

**UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS**



**TESIS**

**“Optimización de Minado Subterráneo con Equipos Jumbo Empernador para Incrementar el Avance Lineal en la Empresa IESA S.A, U.P. Pallancata Hochschild Mining, Ayacucho 2018”**

Presentado por:

Leoncio Siprian Guerrero Atahua

Para optar el título profesional de Ingeniero de Minas

Abancay, Perú

2020



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



TESIS

**“OPTIMIZACION DE MINADO SUBTERRÁNEO CON EQUIPOS JUMBO  
EMPERNADOR PARA INCREMENTAR EL AVANCE LINEAL EN LA  
EMPRESA IESA S.A, U.P. PALLANCATA HOCHSCHILD MINING, AYACUCHO  
2018”**

Presentado por **Leoncio Siprian Guerrero Atahua**, para optar el Título de  
Ingeniero de Minas

Sustentado y aprobado el 14 de Junio del 2021 ante el jurado:

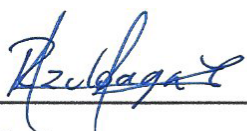
**Presