridad del trabajador del proceso.

- Jefe de Estándares y Procedimientos:

Elaborar y revisar los estándares con los supervisores y trabajadores del área.

- Jefe de Geomecánica:

Establecer los estándares, procedimiento y parámetros de sostenimiento apropiados para la masa rocosa y tipo de roca.

Hacer cumplir el presente estándar, los estándares de especificaciones técnicas de obra y procedimientos asociados.

Paralizar las operaciones o labores en situaciones de alto riesgo hasta que se haya eliminado o minimizado dichas situaciones riesgosas.

- Jefe de Zona Mina / Jefe de Guardia Mina/Supervisores Mina:

Establecer controles adecuados para asegurar cumplimiento del estándar para salvaguardar la seguridad de los trabajadores.

- Hacer cumplir el estándar en todas y cada una de las actividades del estándar de sostenimiento con Wood pack y Jack pack.

Paralizar las operaciones o labores en situaciones de alto riesgo hasta que se

haya eliminado o minimizado dichas situaciones riesgosas.

- Trabajador Minero:

Realizar el IPERC continuo.

Cumplir con los parámetros y controles, establecidos en el presente estándar.

Informar inmediatamente a su jefe de cualquier condición subestándar que se presente en sus tareas.

### **Formatos, controles y documentación**

Orden de trabajo

IPERC Continuo

Plano geo mecánico de la labor

Estándares, Procedimientos y PETS, Manuales y Guías

PETS de sostenimiento con Wood pack y Jack pack.

Detalles de instalación del Jack pack.

Instalación Wood pack y Jack pack alturas sin relleno detrítico: 1.0 m., 1.50 m., 1.80 m., 2.10 m., 2.40 m., 2.70 m. y 3.00 m.

Instalación Wood pack y Jack pack en zonas con relleno detrítico, alturas: 1.0 m., 1.50 m., 1.80 m., 2.10 m., 2.40 m., 2.70 m., 3.00 m.

Cartilla Geomecánica.

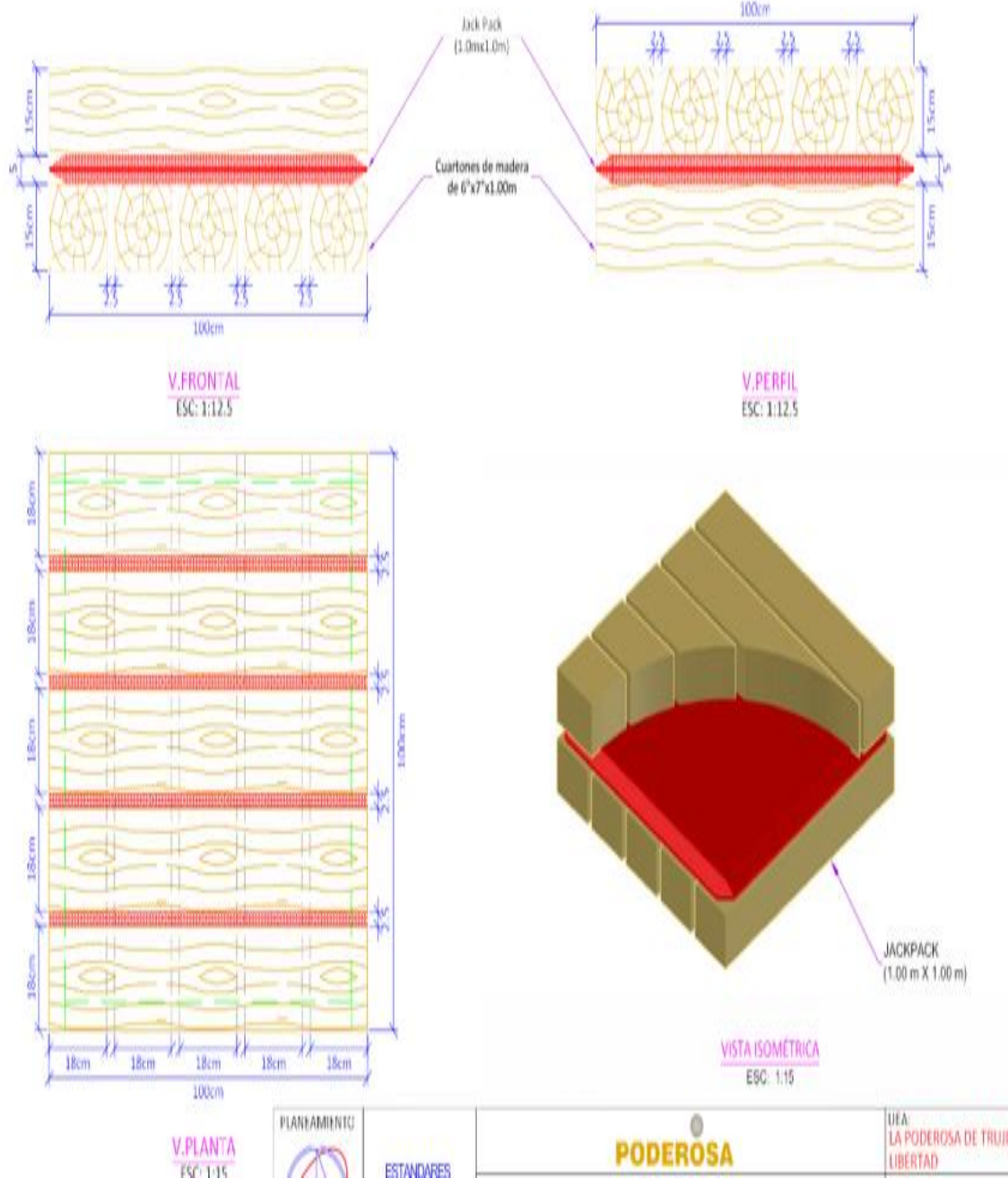
Manual del Jack pack

#### **4.1.4. Instalación del sostenimiento con Wood pack y Jack pack**

En la figura 25 se puede observar todo los detalles de instalacion del Jack pack como complementoto del wood pack, En la vista frontal se encuentra el jack pack de color rojo de 1:00 m. x 1:00 m. que se encuentra entre dos cuarterones de madera de 6 pies por siete pies, asimismo en la vista de perfil se tiene las mismas medidas de la vista frontal.

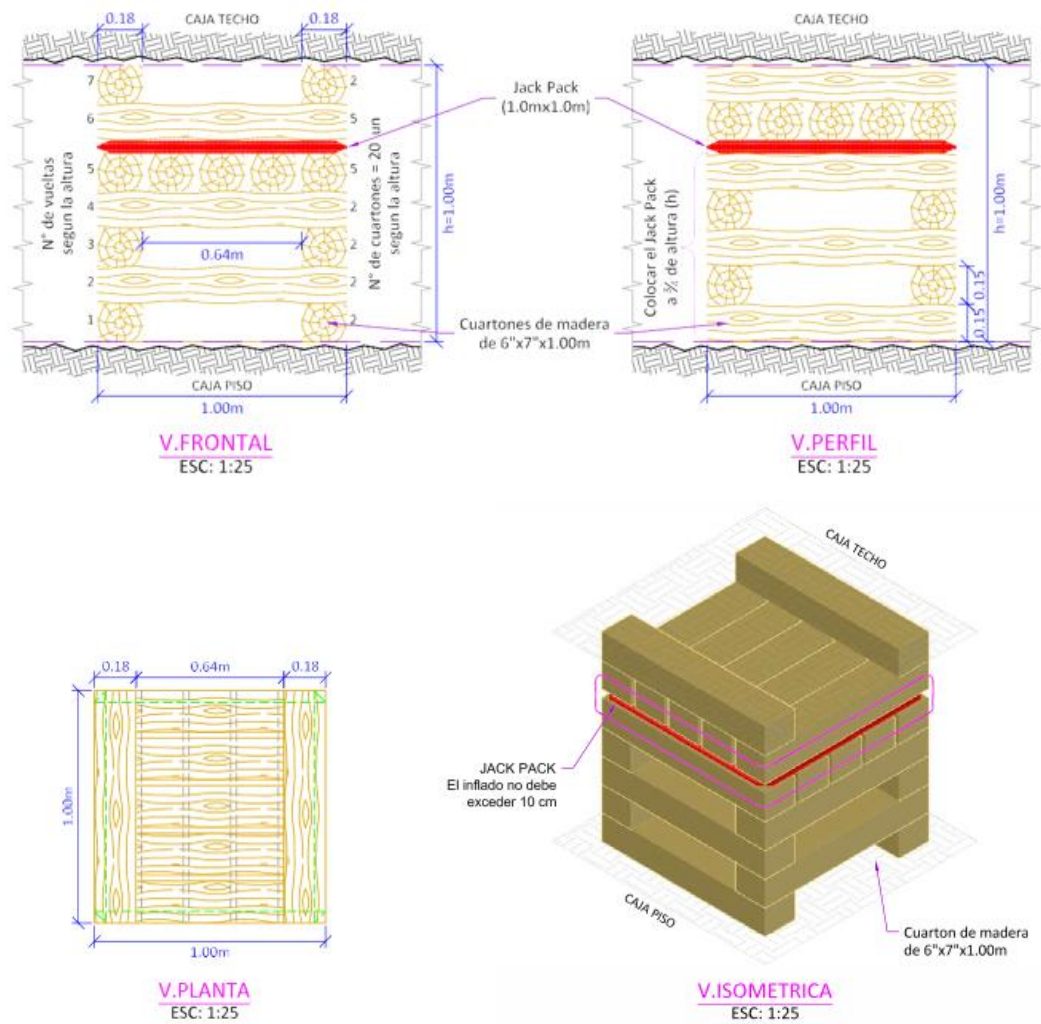


**Figura 29** Detalles de instalación del Jack pack



Fuente: Área de planeamiento

**Figura 30** Instalación 1:00 m. sin relleno detrítico

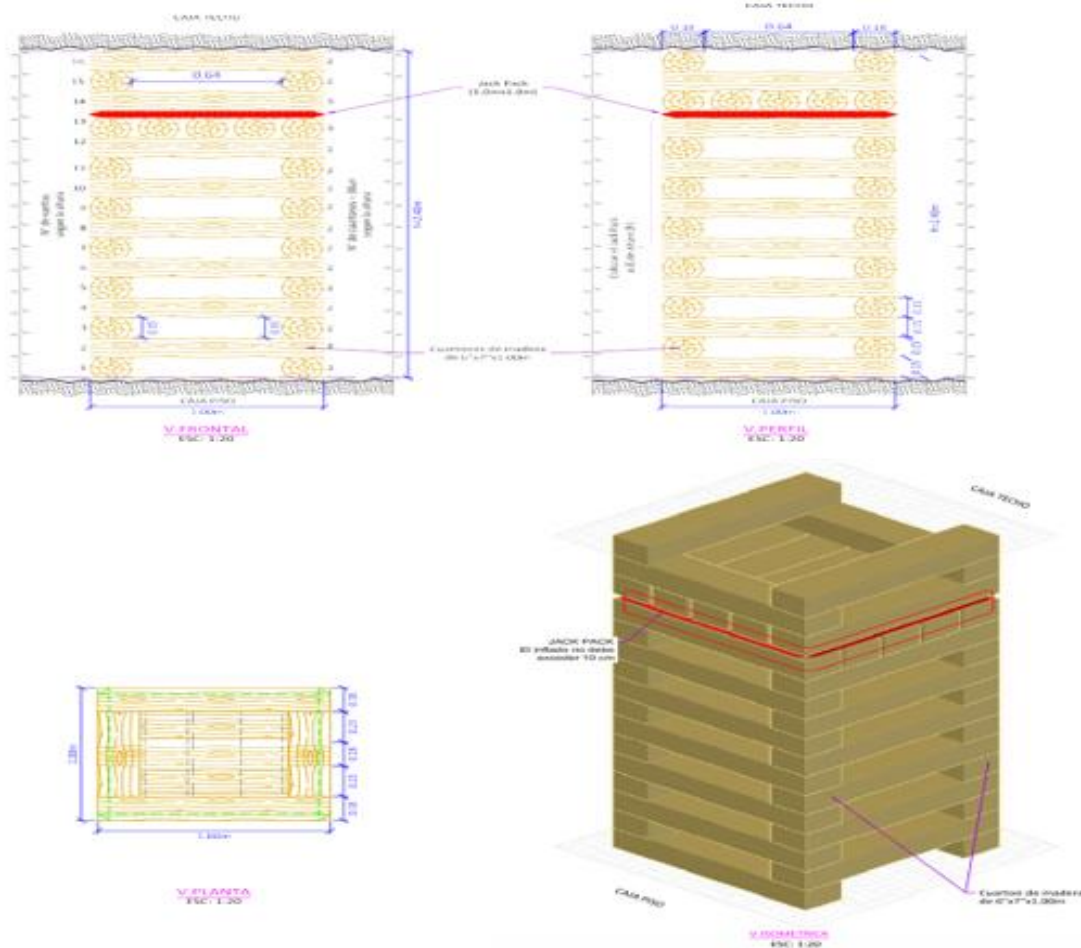


*Fuente: Área de planeamiento*

En la figura 26 se puede apreciar la instalacion del sostenimiento del wood pack complementado con el jack pack, de una altura de 1:00 m. en la vista isometrica se nota el jack pack de color rojo que esta instalado a tres cuartos de altura desde el piso, el inflado de este producto no debe exceder de 10 cm. de altura, los cuartones de madera estan entre lazados con una medida de seis pies por siete pies por 1:00 m. que se encuentra topeados entre la caja piso y la caja techo. En la vista frontal y la vista de perfil se nota mas claro todas las

características de la instalación para lograr que las vibraciones de la voladura no haga que colapse.

**Figura 31** Instalación 2:40 m. sin relleno detrítico

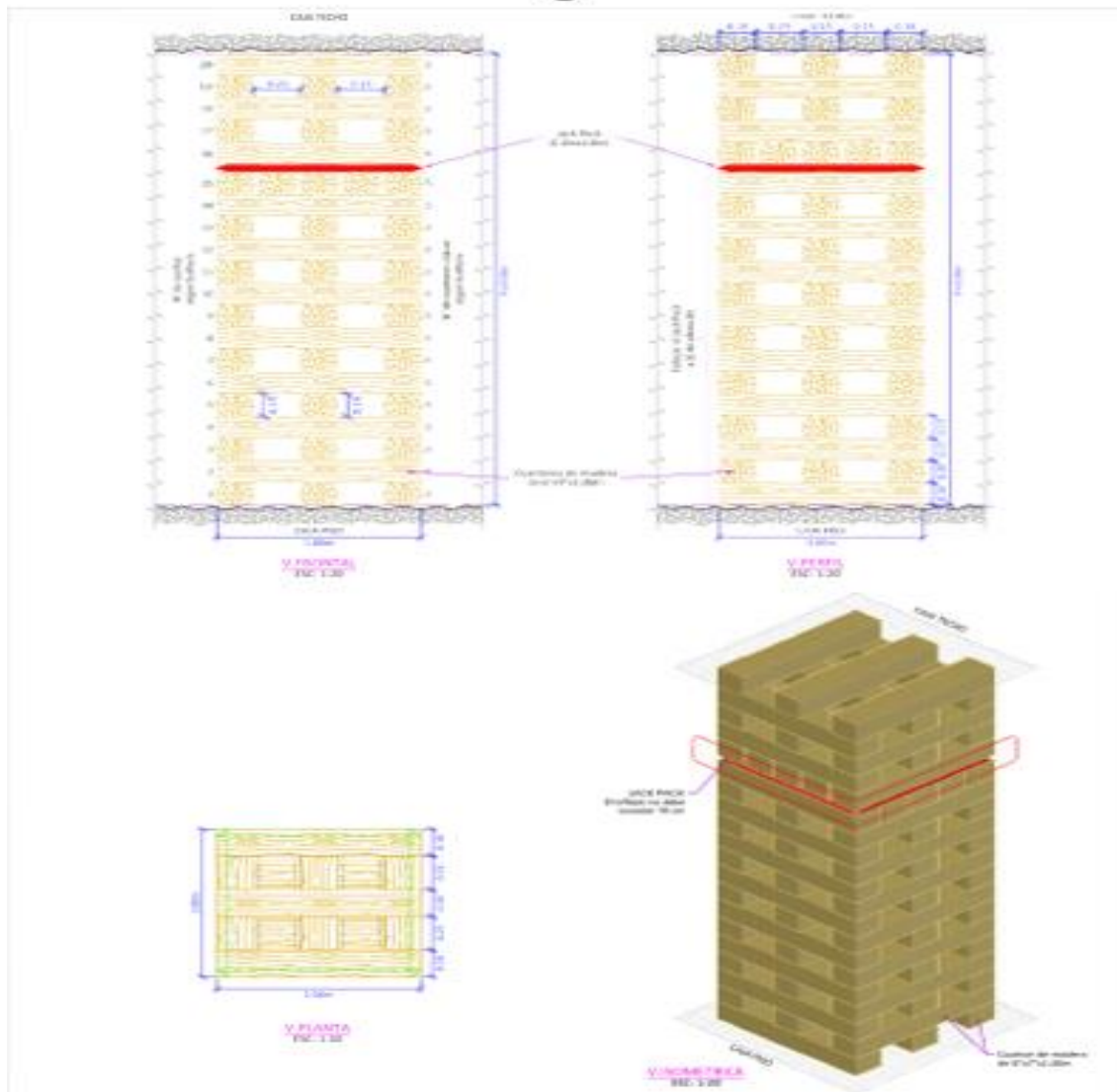


*Fuente: Área de planeamiento*

En la figura 27 se puede apreciar la instalación del sostenimiento del wood pack complementado con el jack pack, de una altura de 2:40 m. en la vista isométrica se nota el jack pack de color rojo que esta instalado a tres cuartos de altura desde el piso, el inflado de este producto no debe exceder de 10 cm. de altura, los cuarterones de madera estan entre lazados con una medida de seis pies por siete pies por 1:00 m. que se encuentra topeados entre la caja piso y la caja techo. En la vista frontal y la vista de perfil se nota mas claro todas las

características de la instalación para que no colapse con las vibraciones de la voladura.

**Figura 32** Instalación 3:00 m. sin relleno detrítico



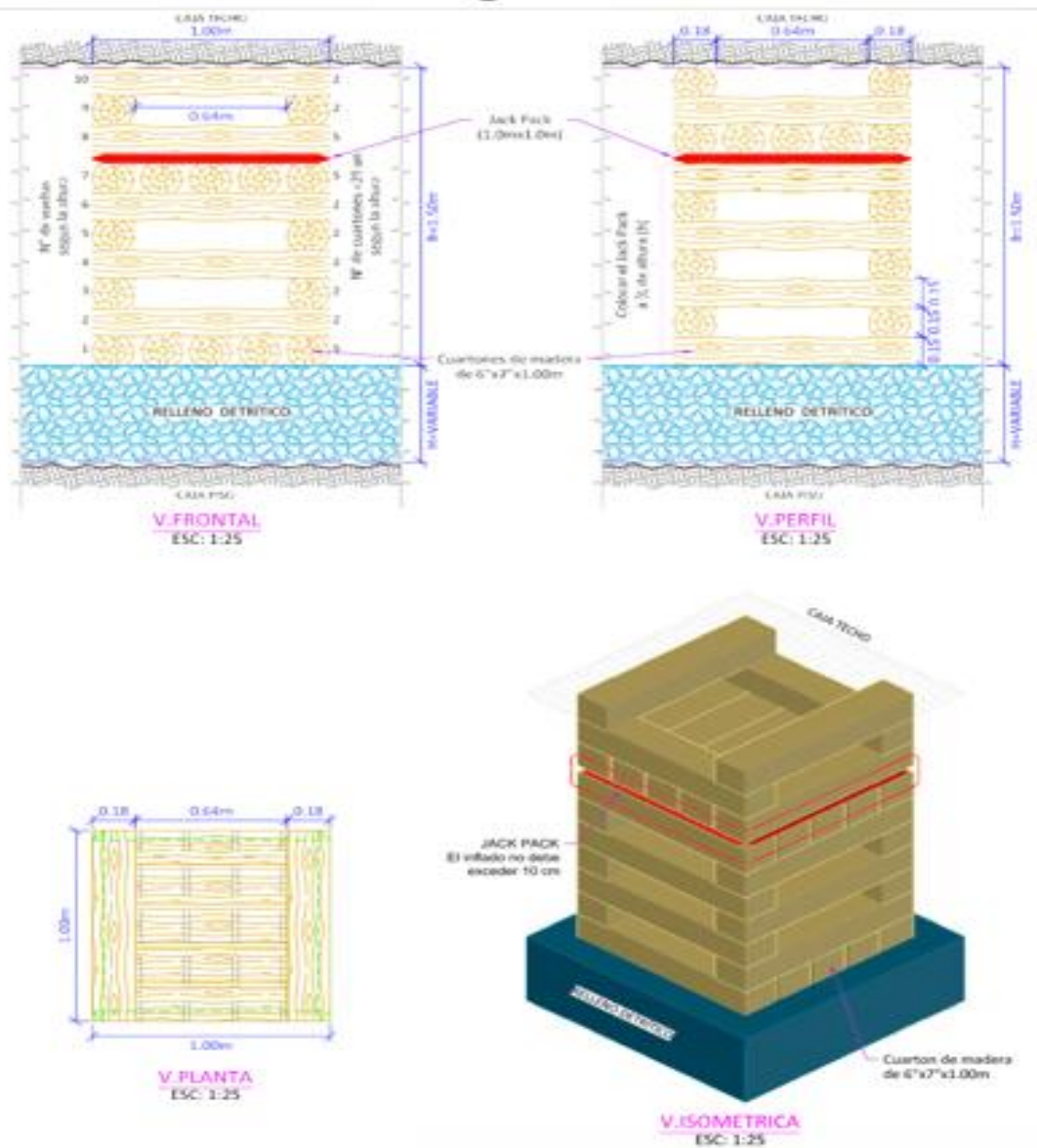
*Fuente: Área de planeamiento*

En la figura 28 se puede apreciar la instalación del sostenimiento del wood pack complementado con el jack pack, de una altura de 3:00 m. en la vista isométrica se nota el jack pack de color rojo que está instalado a tres cuartos de altura desde el piso, el inflado de este producto no debe exceder de 10 cm. de altura, los cuarterones de madera están entre lazados con una medida de seis pies



por siete pies por 1:00 m. que se encuentra topeados entre la caja piso y la caja techo.

**Figura 33** Instalación 1:50 m. con relleno detrítico

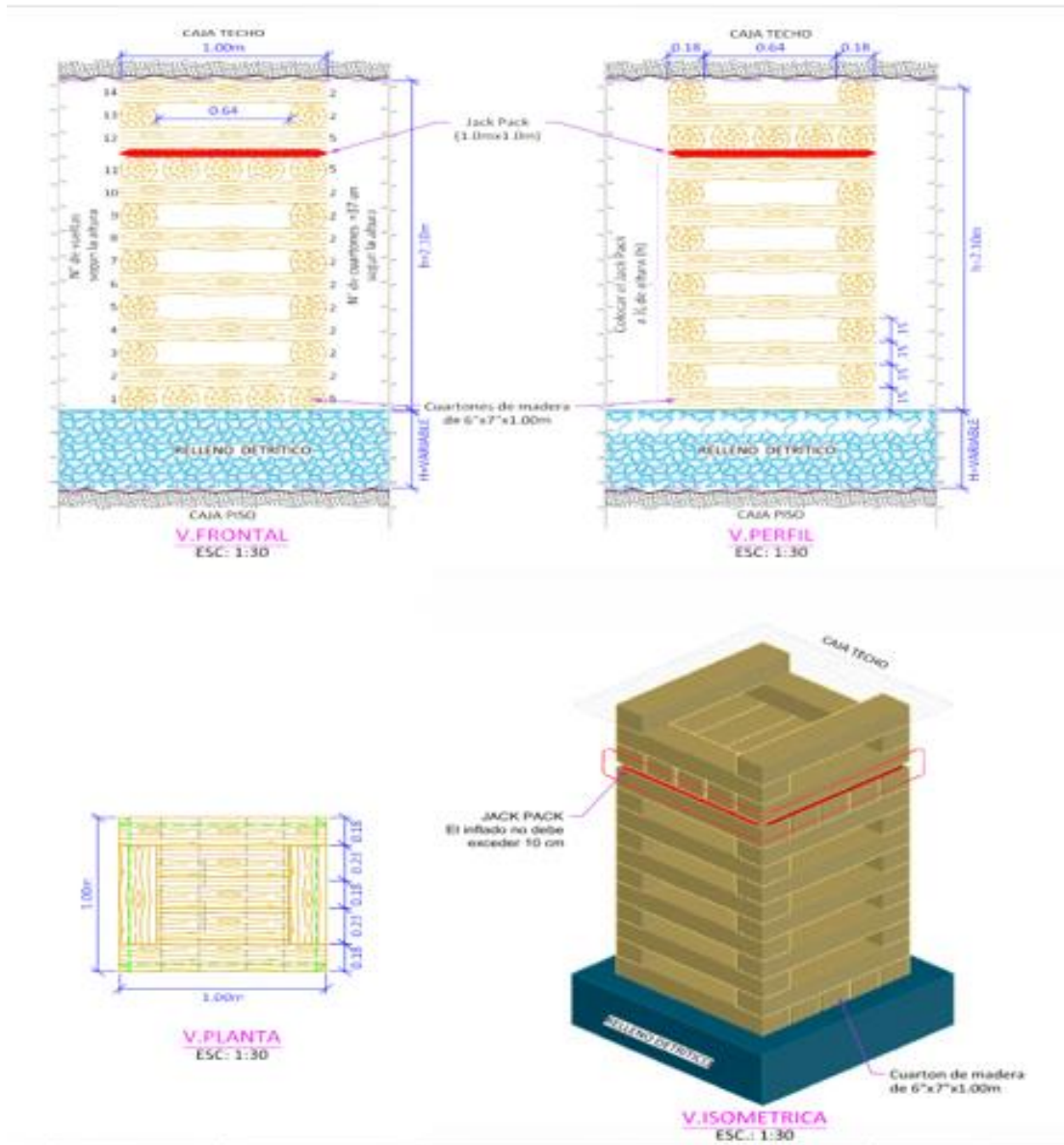


*Fuente: Área de planeamiento*

En la figura 29 se puede apreciar la instalacion del sostenimiento del wood pack complementado con el jack pack, de una altura de 1.50 m. con relleno detrítico en la vista isometrica se nota el jack pack de color rojo que esta instalado

a tres cuartos de altura desde el piso, el inflado de este producto no debe exceder de 10 cm. de altura, los cuarterones de madera estan entre lazados con una medida de seis pies por siete pies por 1:00 m. que se encuentra topeados entre la caja piso.

**Figura 34** Instalación 2:10 m. con relleno detrítico

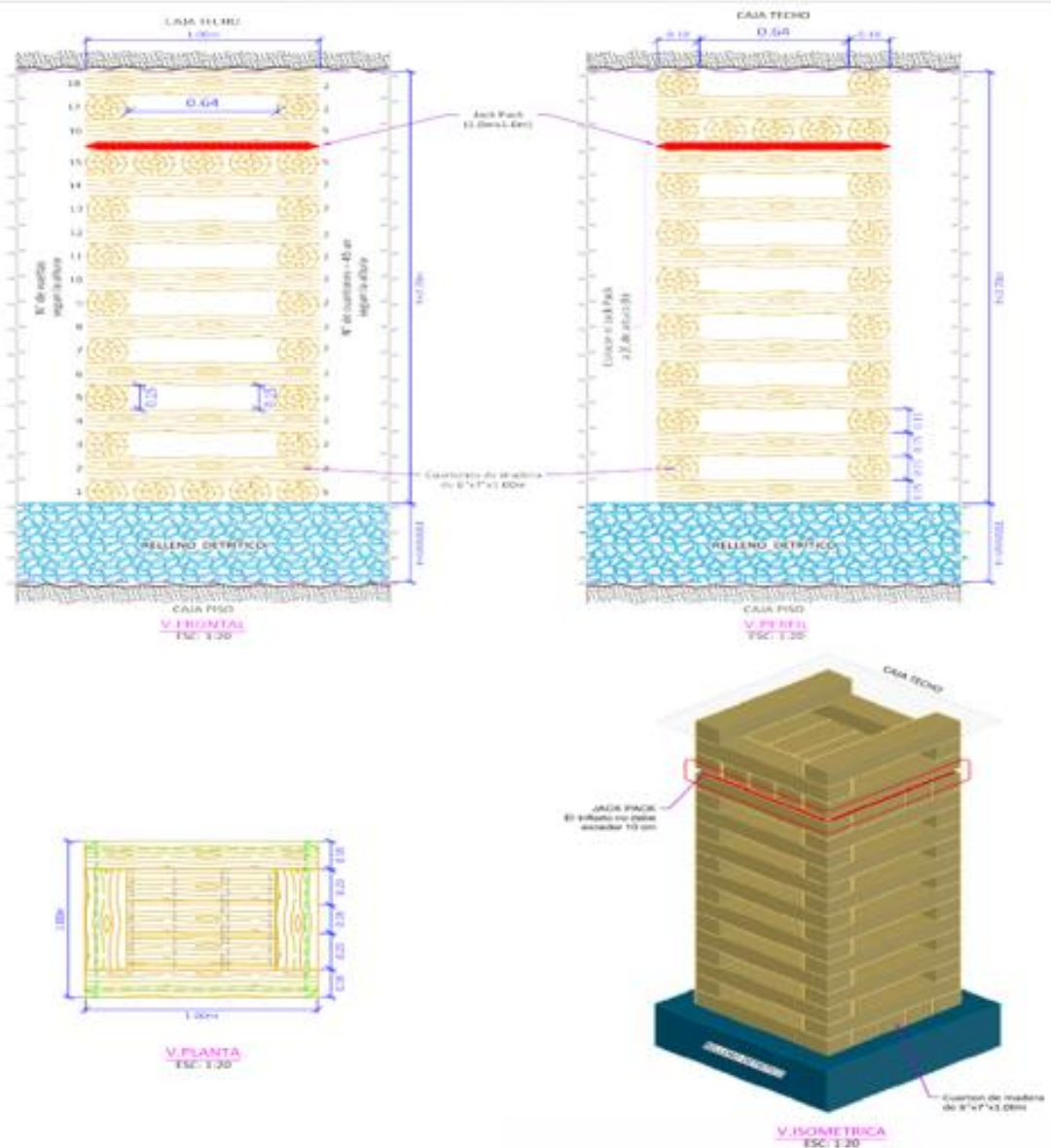


Fuente: Área de planeamiento

En la figura 30 se puede apreciar la instalacion del sostenimiento del wood pack complementado con el jack pack, de una altura de 2:10 m. con relleno detrítico en la vista isometrica se nota el jack pack de color rojo que esta instalado

a tres cuartos de altura desde el piso, el inflado de este producto no debe exceder de 10 cm. de altura, los cuarterones de madera estan entre lazados con una medida de seis pies por siete pies por 1:00 m. que se encuentra topeados entre la caja piso.

**Figura 35** Instalación 2:70 m. con relleno detrítico



*Fuente: Área de planeamiento*

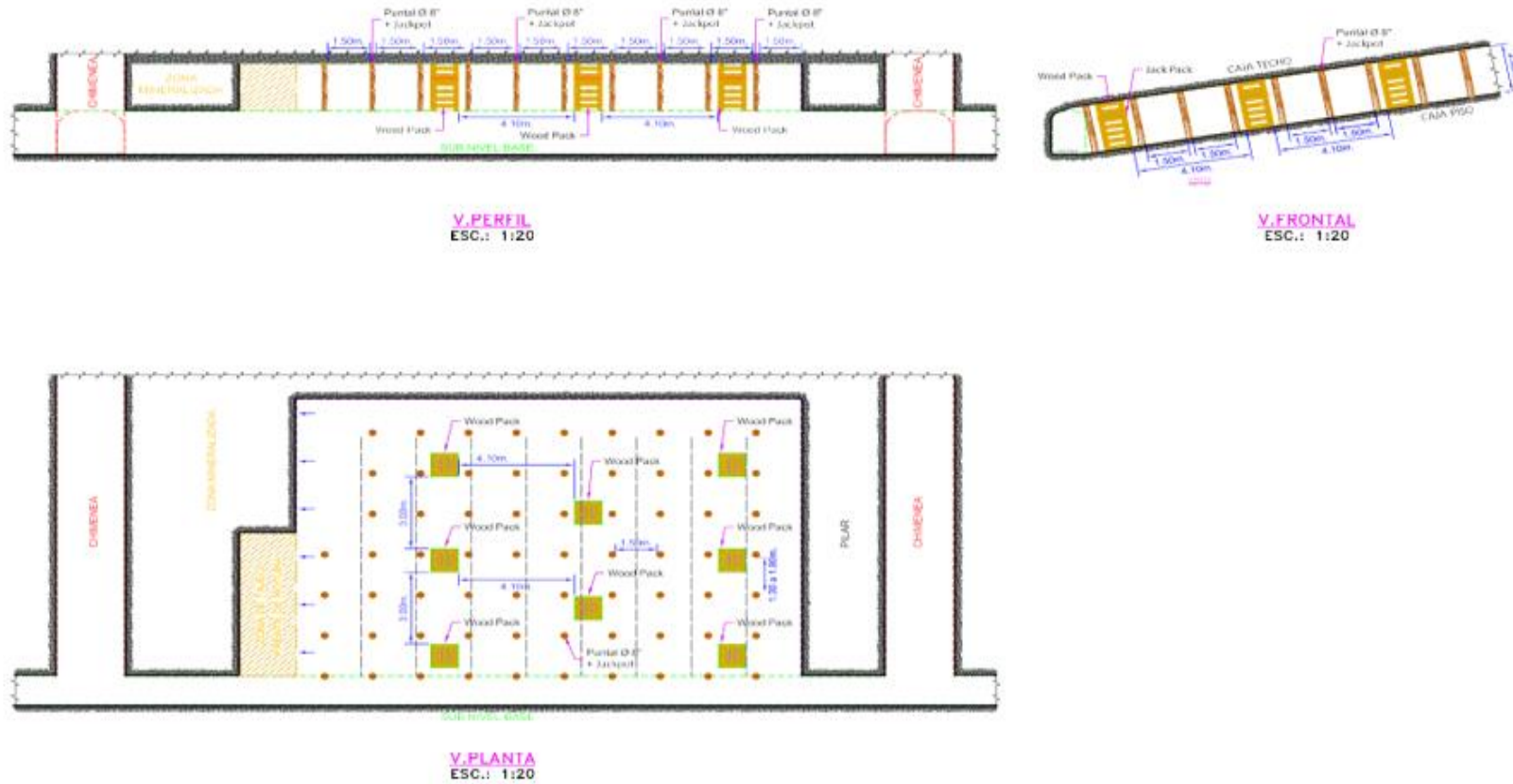
En la figura 31 se puede apreciar la instalacion del sostenimiento del wood pack complementado con el jack pack, de una altura de 2:70 m. con relleno detrítico en la vista isometrica se nota el jack pack de color rojo que esta instalado

a tres cuartos de altura desde el piso, el inflado de este producto no debe exceder de 10 cm. de altura, los cuarterones de madera estan entre lazados con una medida de seis pies por siete pies por 1:00 m. que se encuentra topeados entre la caja piso.



#### 4.1.5 Ubicación de en cribados en un tajo

Figura 36 Detalles de instalación en un tajo



Fuente: Área de planeamiento

En la figura 32 se puede observar los detalles de la instalación del sostenimiento del Wood pack complementado con el Jack pack, en el grafico se puede notar que el sostenimiento de estos elementos va instalado cada 3:00 m. por 4:10 m. formando un área de 9:00 m. por 12:00 m. obteniendo un área total de 108 m<sup>2</sup>. En dicha sección se instala un total de ocho cribings. También es muy importante resaltar que se refuerza este sostenimiento con el Jack pot, que vienen a ser puntales complementados con el Jack pack topeados entre la caja piso y caja techo, se encuentran instalados cada 1:50 m. por 1:50 m. con el objetivo que no colapse con la vibración de la voladura. De acuerdo con el grafico se puede estimar que por cada rotura del área se obtiene 378 toneladas de mineral.

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

### **4.2.1. Producción de tajo con sostenimiento Wood pack**

En la minera Poderosa inicialmente se realizaba el sostenimiento con el cribing de cuarterones de madera denominado Wood pack, con el fin de fortalecer el techo del tajo y evitar la caída de rocas de esta manera mitigar los riesgos de accidentes del personal y equipos en el área de producción de mineral, al mismo tiempo contribuir con la seguridad y salud de los trabajadores. A continuación, se presenta la data tomada en campo:

#### **1. Evaluación de la producción con el sostenimiento del Wood pack**

##### **- Semana 1**

Para obtener la información se ha evaluado las operaciones por cada corte en turno diurno, durante 4 semanas.

**Tabla 10** Nivel 2120 – tajo: 1560

Calidad de roca: RMR 45
Sección del tajo: 3 x 4 m.
Profundidad de taladro: 2:20 m.
Volumen: 26.4 m <sup>3</sup>
Densidad del mineral: 3.4 tn/m <sup>3</sup>
Toneladas rotas: 89.76 tn.
Observaciones: Colapso del sostenimiento del Wood pack, consecuencia de la vibración de la voladura. Se pierde una guardia por rearmado del Wood pack.

*Fuente: Elaboración propia*

**Tabla 11** Nivel 2120 – tajo: 1560-1

Calidad de roca: RMR 50
Sección del tajo: 3 x 4.5 m.
Profundidad de taladro: 2:15 m.
Volumen: 29.03 m <sup>3</sup>
Densidad del mineral: 3.4 tn/m <sup>3</sup>
Toneladas rotas: 101.59 tn.
Observaciones: Colapso del sostenimiento del Wood pack, consecuencia de la vibración de la voladura. Se pierde una guardia por rearmado del Wood pack.

*Fuente: Elaboración propia*

**Tabla 12 Nivel 2120 – tajo: 1580**

Calidad de roca: RMR 40
Sección del tajo: 3 x 3.5 m.
Profundidad de taladro: 2:20 m.
Volumen: 23.01 m <sup>3</sup>
Densidad del mineral: 3.3 tn/m <sup>3</sup>
Toneladas rotas: 76.23 tn.
Observaciones: Colapso del sostenimiento del Wood pack, consecuencia de la vibración de la voladura. Se pierde una guardia por rearmado del Wood pack.

*Fuente: Elaboración propia*

**Tabla 13 Nivel 2120 – tajo: 1580-1**

Calidad de roca: RMR 40
Sección del tajo: 3 x 3.0 m.
Profundidad de taladro: 2:25 m.
Volumen: 20.25 m <sup>3</sup>
Densidad del mineral: 3.4 tn/m <sup>3</sup>
Toneladas rotas: 68.85 tn.
Observaciones: Colapso del sostenimiento del Wood pack, consecuencia de la vibración de la voladura. Se pierde una guardia por rearmado del Wood pack.

*Fuente: Elaboración propia*

- **Semana 2**

**Tabla 14** Nivel 2120 – tajo: 1560

Calidad de roca: RMR 45
Sección del tajo: 3 x 4 m.
Profundidad de taladro: 2:25 m.
Volumen: 27.00 m <sup>3</sup>
Densidad del mineral: 3.4 tn/m <sup>3</sup>
Toneladas rotas: 91.80 tn.
Observaciones: Colapso del sostenimiento del Wood pack, consecuencia de la vibración de la voladura. Se pierde una guardia por rearmado del Wood pack.

*Fuente: Elaboración propia*

**Tabla 15** Nivel 2120 – tajo: 1560-1

Calidad de roca: RMR 50
Sección del tajo: 3 x 4.5 m.
Profundidad de taladro: 2:20 m.
Volumen: 29.70 m <sup>3</sup>
Densidad del mineral: 3.4 tn/m <sup>3</sup>
Toneladas rotas: 100.98 tn.
Observaciones: Colapso del sostenimiento del Wood pack, consecuencia de la vibración de la voladura. Se pierde una guardia por rearmado del Wood pack.

*Fuente: Elaboración propia*

**Tabla 16 Nivel 2120 – tajo: 1580**

Calidad de roca: RMR 40
Sección del tajo: 3 x 3.5 m.
Profundidad de taladro: 2:25 m.
Volumen: 23.63 m <sup>3</sup>
Densidad del mineral: 3.3 tn/m <sup>3</sup>
Toneladas rotas: 78.00 tn.
Observaciones: Colapso del sostenimiento del Wood pack, consecuencia de la vibración de la voladura. Se pierde una guardia por rearmado del Wood pack.

*Fuente: Elaboración propia*

**Tabla 17 Nivel 2120 – tajo: 1580-1**

Calidad de roca: RMR 40
Sección del tajo: 3 x 3.0 m.
Profundidad de taladro: 2:25 m.
Volumen: 20.25 m <sup>3</sup>
Densidad del mineral: 3.4 tn/m <sup>3</sup>
Toneladas rotas: 68.85 tn.
Observaciones: Colapso del sostenimiento del Wood pack, consecuencia de la vibración de la voladura. Se pierde una guardia por rearmado del Wood pack.

*Fuente: Elaboración propia*

- **Semana 3**

**Tabla 18** Nivel 2120 – tajo: 1560

Calidad de roca: RMR 45
Sección del tajo: 3 x 4.20 m.
Profundidad de taladro: 2:20 m.
Volumen: 27.72 m <sup>3</sup>
Densidad del mineral: 3.4 tn/m <sup>3</sup>
Toneladas rotas: 94.25 tn.
Observaciones: Colapso del sostenimiento del Wood pack, consecuencia de la vibración de la voladura. Se pierde una guardia por rearmado del Wood pack.

*Fuente: Elaboración propia*

**Tabla 19** Nivel 2120 – tajo: 1560-1

Calidad de roca: RMR 50
Sección del tajo: 3 x 4.5 m.
Profundidad de taladro: 2:25 m.
Volumen: 30.38 m <sup>3</sup>
Densidad del mineral: 3.4 tn/m <sup>3</sup>
Toneladas rotas: 103.28 tn.
Observaciones: Colapso del sostenimiento del Wood pack, consecuencia de la vibración de la voladura. Se pierde una guardia por rearmado del Wood pack.

*Fuente: Elaboración propia*

**Tabla 20** Nivel 2120 – tajo: 1580

Calidad de roca: RMR 40
Sección del tajo: 3 x 3.7 m.
Profundidad de taladro: 2:30 m.
Volumen: 25.53 m <sup>3</sup>
Densidad del mineral: 3.3 tn/m <sup>3</sup>
Toneladas rotas: 84.25 tn.
Observaciones: Colapso del sostenimiento del Wood pack, consecuencia de la vibración de la voladura. Se pierde una guardia por rearmado del Wood pack.

*Fuente: Elaboración propia*

**Tabla 21** Nivel 2120 – tajo: 1580-1

Calidad de roca: RMR 40
Sección del tajo: 3 x 3.20 m.
Profundidad de taladro: 2:30 m.
Volumen: 22.08 m <sup>3</sup>
Densidad del mineral: 3.4 tn/m <sup>3</sup>
Toneladas rotas: 75.07 tn.
Observaciones: Colapso del sostenimiento del Wood pack, consecuencia de la vibración de la voladura. Se pierde una guardia por rearmado del Wood pack.

*Fuente: Elaboración propia*



- **Semana 4**

**Tabla 22** Nivel 2120 – tajo: 1560

Calidad de roca: RMR 45
Sección del tajo: 3 x 4.30 m.
Profundidad de taladro: 2:20 m.
Volumen: 28.38 m <sup>3</sup>
Densidad del mineral: 3.4 tn/m <sup>3</sup>
Toneladas rotas: 96.49 tn.
Observaciones: Colapso del sostenimiento del Wood pack, consecuencia de la vibración de la voladura. Se pierde una guardia por rearmado del Wood pack.

*Fuente: Elaboración propia*

**Tabla 23** Nivel 2120 – tajo: 1560-1

Calidad de roca: RMR 50
Sección del tajo: 3 x 4.4 m.
Profundidad de taladro: 2:25 m.
Volumen: 29.70 m <sup>3</sup>
Densidad del mineral: 3.4 tn/m <sup>3</sup>
Toneladas rotas: 100.98 tn.
Observaciones: Colapso del sostenimiento del Wood pack, consecuencia de la vibración de la voladura. Se pierde una guardia por rearmado del Wood pack.

*Fuente: Elaboración propia*

**Tabla 24 Nivel 2120 – tajo: 1580**

Calidad de roca: RMR 40
Sección del tajo: 3 x 3.9 m.
Profundidad de taladro: 2:30 m.
Volumen: 26.91 m <sup>3</sup>
Densidad del mineral: 3.3 tn/m <sup>3</sup>
Toneladas rotas: 88.80 tn.
Observaciones: Colapso del sostenimiento del Wood pack, consecuencia de la vibración de la voladura. Se pierde una guardia por rearmado del Wood pack.

*Fuente: Elaboración propia*

**Tabla 25 Nivel 2120 – tajo: 1580-1**

Calidad de roca: RMR 40
Sección del tajo: 3 x 3.30 m.
Profundidad de taladro: 2:30 m.
Volumen: 22.77 m <sup>3</sup>
Densidad del mineral: 3.4 tn/m <sup>3</sup>
Toneladas rotas: 77.42 tn.
Observaciones: Colapso del sostenimiento del Wood pack, consecuencia de la vibración de la voladura. Se pierde una guardia por rearmado del Wood pack.

*Fuente: Elaboración propia*

#### **4.2.2. Producción con la implementación del Jack pack**

Con la implementación del Jack pack se logra mejor estabilidad del sostenimiento con el Wood pack, ya que la vibración de la voladura no hace colapsar el cribing de cuartones, a continuación, podemos observar la evaluación de los resultados de cuatro semanas en los tajos del nivel 2120:

## 1. Evaluación de la producción con la implementación del Jack pack

### - Semana 1

Para obtener la información se ha evaluado las operaciones por cada corte en turno diurno y nocturno durante 4 semanas.

**Tabla 26** Nivel 2120 – tajo: 1560

Calidad de roca: RMR 45
Sección del tajo: 3 x 4 m.
Profundidad de taladro: 2:30 m.
Volumen: 27.60 m <sup>3</sup>
Densidad del mineral: 3.4 tn/m <sup>3</sup>
Toneladas rotas: 93.84 tn. x 2 disparos = 187.68 tn.
Observaciones: No colapsa el sostenimiento del Wood pack con la implementación del Jack pack, como consecuencia de la vibración de la voladura. Por lo que se ejecuta un disparo en la guardia de día y otro de noche en total dos disparos

*Fuente: Elaboración propia*

**Tabla 27** Nivel 2120 – tajo: 1560-1

Calidad de roca: RMR 50
Sección del tajo: 3 x 4.5 m.
Profundidad de taladro: 2:30 m.
Volumen: 31.05 m <sup>3</sup>
Densidad del mineral: 3.4 tn/m <sup>3</sup>
Toneladas rotas: 105.57 tn. x 2 disparos = 211.14 tn.
Observaciones: No colapsa el sostenimiento del Wood pack con la implementación del Jack pack, como consecuencia de la vibración de la voladura. Por lo que se ejecuta un disparo en la guardia de día y otro de noche en total dos disparos

*Fuente: Elaboración propia*

**Tabla 28** Nivel 2120 – tajo: 1580

Calidad de roca: RMR 40
Sección del tajo: 3 x 3.5 m.
Profundidad de taladro: 2:30 m.
Volumen: 24.15 m <sup>3</sup>
Densidad del mineral: 3.3 tn/m <sup>3</sup>
Toneladas rotas: 79.70 tn. x 2 disparos = 159.39 tn.
Observaciones: No colapsa el sostenimiento del Wood pack con la implementación del Jack pack, como consecuencia de la vibración de la voladura. Por lo que se ejecuta un disparo en la guardia de día y otro de noche en total dos disparos

*Fuente: Elaboración propia*

**Tabla 29** Nivel 2120 – tajo: 1580-1

Calidad de roca: RMR 40
Sección del tajo: 3 x 3.0 m.
Profundidad de taladro: 2:30 m.
Volumen: 20.70 m <sup>3</sup>
Densidad del mineral: 3.4 tn/m <sup>3</sup>
Toneladas rotas: 70.38 tn. x 2 disparos = 140.76 tn.
Observaciones: No colapsa el sostenimiento del Wood pack con la implementación del Jack pack, como consecuencia de la vibración de la voladura. Por lo que se ejecuta un disparo en la guardia de día y otro de noche en total dos disparos

*Fuente: Elaboración propia*

- **Semana 2**

**Tabla 30** Nivel 2120 – tajo: 1560

Calidad de roca: RMR 45
Sección del tajo: 3 x 4 m.
Profundidad de taladro: 2:30 m.
Volumen: 27.60 m <sup>3</sup>
Densidad del mineral: 3.4 tn/m <sup>3</sup>
Toneladas rotas: 93.84 tn. = 187.68 tn.
Observaciones: No colapsa el sostenimiento del Wood pack con la implementación del Jack pack, como consecuencia de la vibración de la voladura. Por lo que se ejecuta un disparo en la guardia de día y otro de noche en total dos disparos

*Fuente: Elaboración propia*

**Tabla 31** Nivel 2120 – tajo: 1560-1

Calidad de roca: RMR 50
Sección del tajo: 3 x 4.5 m.
Profundidad de taladro: 2:30 m.
Volumen: 31.05 m <sup>3</sup>
Densidad del mineral: 3.4 tn/m <sup>3</sup>
Toneladas rotas: 105.57 tn. x 2 disparos = 211.14 tn.
Observaciones: Colapso del sostenimiento del Wood pack, consecuencia de la vibración de la voladura. Se pierde una guardia por rearmado del Wood pack.

*Fuente: Elaboración propia*

**Tabla 32 Nivel 2120 – tajo: 1580**

Calidad de roca: RMR 40
Sección del tajo: 3 x 3.5 m.
Profundidad de taladro: 2:30 m.
Volumen: 24.15 m <sup>3</sup>
Densidad del mineral: 3.3 tn/m <sup>3</sup>
Toneladas rotas: 79.70 tn. x 2 disparos = 159.40 tn.
Observaciones: No colapsa el sostenimiento del Wood pack con la implementación del Jack pack, como consecuencia de la vibración de la voladura. Por lo que se ejecuta un disparo en la guardia de día y otro de noche en total dos disparos

*Fuente: Elaboración propia*

**Tabla 33 Nivel 2120 – tajo: 1580-1**

Calidad de roca: RMR 40
Sección del tajo: 3 x 3.0 m.
Profundidad de taladro: 2:30 m.
Volumen: 20.70 m <sup>3</sup>
Densidad del mineral: 3.4 tn/m <sup>3</sup>
Toneladas rotas: 70.38 tn. x 2 disparos = 140.76 tn.
Observaciones: No colapsa el sostenimiento del Wood pack con la implementación del Jack pack, como consecuencia de la vibración de la voladura. Por lo que se ejecuta un disparo en la guardia de día y otro de noche en total dos disparos

*Fuente: Elaboración propia*

- **Semana 3**

**Tabla 34** Nivel 2120 – tajo: 1560

Calidad de roca: RMR 45
Sección del tajo: 3 x 4.20 m.
Profundidad de taladro: 2:30 m.
Volumen: 28.98 m <sup>3</sup>
Densidad del mineral: 3.4 tn/m <sup>3</sup>
Toneladas rotas: 98.53 tn. x 2 disparos = 197.06 tn.
Observaciones: No colapsa el sostenimiento del Wood pack con la implementación del Jack pack, como consecuencia de la vibración de la voladura. Por lo que se ejecuta un disparo en la guardia de día y otro de noche en total dos disparos

*Fuente: Elaboración propia*

**Tabla 35** Nivel 2120 – tajo: 1560-1

Calidad de roca: RMR 50
Sección del tajo: 3 x 4.5 m.
Profundidad de taladro: 2:30 m.
Volumen: 31.05 m <sup>3</sup>
Densidad del mineral: 3.4 tn/m <sup>3</sup>
Toneladas rotas: 105.57 tn. x 2 disparos = 211.14 tn.
Observaciones: Colapso del sostenimiento del Wood pack, consecuencia de la vibración de la voladura. Se pierde una guardia por rearmado del Wood pack.

*Fuente: Elaboración propia*

**Tabla 36** Nivel 2120 – tajo: 1580

Calidad de roca: RMR 40
Sección del tajo: 3 x 3.7 m.
Profundidad de taladro: 2:30 m.
Volumen: 25.53 m <sup>3</sup>
Densidad del mineral: 3.3 tn/m <sup>3</sup>
Toneladas rotas: 84.25 tn. x 2 disparos = 168.50 tn.
Observaciones: No colapsa el sostenimiento del Wood pack con la implementación del Jack pack, como consecuencia de la vibración de la voladura. Por lo que se ejecuta un disparo en la guardia de día y otro de noche en total dos disparos

*Fuente: Elaboración propia*

**Tabla 37** Nivel 2120 – tajo: 1580-1

Calidad de roca: RMR 40
Sección del tajo: 3 x 3.20 m.
Profundidad de taladro: 2:30 m.
Volumen: 22.08 m <sup>3</sup>
Densidad del mineral: 3.4 tn/m <sup>3</sup>
Toneladas rotas: 75.07 tn. x 2 disparos = 150.14 tn.
Observaciones: No colapsa el sostenimiento del Wood pack con la implementación del Jack pack, como consecuencia de la vibración de la voladura. Por lo que se ejecuta un disparo en la guardia de día y otro de noche en total dos disparos

*Fuente: Elaboración propia*



- **Semana 4**

**Tabla 38** Nivel 2120 – tajo: 1560

Calidad de roca: RMR 45
Sección del tajo: 3 x 4.30 m.
Profundidad de taladro: 2:30 m.
Volumen: 29.67 m <sup>3</sup>
Densidad del mineral: 3.4 tn/m <sup>3</sup>
Toneladas rotas: 100.88 tn. x 2 disparos = 201.76 tn.
Observaciones: No colapsa el sostenimiento del Wood pack con la implementación del Jack pack, como consecuencia de la vibración de la voladura. Por lo que se ejecuta un disparo en la guardia de día y otro de noche en total dos disparos

*Fuente: Elaboración propia*

**Tabla 39** Nivel 2120 – tajo: 1560-1

Calidad de roca: RMR 50
Sección del tajo: 3 x 4.4 m.
Profundidad de taladro: 2:30 m.
Volumen: 30.36 m <sup>3</sup>
Densidad del mineral: 3.4 tn/m <sup>3</sup>
Toneladas rotas: 103.22 tn. x 2 disparos = 206.45 tn.
Observaciones: No colapsa el sostenimiento del Wood pack con la implementación del Jack pack, como consecuencia de la vibración de la voladura. Por lo que se ejecuta un disparo en la guardia de día y otro de noche en total dos disparos

*Fuente: Elaboración propia*

**Tabla 40** Nivel 2120 – tajo: 1580

Calidad de roca: RMR 40
Sección del tajo: 3 x 3.9 m.
Profundidad de taladro: 2:30 m.
Volumen: 26.91 m <sup>3</sup>
Densidad del mineral: 3.3 tn/m <sup>3</sup>
Toneladas rotas: 88.80 tn. x 2 disparos = 177.61 tn.
Observaciones: No colapsa el sostenimiento del Wood pack con la implementación del Jack pack, como consecuencia de la vibración de la voladura. Por lo que se ejecuta un disparo en la guardia de día y otro de noche en total dos disparos

*Fuente: Elaboración propia*

**Tabla 41** Nivel 2120 – tajo: 1580-1

Calidad de roca: RMR 40
Sección del tajo: 3 x 3.30 m.
Profundidad de taladro: 2:30 m.
Volumen: 22.77 m <sup>3</sup>
Densidad del mineral: 3.4 tn/m <sup>3</sup>
Toneladas rotas: 77.42 tn. x 2 disparos = 154.84 tn.
Observaciones: No colapsa el sostenimiento del Wood pack con la implementación del Jack pack, como consecuencia de la vibración de la voladura. Por lo que se ejecuta un disparo en la guardia de día y otro de noche en total dos disparos.

*Fuente: Elaboración propia*

#### **4.2.3. Análisis e interpretación de resultados de la producción**

##### **1. Producción con el sostenimiento Wood pack**

###### **a. Tajo 1560**

Se realiza un solo disparo por día por el colapso del Wood pack, en la guardia noche se reconstruye este sostenimiento y todo el

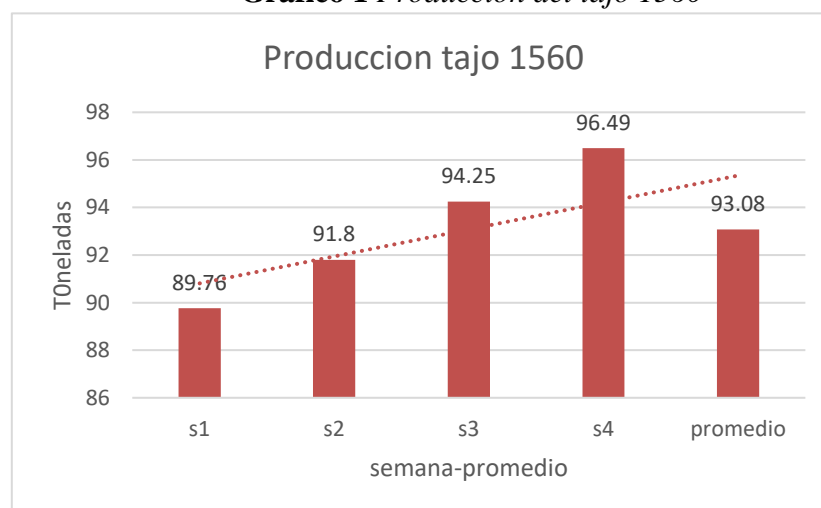
ciclo de explotación es en una semana.

**Tabla 42** Producción del tajo 1560

Semana	Producción (toneladas)
Semana 1	89.76
Semana 2	91.80
Semana 3	94.25
Semana 4	96.49
Promedio de producción	<b>93.08</b>

*Fuente: Elaboración propia*

**Gráfico 1** Producción del tajo 1560



*Fuente: Elaboración propia*

Del gráfico 1 se puede interpretar que la producción de los cuatro semanas, en el tajo 1560 se tiene un promedio de 93.08 toneladas de producción por semana, considerando que por día se tiene un solo disparo por el colapso del Wood pack como consecuencia de la vibración de la voladura.

**b. Tajo 1560-1**

Se realiza un solo disparo por día por el colapso del Wood pack, en la guardia noche se reconstruye este sostenimiento y todo el

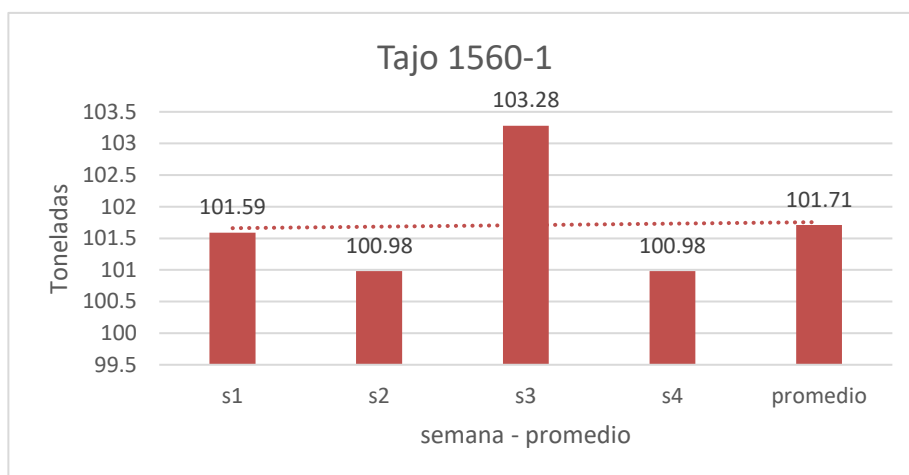
ciclo de explotación es en una semana.

**Tabla 43** Producción del tajo 1560-1

Semana	Producción (toneladas)
Semana 1	101.59
Semana 2	100.98
Semana 3	103.28
Semana 4	100.98
Promedio de producción	<b>101.71</b>

*Fuente: Elaboración propia*

**Gráfico 2** Producción del tajo 1560-1



*Fuente: Elaboración propia*

Del gráfico 2 se puede interpretar que la producción de los cuatro semanas, en el tajo 1560-1 se tiene un promedio de 101.71 toneladas de producción por semana, considerando que por día se tiene un solo disparo por el colapso del Wood pack como consecuencia de la vibración de la voladura.

**c. Tajo 1580**

Se realiza un solo disparo por día por el colapso del Wood pack, en la guardia noche se reconstruye este sostenimiento y todo el

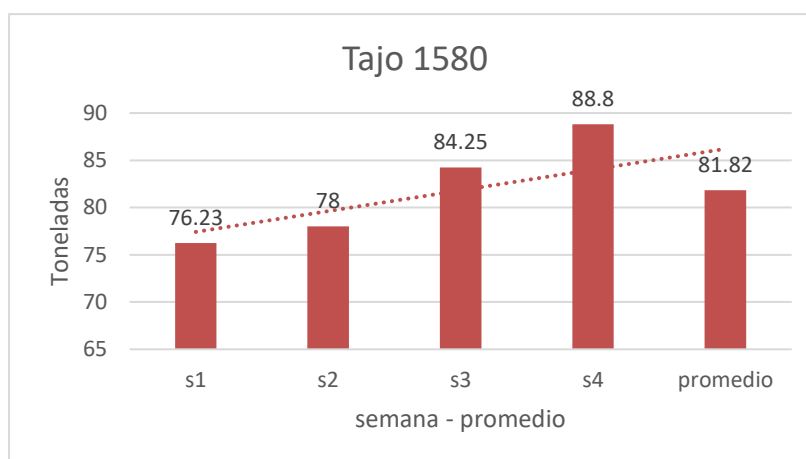
ciclo de explotación es en una semana.

**Tabla 44** Producción del tajo 1580

Semana	Producción (toneladas)
Semana 1	76.23
Semana 2	78.00
Semana 3	84.25
Semana 4	88.80
Promedio de producción	<b>81.82</b>

*Fuente: Elaboración propia*

**Gráfico 3** Producción del tajo 1580



*Fuente: Elaboración propia*

Del gráfico 3 se puede interpretar que la producción de los cuatro semanas, en el tajo 1580 se tiene un promedio de 81.82 toneladas de producción por semana, considerando que por día se tiene un solo disparo por el colapso del Wood pack como consecuencia de la vibración de la voladura.

**d. Tajo 1580-1**

Se realiza un solo disparo por día por el colapso del Wood pack, en la guardia noche se reconstruye este sostenimiento y todo el

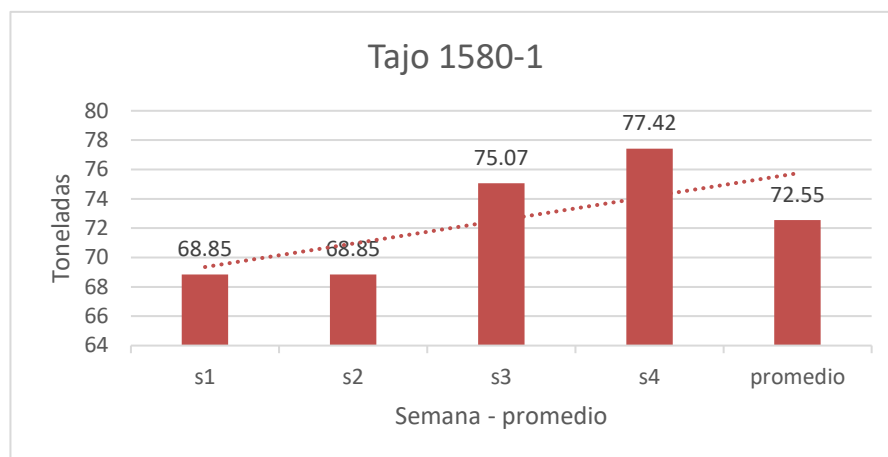
ciclo de explotación es en una semana.

**Tabla 45** Producción del tajo 1580-1

Semana	Producción (toneladas)
Semana 1	68.85
Semana 2	68.85
Semana 3	75.07
Semana 4	77.42
Promedio de producción	<b>72.55</b>

*Fuente: Elaboración propia*

**Gráfico 4** Producción del tajo 1580-1



*Fuente: Elaboración propia*

Del gráfico 4 se puede interpretar que la producción de los cuatro semanas, en el tajo 1580-1 se tiene un promedio de 72.55 toneladas de producción por semana, considerando que por día se tiene un solo disparo por el colapso del Wood pack como consecuencia de la vibración de la voladura.

## 2. Producción con la implementación del Jack pack

### a. Tajo 1560

Se realiza dos disparos por día con la implementación del Jack

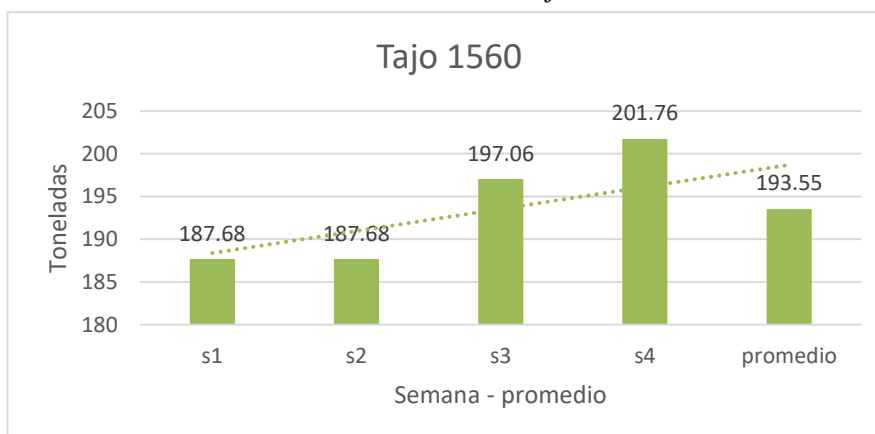
pack no colapsa el sostenimiento por la vibración de la voladura permitiendo ejecutar dos disparos por día.

**Tabla 46** Producción del tajo con implementación 1560

Semana	Producción (toneladas)
Semana 1	187.68
Semana 2	187.68
Semana 3	197.06
Semana 4	201.76
Promedio de producción	<b>193.55</b>

*Fuente: Elaboración propia*

**Gráfico 5** Producción del tajo 1560 con



*implementación*

*Fuente: Elaboración propia*

Del gráfico 5 se puede interpretar que la producción de los cuatro semanas, en el tajo 1560 se tiene un promedio de 193.55 toneladas de producción por semana, considerando que por día se tiene dos disparos. Este resultado es debido a la implementación del Jack pack que ya no se tiene el colapso del Wood pack por la vibración de la voladura.

**b. Tajo 1560-1**

Se realiza dos disparos por día con la implementación del Jack pack no colapsa el sostenimiento por la vibración de la voladura

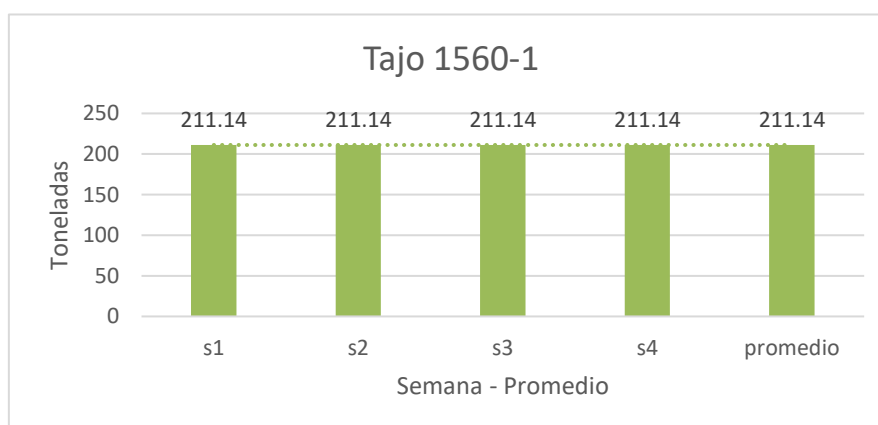
permitiendo ejecutar dos disparos por día.

**Tabla 47** Producción del tajo con implementación

Semana	Producción (toneladas)
Semana 1	211.14
Semana 2	211.14
Semana 3	211.14
Semana 4	211.14
Promedio de producción	<b>211.14</b>

*Fuente: Elaboración propia*

**Gráfico 6** Producción del tajo 1560-1 con implementación



*Fuente: Elaboración propia*

Del gráfico 6 se puede interpretar que la producción de los cuatro semanas, en el tajo 1560-1 se tiene un promedio de 211.14 toneladas de producción por semana, considerando que por día se tiene dos disparos. Este resultado es debido a la implementación del Jack pack que ya no se tiene el colapso del Wood pack por la vibración de la voladura.

**c. Tajo 1580**



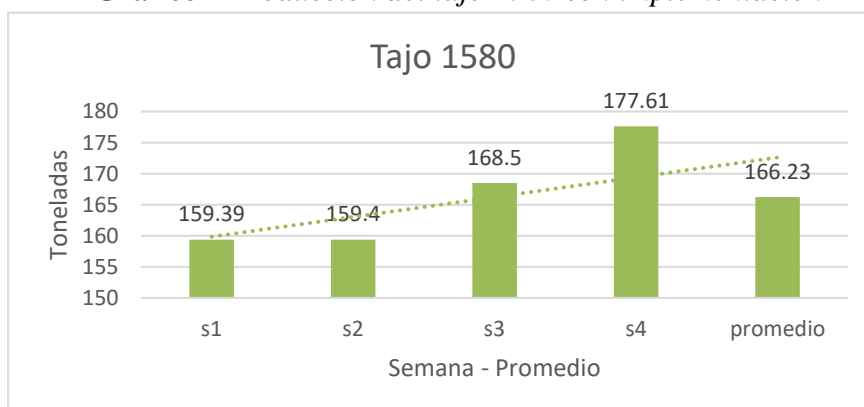
Se realiza dos disparos por día con la implementación del Jack pack no colapsa el sostenimiento por la vibración de la voladura permitiendo ejecutar dos disparos por día.

**Tabla 48** Producción del tajo con implementación 1580

Semana	Producción (toneladas)
Semana 1	159.39
Semana 2	159.40
Semana 3	168.50
Semana 4	177.61
Promedio de producción	<b>166.23</b>

*Fuente: Elaboración propia*

**Gráfico 7** Producción del tajo 1580 con implementación



*Fuente: Elaboración propia*

Del gráfico 6 se puede interpretar que la producción de los cuatro semanas, en el tajo 1580 se tiene un promedio de 166.23 toneladas de producción por semana, considerando que por día se tiene dos disparos. Este resultado es debido a la implementación del Jack pack que ya no se tiene el colapso del Wood pack por la vibración de la voladura.

**d. Tajo 1580-1**

Se realiza dos disparos por día con la implementación del Jack

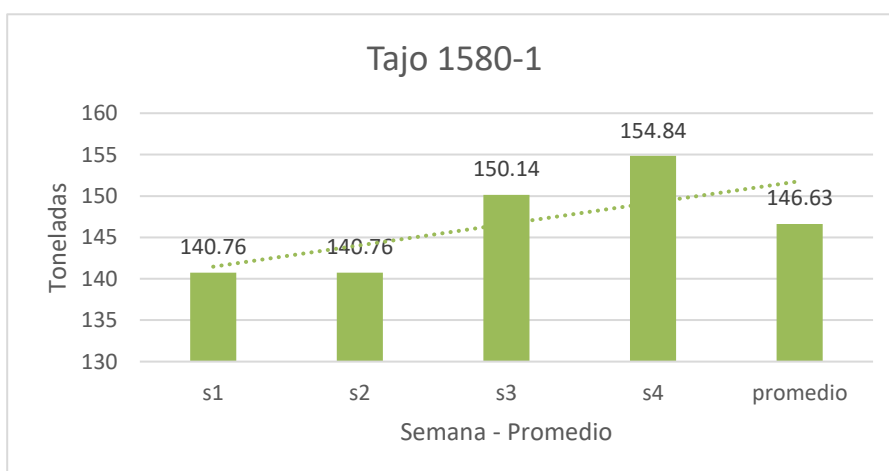
pack no colapsa el sostenimiento por la vibración de la voladura permitiendo ejecutar dos disparos por día.

**Tabla 49** Producción del tajo con implementación 1580-1

Semana	Producción (toneladas)
Semana 1	140.76
Semana 2	140.76
Semana 3	150.14
Semana 4	154.84
Promedio de producción	<b>146.63</b>

*Fuente: Elaboración propia*

**Gráfico 8** Producción del tajo 1580-1 con implementación



*Fuente: Elaboración propia*

Del gráfico 8 se puede interpretar que la producción de los cuatro semanas, en el tajo 1580-1 se tiene un promedio de 146.63 toneladas de producción por semana, considerando que por día se tiene dos disparos. Este resultado es debido a la implementación del Jack pack que ya no se tiene el colapso del Wood pack por la vibración de la voladura.

### 3. Promedios de producción de tajos

#### a. Sostenimiento con el Wood pack

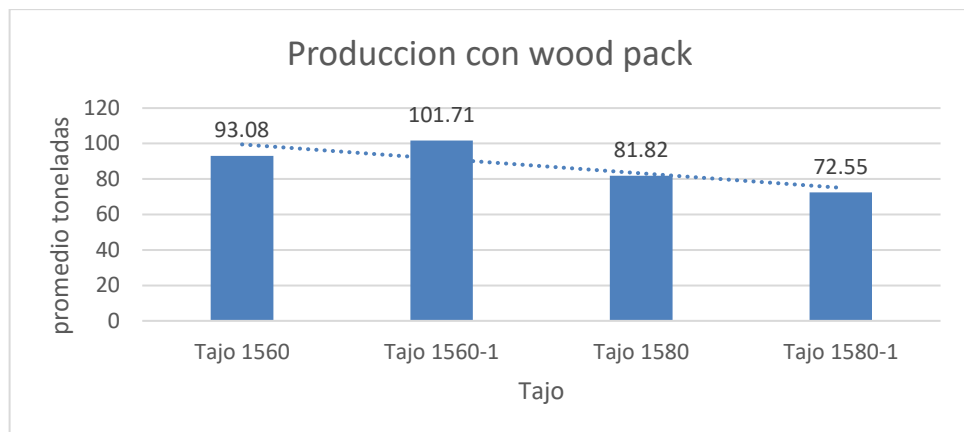
Los promedios de producción de los diferentes tajos analizados para la investigación, se tiene en la siguiente tabla.

**Tabla 50** Promedios de producción de tajos con Wood pack

Nv. 2120 Tajos	Promedio (toneladas)
Tajo 1560	93.08
Tajo 1560-1	101.71
Tajo 1580	81.82
Tajo 1580-1	72.55

*Fuente: Elaboración propia*

**Gráfico 9** Promedio de producción con Wood pack



*Fuente: Elaboración propia*

En el gráfico 9 se presentan los promedios de producción de los tajos evaluados durante cuatro semanas, como sostenimiento se utilizó solamente el Wood pack como consecuencia se tienen colapsos de este sostenimiento debido a la vibración de la voladura. Por tal circunstancia se tiene un solo disparo por día.

#### b. Sostenimiento con la implementación del Jack pack

Los promedios de producción de los diferentes tajos analizados,

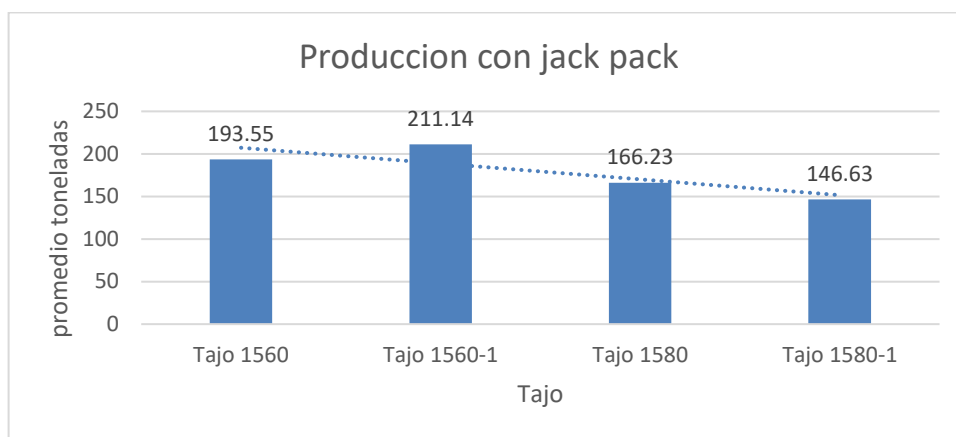
resultados de la implementación del Jack pack, se tiene en la siguiente tabla.

**Tabla 51** Promedios de producción de tajos con Jack pack

Nv. 2120 Tajos	Promedio (toneladas)
Tajo 1560	193.55
Tajo 1560-1	211.14
Tajo 1580	166.23
Tajo 1580-1	146.63

*Fuente: Elaboración propia*

**Gráfico 10** Promedio de producción con jack pack



*Fuente: Elaboración propia*

En el gráfico 10 se presentan los promedios de producción de los tajos evaluados durante cuatro semanas, como sostenimiento se implementó el Jack pack al sostenimiento del Wood pack como consecuencia no se tuvo colapsos del sostenimiento debido a la vibración de la voladura. Por tal circunstancia se tiene dos disparos por día.

### c. Análisis de producción

Para lograr la relación que existe en la producción de los tajos sin la implementación del Jack pack y con la implementación del

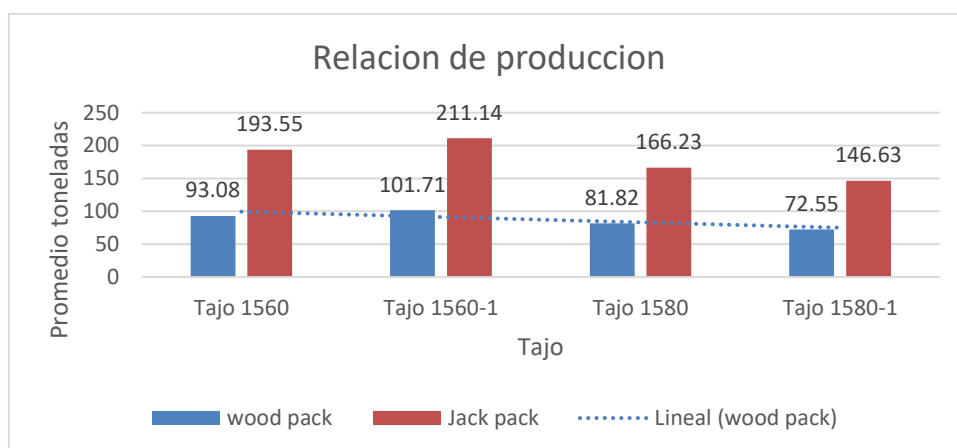
mismo analizamos los resultados evaluados en las cuatro semanas.

**Tabla 52** *Relación de producción*

Nv. 2120 Tajos	Wood pack (tn.)	Jack pack (tn.)
Tajo 1560	93.08	193.55
Tajo 1560-1	101.71	211.14
Tajo 1580	81.82	166.23
Tajo 1580-1	72.55	146.63

*Fuente: Elaboración propia*

**Gráfico 11** *Relación de producción*



*Fuente: Elaboración propia*

En el grafico 11 se presenta los promedios de producción de los tajos evaluados durante cuatro semanas, como sostenimiento con el Wood pack y con la implementación del Jack pack como consecuencia no se tuvo colapsos del sostenimiento debido a la vibración de la voladura. Por tal circunstancia se tiene dos disparos por día. Se puede apreciar la relación de la producción donde se puede notar que la producción con la implementación del Jack es muy significativa incrementándose a un 102.75 % la

producción en relación con ambos sostenimientos.

### **4.3. Prueba de Hipótesis**

#### **4.3.1. Hipótesis general**

Se planteo la siguiente hipótesis “La implementación del sostenimiento con el Jack pack nos permite incrementar la producción de mineral de los tajos en la compañía minera Poderosa”

Tal como se muestra en los análisis e interpretación de los datos evaluados se tiene un significativo incremento en la producción de los tajos tal como se puede observar en el gráfico 11 relación de producción, con la implementación del Jack pack se tiene un incremento en la producción de mineral del 102.75 %. Quedando demostrado la hipótesis planteada.

#### **4.3.2. Hipótesis específicas**

##### **a) Prueba de la primera hipótesis específica**

La primera hipótesis específica plantea: “Con la implementación del sostenimiento con el Jack pack se estabiliza el Wood pack permitiendo recuperar los pilares para incrementar la producción de mineral de los tajos en la compañía minera Poderosa”

De acuerdo con a las evaluaciones realizadas durante cuatro semanas primeramente de línea base, se evaluó los resultados de las voladuras de la recuperación de los pilares con el sostenimiento del Wood pack y en las siguientes cuatro semanas se realizó las evaluaciones de los resultados de la recuperación de pilares con la implementación del Jack pack; que luego de efectuar el proceso de análisis y evaluación correspondiente se demuestra que, con la implementación del Jack pack se estabiliza el Wood pack, se nota que después de cada voladura

no colapsa el Wood pack debido a la vibración del disparo. Esto permite realizar dos disparos por día ya que en el primer caso por cada voladura colapsaba el Wood pack perdiendo toda una guardia en la reconstrucción de este sostenimiento. Por lo tanto, queda demostrada la primera hipótesis específica.

**b) Prueba de la segunda hipótesis específica**

La segunda hipótesis específica plantea: “Con la implementación del sostenimiento con el Jack pack se reemplaza los pilares de los tajos del método de explotación permitiendo incrementar la producción de mineral en la compañía minera Poderosa”. De acuerdo con a las evaluaciones realizadas durante cuatro semanas primeramente de línea base, se evaluó los resultados de la producción de mineral de la recuperación de los pilares con el sostenimiento del Wood pack y en las siguientes cuatro semanas se realizó las evaluaciones de los resultados de la producción de mineral en la recuperación de pilares con la implementación del Jack pack; que luego de efectuar el proceso de análisis y evaluación correspondiente se demuestra que, con la implementación del Jack pack se realiza dos disparos por día ya que en el primer caso solo se realizaba un disparo por día. Por lo tanto, el incremento de la producción de mineral es muy significativo, quedando demostrada la segunda hipótesis específica.

**4.4. Discusión de resultados**

En relación con el título de la investigación “Implementación del Sostenimiento con el Jack pack para Incrementar la Producción de Mineral en los Tajos de la Compañía Minera Poderosa S.A.”

Se obtiene resultados bastante significativos, desde el punto de vista en un incremento de la producción de mineral, así como de la estabilización del Wood pack, estos resultados se pueden observar claramente en la tabla 18.

**Tabla 53** *Comparación de producción*

Nv. 2120 Tajos	Wood pack (tn.)	Jack pack (tn.)
Tajo 1560	93.08	193.55
Tajo 1560-1	101.71	211.14
Tajo 1580	81.82	166.23
Tajo 1580-1	72.55	146.63
Sostenimiento	Colapsa el Wood pack en todas las voladuras	No colapsa el sostenimiento en las voladuras con la implementación del Jack pack.

*Fuente: Elaboración propia*

A partir de los resultados obtenidos en la investigación, de la tabla 18 podemos deducir:

- Con la implementación del Jack pack en la recuperación de pilares de los tajos para incrementar la producción de mineral. Como resultado luego del análisis y evaluaciones de la información se puede notar que ya no se tiene colapso del sostenimiento con el Wood pack, logrando estabilizar este cribing de cuartones.
- Utilizando como sostenimiento el Wood pack en la recuperación de pilares se lograba solamente un disparo por día, ya que después de cada voladura en el tajo colapsaba el sostenimiento debido a la vibración de la voladura, como consecuencia se tenía un retraso significativo en la producción de mineral.
- Con la implementación del Jack pack se logra efectuar dos disparos por día en la recuperación de pilares del tajo, debido a que el Wood pack ya no colapsa por la vibración de la voladura, ya que se perdía toda una guardia al



reconstruir el sostenimiento de los tajos; como resultado se obtiene un incremento muy significativo de la producción de mineral en la recuperación de pilares.

- Con la implementación del Jack pack se logra incrementar la producción de mineral en la recuperación de pilares, se obtiene un resultado muy significativo con un incremento del 102.75 %, utilizando solamente el Wood pack en el sostenimiento de los pilares se produce un promedio de 349.16 toneladas de mineral por semana en los cuatro tajos evaluados; al implementar el Jack pack como estabilizador del Wood pack se logra una producción promedio de 717.55 toneladas de mineral por semana en los cuatro tajos evaluados.
- Con el sostenimiento del Wood pack en la recuperación de pilares se obtiene de acuerdo con la evaluación de los resultados en el nivel 2120, tajo 1560, 1565, 1570 y 1575 durante cuatro semanas se tiene un solo disparo por día; se obtiene un promedio de 93.08, 101.71, 81.82 y 72.55 toneladas de mineral/semana, respectivamente.
- Con la implementación del Jack pack en la recuperación de pilares se obtiene de acuerdo con la evaluación de los resultados en el nivel 2120, tajo 1560, 1565, 1570 y 1575 durante cuatro semanas se tiene dos disparos por día; se obtiene un promedio de 193.55, 211.14, 166.23 y 146.63 toneladas de mineral/semana, respectivamente. Se tiene un incremento muy significativo en la producción de mineral en la recuperación de pilares de los diferentes tajos.

## CONCLUSIONES

1. Utilizando como sostenimiento el Wood pack en la recuperación de pilares se logra solamente un disparo por día, ya que después de cada voladura en el tajo colapsa este tipo de sostenimiento debido a la vibración de la voladura, como consecuencia se tenía un retraso significativo en la producción de mineral.
2. Con la implementación del Jack pack para la recuperación de pilares de los tajos para incrementar la producción de mineral, se estabiliza el sostenimiento del Wood pack, después de cada voladura ya no colapsa este sostenimiento, debido a la vibración del disparo.
3. Con la implementación del Jack pack para la recuperación de pilares de los tajos para incrementar la producción de mineral se logra efectuar dos disparos por día, a consecuencia a que el Wood pack ya no colapsa por la vibración de la voladura; como resultado se obtiene un incremento muy significativo de la producción de mineral.
4. Con el sostenimiento del Wood pack para la recuperación de pilares en el nivel 2120 en los tajos 1560, 1560-1, 1580 y 1580-1 de acuerdo con la evaluación de los resultados durante cuatro semanas; se obtiene un promedio de 93.08, 101.71, 81.82 y 72.55 toneladas de mineral/semana, respectivamente.
5. Con la implementación del Jack pack para la recuperación de pilares en el nivel 2120 en los tajos 1560, 1560-1, 1580 y 1580-1 de acuerdo con la evaluación de los resultados durante cuatro semanas; se obtiene un promedio de 193.55, 211.14, 166.23 y 146.63 toneladas de mineral/semana, respectivamente.
6. Finalmente se concluye que con la implementación del Jack pack se logra incrementar la producción de mineral en la recuperación de pilares, se obtiene un resultado muy significativo con un incremento del 102.75 %; utilizando solamente

el Wood pack en el sostenimiento de los pilares se produce un promedio de 349.16 toneladas de mineral por semana en los cuatro tajos evaluados; al implementar el Jack pack como estabilizador del Wood pack se logra una producción promedio de 717.55 toneladas de mineral por semana en los cuatro tajos evaluados.

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar periódicamente monitoreos en la instalación del Wood pack y Jack pack para garantizar un eficiente trabajo de este tipo de sostenimiento para poder cumplir con el programa de producción de mineral, ya que se nota mucha confianza de los operadores en la instalación.
2. Se recomienda controlar el cumplimiento del programa de suministro de los materiales de sostenimiento como los cuarterones y el transporte estandarizado del Jack pack, a falta de estos elementos se retrasa el sostenimiento dificultando el cumplimiento de la producción.
3. Se recomienda implementar un programa integral de capacitación, tal que el personal del área tenga el conocimiento pleno de la instalación de este tipo de sostenimiento, de esta manera los operadores tendrán los estándares correctos para la instalación con procesos en el trabajo seguro.
4. Se recomienda que el área de geotecnia debe realizar continuamente el estudio de la zona mineralizada en producción para determinar la altura de corte de cada tajo y preparar los elementos de sostenimiento anticipadamente; considerando las normas legales vigentes.
5. Se recomienda actualizar permanentemente el IPERC continuo, para este tipo de trabajo ya que las condiciones geomecánicas del yacimiento es cambiante por cada cierto tramo y contar con este documento de gestión de seguridad bastante real para la seguridad del operador y magnitud del sostenimiento.
6. Se recomienda tener en consideración los resultados obtenidos para otras investigaciones en donde se labore en el área de sostenimiento en la recuperación de pilares.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Hernández, R. & Fernández, C. (2008). *Metodología de la Investigación*. 2ª edición. México, editorial Mc Graw Hill.
2. Amalla, P. (2011). *Guía para Redactar Proyectos e Informes de Investigación*. 2ª ed., Lima – Perú, editorial Universo.
3. Cruz, I. (2013). *Identificación de los Problemas del Terreno*. Perú, editorial Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía.
4. Goetsch, D. (2013). *Occupational Health and Safety*. USA, Editorial Prentice Hall.
5. Briceno, E. (2010). *Técnicas Prácticas en Sostenimiento mecanizado*. Lima-Perú, Editorial Instituto de Seguridad Minera.
6. Alfaro, M. & Becerra, A. (2011). *Procesos de Sostenimiento*. Lima-Perú, Editorial Instituto de Ingenieros del Perú.
7. Decreto Supremo N° 055-2010 E.M. *Reglamento de Seguridad*. Lima- Perú.
8. Decreto Supremo N° 024-2016 E.M. *Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería*. Lima-Perú.
9. Cía. Minera Volcan. (2014). *Proyecto de Sostenimiento mecanizado*. Pasco-Perú, Área de Planeamiento.
10. Ley 29783 - 2010. *Seguridad y Salud en el Trabajo*. Lima-Perú

### **Páginas de Internet:**

- ✓ Zevallos, R. (2014). *Seguridad Industrial*. Recuperado de:  
<http://seguridadindustrialapuntos.blogspot.com/2009/03/conceptos>.
- ✓ Saavedra, P. (2014). *Accidentes*. Recuperado de:  
[www.sigweb.cl/biblioteca/PeoresAccidentesMinerosChile.pdf](http://www.sigweb.cl/biblioteca/PeoresAccidentesMinerosChile.pdf).

- ✓ Madera, J. (2015). *Sostenimiento en minería*. Recuperado de:  
[https://www.fraternidad.com/descargas/sostenimiento\\_22.pdf](https://www.fraternidad.com/descargas/sostenimiento_22.pdf)
- ✓ Tomal, L. (2015). *Normativa de Seguridad Minera*. Recuperado de:  
[www.sernageomin.cl/.../mineria/sostenimiento/NormativaMinera](http://www.sernageomin.cl/.../mineria/sostenimiento/NormativaMinera).
- ✓ Moretti, S. (2016). ISO 9001, *Gestión de Calidad*. Recuperado de:  
[www.lrqa.es/certificaciones/iso-9001-norma-calidad/](http://www.lrqa.es/certificaciones/iso-9001-norma-calidad/)
- ✓ Moretti, S. (2016). ISO 14001, *Gestión Ambiental*. Recuperado de:  
[www.lrqa.es/certificaciones/iso-14001-medioambiente/](http://www.lrqa.es/certificaciones/iso-14001-medioambiente/)
- ✓ Moretti, S. (2016). OHSAS 18001, *Seguridad y Salud Ocup.* Recuperado de:  
[www.bsigroup.com/es-MX/bsohsas18001-salud-seguridad-ocupacional/](http://www.bsigroup.com/es-MX/bsohsas18001-salud-seguridad-ocupacional/)
- ✓ Hernández, P. (2017). *Gestión Integral*. Recuperado de:  
[www.casadellibro.com/libro-sostenimiento/871078](http://www.casadellibro.com/libro-sostenimiento/871078)

## **ANEXOS**

# INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS

## Cartilla geomecánica labores de avance y explotación

### CARTILLA GEOMECAICA PARA LABORES DE EXPLOTACION Y AVANCES

<b>PODEROSA</b> LABORES DE EXPLOTACION Y AVANCES Condición Superficial (Golpes de picota)				
Índice de Resistencia Geológica (GSI)	Se Rompe	Se Rompe	Se Indenta	Se Indenta
ESTRUCTURA Grado de fracturamiento Se basa en la cantidad de fracturas por metro cuadrado, medidas sobre un diámetro.	B	R	P	MP
Condición Estructural - Fracturación	Buena	Regular	Pobre	Muy Pobre
LF 2 a 5 Levemente Fracturada	LF/B	LF/R	-	
F 6 a 11 Moderadamente Fracturada	F/B	F/R	F/P	-
MF 12 a 20 Muy Fracturada	MF/B	MF/R	MF/P	-
IF >20 Intensamente Fracturada	IF/B	IF/R	IF/P	-

TIPOS DE SOSTENIMIENTO LABORES DE EXPLOTACION (Tojos) (TEMPORALES < 1 AÑO) desde 1.5 x 1.5 hasta 3.0 x 3.0 m BUZAMIENTO DE VETA > 45°		
CONDICION DE CALIDAD	ANCHO DE MINADO > 2.4m	ANCHO DE MINADO <= 2.4m
A	Split Set de 7' sist. según estándar en caja techo piso y zona mineralizada.	Puntal c/ jackpot sist. esp. a 1.8m en las cajas + split set sist. esp. 3.0m.
B	Split Set de 7' sist. según estándar en caja techo piso y zona mineralizada.	Puntal c/ jackpot sist. esp. a 1.50m según estándar en la caja techo - piso y zona mineralizada.
C	Split Set sist. + malla electrosoldada según estándar en caja techo piso y zona mineralizada.	Puntal c/ jackpot sist. esp. 1.30m en las cajas + Split Set sist. de 5'. esp. a 1.20m en zona mineralizada.
D	Perno Helicoidal sist. + malla electrosoldada según estándar en caja techo piso y zona mineralizada.	Perno Helicoidal sist. + malla electros. en cajas y zona mineralizada, en labas cajas reforzar con puntales c/ jackpot donde requiere.
E	Cuadros de madera según estándar con guarda cabeza en dirección al minado.	Cuadros de madera esp. 1.50 m con guarda cabeza en dirección al minado.
F	Cuadros de madera esp. 1.00m con manchoncillos en dirección al minado.	Cuadros de madera esp. 1.0m con guarda cabeza en dirección al minado.

**BUZAMIENTO DE VETA < 45°**

CONDICION DE CALIDAD	ANCHO DE MINADO > 2.4M	ANCHO DE MINADO (1.5M A 2.4M)
A	Split Set sist. long. según sección esp. a 1.5m reforzado con Wood Pack 2x2m sist. esp. a 3.0m.	Puntal sist. esp. a 1.80m. Reforzar con Wood Pack 1x1m sist. esp. a 3.0m.
B	Split Set sist. long. según sección esp. a 1.5m reforzado con Woodpack 2x2m sist. esp. a 3.0m.	Puntal c/ jackpot sist. esp. a 1.50 m. Reforzar con Woodpack 1x1m donde lo requiere.
C	Pernos Helicoidales y/o Split Set long. según sección esp. 1.30m reforzado con Woodpack 1x1m sist. esp. a 3.0m.	Puntal c/ jackpot sist. esp. a 1.30m. Reforzar con Woodpack 1x1m sist. esp. a 3.0m.
D	Pernos Helicoidales según sección esp. 1.30m reforzado con Woodpack 1x1m sist. esp. a 3.0m.	Cuadro de madera esp. a 1.30m con guarda cabeza en dirección al minado reforzado con cribbing sist. esp. 2.0m.
E	Cuadro de madera esp. a 1.00m con guarda cabeza en dirección al minado reforzado con cribbing sist. esp. 2.0m.	Cuadro de madera esp. a 1.00m con guarda cabeza en dirección al minado reforzado con cribbing sist. esp. 2.0m.
F	Cuadro de madera esp. a 1.00m con guarda cabeza en dirección al minado reforzado con cribbing sist. esp. 2.0m.	Cuadro de madera esp. a 1.00m con guarda cabeza en dirección al minado reforzado con cribbing sist. esp. 2.0m.

TIPOS DE SOSTENIMIENTO LABORES DE AVANCE (TEMPORAL < 1 AÑO) (SN, BP, ESCM, RA, CH) desde 1.2 x 1.8 hasta 3.0 x 3.0 m UEA LIBERTAD - UEA LA PODEROSA DE TRUJILLO		
CONDICION DE CALIDAD	ANCHO DE MINADO	TIPO DE SOSTENIMIENTO
A	31-100	Split Set ocasional.
B	61-96	Split Set sist. esp. según estándar por sección de labor.
C	31-60	Para el caso de CH, Puntal c/ jackpot sistemático esp. según estándar.
D	41-50	Split Set + malla electrosoldada según estándar por sección de labor.
E	31-40	Para el caso de CH, Puntal c/ jackpot sistemático esp. según estándar.
F	<20	Perno Helicoidal sist. + malla electrosoldada según estándar.
F	<20	Para el caso de CH, Puntal c/ jackpot sistemático esp. según estándar.
F	<20	Cuadro de madera esp. 1.5m con guarda cabeza.
F	<20	Cuadro de madera esp. 1.0m con guarda cabeza.

TIPOS DE SOSTENIMIENTO LABORES DE AVANCE (PERMANENTE > 1 AÑO) (CR, BR, RA, GU, ESCM) desde 2.5x2.7 m hasta 4.5x 4.5m UEA LIBERTAD - UEA LA PODEROSA DE TRUJILLO		
CONDICION DE CALIDAD	ANCHO DE MINADO	TIPO DE SOSTENIMIENTO
A	31-100	Perno Helicoidal ocasional.
B	61-96	Perno Helicoidal ocasional.
C	31-60	Perno Helicoidal sist. esp. según estándar por sección de labor.
D	41-50	Perno Helicoidal sist. + malla electrosoldada según estándar.
E	41-40	Shotcrete de 2" - 4" (c/F) + Perno Helicoidal con malla electrosoldada o Cimbras metálicas esp. a 1.5m con guarda cabeza.
F	<20	Cimbras metálicas esp. de 0.8 a 1.0m con guarda cabeza.

#### CONSIDERACIONES PARA EL SOSTENIMIENTO

- Longitud del perno a usar:  
De acuerdo al estándar por ensayo de sección.
- El tiempo de colocación del sostenimiento:  
De manera inmediata, no aplica tiempo de Autoaparte.
- Para espaciamiento entre puntales y cuadros:  
Los espaciamientos indicados refieren a la luz interna entre puntales o cuadros.
- Para Chimeras mecanizadas tipo RC y RB  
El sostenimiento se realizara de acuerdo a un estudio geomecánico y/o estándar de sostenimiento.
- Para zonas con eventos de relajamiento:  
Sostener con pernos más malla electrosoldada o galvanizada al tope de la labor.
- Polvorines, refugio minero estacionarios, comederos:  
Equipos de 10' destructores, sistemas con sostenimiento para sistemas estacionarios, según estudio geomecánico.
- CM DH, subestaciones, Cámara de bombeo/Refugio Movil, cámaras de taje:  
Sostener con pernos sistemáticos más malla electrosoldada.
- Para el sostenimiento en intersecciones:  
Se realizara según estándar de SOSTENIMIENTO EN INTERSECCIONES.
- Con respecto a los métodos de explotación:

VETAS CON BUZ	ANCHOS DE MINADO	
	Mayor a 2.40m.	Menor a 2.40m.
	U.P. 5M x 5M	U.P. 5M x 5M
	U.P. 5M x 3M	U.P. 5M x 3M
	U.P. 3M x 3M	U.P. 3M x 3M
	U.P. 3M x 1.5M	U.P. 3M x 1.5M
	U.P. 1.5M x 1.5M	U.P. 1.5M x 1.5M
	U.P. 1.5M x 0.75M	U.P. 1.5M x 0.75M
	U.P. 0.75M x 0.75M	U.P. 0.75M x 0.75M


CONDICION DE CALIDAD	TIPO DE EXPLOSION	FACTORES INFLUYENTES EN LABORES TEMPORALES Y PERMANENTES
A	FANT	
B	FANT	
C	FANT	
D	FANT	
E	FANT	
F	FANT	

LOS FACTORES INFLUYENTES SON: PRESENIA DE VETAS TEMPORALES Y PERMANENTES, EN DIRECCION DE FRONTERA, PLANO DE AVANCE, PLANEAMIENTO DE AVANCE, PRESENIA DE FALLAS, INTERSECCION DE AVANCES TEMPORALES, AUTOMANTENIMIENTO, AVANCE TEMPORAL Y/O PERMANENTE DE LABORES DE AVANCE TEMPORALES Y/O PERMANENTES.

	<b>ESTANDARES &amp; PROCEDIMIENTOS</b>	<b>PODEROSA</b> <b>MAPEO GEOMECAICO</b> CARTILLA GEOMECAICA LABORES DE AVANCE Y EXPLOTACION	UEA LA PODEROSA DE TRUJILLO LIBERTAD SECCION: MINA PLANO N°: PEI-GEO-ESO-002-01
Diseñado por: EAT Dibujado por: JRE	Revisado por: AOT Revisado por: AMM	Aprobado por: DTE Escala: S/E Fecha: 07/08/20	



## Estándares de instalación del sostenimiento

	<b>Estándar Operativo</b>		
	<b>SOSTENIMIENTO CON WOODPACK Y JACKPACK</b>		
	<b>Código: MIM-SOS-ESO-010</b>	<b>Versión:01</b>	<b>U.E.A.:</b>
<b>Fecha de elaboración: 30-01-2022</b>	<b>Página 1 al 3</b>	<b>- LA PODEROSA DE TRUJILLO - LIBERTAD</b>	

### 1. OBJETIVO

Estandarizar la instalación del sostenimiento con woodpack y jackpack, en labores mineras abiertas con ausencia de pilares, que permita un soporte adecuado para el tipo de roca.

### 2. ALCANCE

Se aplica a las actividades de sostenimiento con woodpack y jackpack en labores mineras abiertas, comprende a los trabajadores y supervisores de Compañía y Empresas Contratistas Mineras, que laboran en CMPSA.

### 3. REFERENCIAS LEGALES Y OTRAS NORMAS

- 3.1 Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional D.S. N° 024-2016-EM y su modificatoria D.S.N° 023-2017-EM. Art 213, 214, 224 al 228.
- 3.2 Reglamento de la Ley N° 29783 Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo DS 005-12-TR.
- 3.3 Norma ISO 45001:2015 Requisito 8.1.1.

### 4. ESPECIFICACIONES DEL ESTÁNDAR

- 4.1 **Parámetros Geomecánicos:** El sostenimiento con woodpack y jackpack, serán determinados de acuerdo al estudio geomecánico del método de explotación en los tajos, como en long Wall y otras labores abiertas, en calidad de roca regular, con RMR mayores de 40.
- 4.2 Para el armado de los woodpack (paquetes de madera) se utilizará cuarterones o puntales de madera eucaliptos en forma intercalada.
- 4.3 Las medidas de los cuarterones de madera son de 6" x 7" x 3.3' (152 mm x 178 mm x 1000 mm) y en algunos casos puntales se utilizará cuarterones de madera 6" x 7" x 6.6' (152 mm x 178 mm x 2000 mm), **previa evaluación geomecánica.**
- 4.4 La base donde se colocarán los woodpack, debe estar sobre un piso sólido y plano.
- 4.5 La altura del woodpack no debe exceder la relación de 1:3; es decir si el lado es de 1:00 m., la altura no debe ser mayor a 3.00 m.
- 4.6 El jackpack es un elemento pretensionado, cuyas medidas son de 1.00 m x 1.00 m.
- 4.7 El Jackpack trabaja en conjunto con el wood pack, una vez inflado con agua a alta presión (2 mega pascal), ya expandido, queda en forma permanente, otorgando un sostenimiento activo de hasta 170 toneladas.
- 4.8 El Jack pack se colocará a las  $\frac{3}{4}$  partes de la altura total del woodpack con la válvula hacia abajo, cubriendo todo el área del woodpack con los cuarterones.
- 4.9 La base donde se colocará el jackpack, los cuarterones de madera deben ser ubicados en formate "cama"; también se debe hacer lo mismo con los cuarterones que van encima del jackpack, de modo que al instalarlo e inyectarle agua, se infle uniformemente en toda su superficie y trabaje haciendo presión en todo el espacio por igual.
- 4.10 El woodpack debe estar lo más topeado posible con la caja techo con cuñas de madera, antes de inflar el jackpack.

**4.11 En tajos con áreas de relleno detrítico, los cuarterones de madera deben ser**

***ubicados en  
forma de “cama” en la base del woodpack.***

- 4.12 Para el inflado del jackpack la presión del agua debe ser igual a 02 bares o 30 libra por pulgada al cuadrado (PSI).
- 4.13 El inflado del jackpack no debe exceder los 10 centímetros (cm).

Página 1 de 3

**RESPONSABLES**

4.14 Superintendente de Mina:

- Realizar las coordinaciones necesarias con los supervisores de mina para que el estándar seade conocimiento de los trabajadores así como su cumplimiento.
- Paralizar las operaciones o labores en situaciones de alto riesgo hasta que se haya eliminadoo minimizado dichas situaciones riesgosas.

4.15 Superintendente Seguridad y Salud Ocupacional/Jefe de Seguridad:

- Velar por el cumplimiento del presente estándar y seguimiento de su aplicación con todas lasáreas involucradas.
- Paralizar las labores cuando identifique desviaciones del estándar que pongan en riesgo laseguridad del trabajador del proceso.

4.16 Jefe de Estándares y Procedimientos:

- Elaborar y revisar los estándares con los supervisores y trabajadores del área.

4.17 Jefe de Geomecánica:

- Establecer los estándares, procedimiento y parámetros de sostenimiento apropiados para lamasa rocosa y tipo de roca.
- Hacer cumplir el presente estándar, los estándares de especificaciones técnicas de obra yprocedimientos asociados.
- Paralizar las operaciones o labores en situaciones de alto riesgo hasta que se haya eliminadoo minimizado dichas situaciones riesgosas.

4.18 Jefe de Zona Mina / Jefe de Guardia Mina/Supervisores Mina:

- Establecer controles adecuados para asegurar cumplimiento del estándar para salvaguardar laseguridad de los trabajadores.
- Hacer cumplir el estándar en todas y cada una de las actividades del estándar de sostenimiento con woodpack y jackpack.
- Paralizar las operaciones o labores en situaciones de alto riesgo hasta que se haya eliminadoo minimizado dichas situaciones riesgosas.

4.19 Trabajador Minero:

- Realizar el IPERC continuo.
- Cumplir con los parámetros y controles, establecidos en el presente estándar.
- Informar inmediatamente a su jefe de cualquier condición sub estándar que se presente en sustareas.

**5. FORMATOS, CONTROLES Y DOCUMENTACIÓN**

5.1 Formatos

- Orden de trabajo
- IPERC Continuo
- Plano geomecanico de la labor

## 5.2 Estándares, Procedimientos y PETS, Manuales y Guías

- PETS de sostenimiento con woodpack y jackpack.
- Detalles de instalación del jackpack.
- Instalación woodpack y jackpack alturas sin relleno detrítico: 1.0 m., 1.50 m., 1.80 m., 2.10 m., 2.40 m., 2.70 m. y 3.00 m.

- Instalación woodpack y jackpack en zonas con relleno detrítico, alturas: 1.0 m., 1.50 m., 1.80m., 2.10 m., 2.40 m., 2.70 m., 3.00 m.
- 02.03 Instalación en un tajo en un tajo long wall.
- 02.04 Cartilla Geomecánica.
- 02.05 Manual del jackpack

## 6. REVISIÓN

Anualmente o cuando se presenten modificaciones de la normativa legal, cambios en los procesos, materiales, equipos o maquinarias, problemas potenciales que no se previeron durante el diseño o el análisis de la tarea.

N° Rev.	Fecha	Descripción del Cambio
01	30 enero 2022	Actualización de planos y revisión del estándar referente a la de instalación de woodpack y jackpack en áreas con relleno detrítico.

ELABORADO POR:	REVISADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
E. Alvarado A., J. Rodríguez A., C. Velasquez B., P. Abel Becerra A.	Victor Flores S. Miguel Calcine C.	Agustin Mauricio M.	Daniel Torres E.
COLABORADORES MINA	SUPERINTENDENTES DE UNIDAD DE PRODUCCION	SUPERINTENDENTE DE SEGURIDAD	GERENTE DE OPERACIONES
Fecha de elaboración: 30-01-2022			Fecha de aprobación:

## Ficha técnica de instalación del Jack pack

ISO 9001:2000  
International accreditation

### Jackpack

#### USO DEL JACKPACK CON PUNTALES DE MADERA



Válvula de alivio de presión.

Válvula check de inyección de agua.



- Tiene incorporado una válvula de alivio que controla la liberación de agua a alta presión permitiendo al sostenimiento soportar las cargas del macizo rocoso y no colapsar y volver a adquirir su capacidad.

ISO 9001:2000  
International accreditation


### Jackpack

#### INSTRUCCIONES PARA SU INSTALACION CON PUNTALES DE MADERA

1. Ubicar la zona a sostener, limpie el piso y prepare una superficie plana y sólida antes de instalar el Jackpack.
2. Coloque el Jackpack en la superficie seleccionada.

ISO 9001:2000  
International accreditation

### Jackpack

3. Mida la distancia entre las cajas (con el Jackpack incluido). Utilice un flexómetro metálico y asegúrese de obtener 90° con el techo.
4. Cortar los puntales necesarios exactamente a la medida, la cantidad dependerá del diámetro de los puntales y de las dimensiones del Jackpack, lo que se trata es de cubrir con los puntales lo más que se pueda la superficie del Jackpack. El corte debe ser lo más perpendicular posible al eje del redondo, para una correcta instalación.

ISO 9001:2000  
International accreditation

### Jackpack

5. Coloque el puntal sobre el Jackpack y martille hasta que esté colocado a 90° con la caja techo y piso.
- 6-7 Desde una posición segura coloque los demás puntales siguiendo el procedimiento anterior.



8



9

8 – 9. Una los puntales en la parte superior e inferior utilizando un alambre.

Verifique que los puntales hayan sido instalados correctamente, ellos deben estar bien topeados antes de proceder con el inflado del Jackpack.



10

10. Retire la protección plástica de la válvula. Revise que la válvula esté limpia y libre de cualquier contaminación. De ser necesario lávela.



11



12

11 – 12. Posicione la boquilla en la válvula.

## USO DEL JACKPACK CON CRIBBING (WOODPACK)

Las dimensiones de la madera estarán sujetas a las condiciones del terreno y en función del tamaño del Jackpack a utilizarse. Se hace referencia que la altura del cribbing no debe exceder el doble de uno de sus lados. Eso quiere decir si se coloca un Jackpack de 55cm. x 55cm., lo recomendable es no sobrepasar los 1.10m. si sobrepasamos esta altura, hay la alternativa de colocar dos Jackpack.

El Jackpack de 55cm. x 55cm. nos garantiza un soporte de 110 ton. el de 75cm. x 75cm. 170 ton. estos sostenimientos están regidos a las normas de trabajo de la mina y estas cifras son tomadas de pruebas de laboratorios certificados.

## INSTRUCCIONES PARA SU INSTALACION CON CRIBBING (WOODPACK)



1



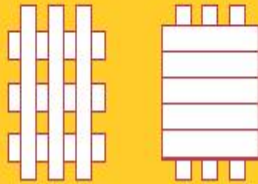
1. Limpie el piso y prepare una superficie sólida y plana. Comience a armar el Cribbing intercalando la madera como indica la figura.



## Jackpack

- Colocar el Jackpack luego de alcanzar las  $\frac{3}{4}$  partes de la altura total del cribbing, tratando de cubrir toda el área del cribbing con los cuartones, pero si se diera el caso de tener un cribbing de mayor tamaño lo que se puede hacer es colocar dos Jackpack cruzados de manera diagonal en cada esquina.

La base donde se colocará el jackpack debe ser en forma de "cama" de modo que al instalarlo e inyectar el agua, se infle uniformemente en toda su superficie y trabaje haciendo presión en todo el espacio por igual.



## Jackpack



- Desde una posición segura coloque los Jackpack, deberá hacerlo con las válvulas boca abajo y un tanto sobre-salidas, dejando espacio para insertar la boquilla del dispositivo de inyección de agua.



## Jackpack



- Seguir armando el cribbing colocandola madera en forma de cama hasta cubrir o talmente el Jackpack, esto evitará que al momento de inflarse el Jackpack se deforme.



## Jackpack



- Al terminar de armar el cribbing, se deberá tener en cuenta que este debe estar lo mas topeado posible con la caja techo antes de empezar el inflado.



- Colocar la boquilla en la válvula de inyección de agua del Jackpack.



## INFLADO DEL JACKPACK



### A- Instalación utilizando la bomba de aire.

Colocada la boquilla, presione el gatillo en la pistola de seguridad y empiece a bombear el agua al Jackpack. Cuando el Jackpack empiece a inflarse retirese a una distancia segura y continúe presurizando.

### B- Instalación utilizando la conexión directa con agua de mina.

Para esto se necesita como mínimo dos bares o 30 libras de presión de agua de la línea de abastecimiento (tener en cuenta que el inflado demorará más que con la bomba de aire).

Colocada la boquilla, conectar la manguera a la troncal de la manguera de agua de mina y dejar que ingrese el agua hasta alcanzar el inflado correcto del Jackpack.



## INFLADO DEL JACKPACK CON CRIBBING



No debe exceder 10 cm.



Formato de evaluación de datos

Nv. 2120 Tajos	Wood pack (tn.)	Jack pack (tn.)
Tajo 1560		
Tajo 1565		
Tajo 1570		
Tajo 1575		
Sostenimiento	Colapsa el Wood pack en todas las voladuras	No colapsa el sostenimiento en las voladuras con la implementación del Jack pack.

Semana	Producción (toneladas)
Semana 1	
Semana 2	
Semana 3	
Semana 4	
Promedio de producción	

Calidad de roca:
Sección del tajo:
Profundidad de taladro:
Volumen:
Densidad del mineral:
Toneladas rotas:
Observaciones: Colapso del sostenimiento del Wood pack, consecuencia de la vibración de la voladura. Se pierde una guardia por rearmado del Wood pack.

## MATRIZ DE CONSISTENCIA

“Implementación del Sostenimiento con el Jack pack para Incrementar la Producción de Mineral en los Tajos de la Compañía Minera Poderosa S.A.”

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variable	Método	Población y muestra
<p><b>General</b></p> <p>¿Es posible incrementar la producción del mineral en los tajos con la implementación del Jack pack en la compañía minera poderosa S.A.?</p> <p><b>Problemas específicos</b></p> <p>a) ¿La implementación del Jack pack permite estabilizar el sostenimiento del Wood pack en la recuperación de pilares para incrementar la producción del mineral de la compañía minera Poderosa S.A.?</p> <p>b) ¿La implementación del Jack pack permite reemplazar los pilares del método de explotación para incrementar la producción de mineral en la compañía minera Poderosa S.A.?</p>	<p><b>General</b></p> <p>Incrementar la producción de mineral en los tajos con la implementación del sostenimiento con el Jack pack en la compañía minera Poderosa S.A.</p> <p><b>Objetivos específicos</b></p> <p>a) Incrementar la producción de mineral al estabilizar el sostenimiento del Wood pack en la recuperación de pilares con la implementación del Jack pack en la compañía minera Poderosa S.A.</p> <p>b) Incrementar la producción de mineral al reemplazar los pilares del método de explotación con la implementación del sostenimiento con el Jack pack en la compañía minera Poderosa S.A.</p>	<p><b>Hipótesis general</b></p> <p>La implementación del sostenimiento con el Jack pack nos permite incrementar la producción de mineral de los tajos en la compañía minera Poderosa.</p> <p><b>Hipótesis específicas</b></p> <p>a) Con la implementación del Jack pack se estabiliza el Wood pack permitiendo recuperar los pilares para incrementar la producción de mineral de los tajos en la compañía minera Poderosa S.A.</p> <p>b) Con la implementación del sostenimiento con el Jack pack se reemplaza los pilares del método de explotación permitiendo incrementar la producción de mineral de los tajos en la compañía minera Poderosa S.A.</p>	<p><b>Variable independiente</b></p> <p><b>X:</b></p> <p>Implementación del Sostenimiento con el Jack pack en tajos de la compañía minera Poderosa S.A.</p> <p><b>Variable Dependiente</b></p> <p><b>Y:</b> Incrementar la producción de mineral en los tajos de la compañía minera Poderosa S.A.</p>	<p><b>Tipo de Investigación</b></p> <p>Para la investigación se utilizó el tipo experimental-aplicativo, en relación a los objetivos de la investigación, considerado en el nivel de profundización descriptivo, correlacional y explicativo.</p> <p><b>Métodos de Investigación</b></p> <p>Para la investigación se utilizó el método lógico deductivo, donde se emplea el análisis deductivo y la síntesis, también se obtiene resultados mediante la observación que determinan el objeto del informe.</p>	<p><b>Población</b></p> <p>Los tajos en explotación de la compañía minera Poderosa S.A.</p> <p><b>Muestra</b></p> <p>Los tajos del nivel 3540 de la compañía minera Poderosa S.A.</p>

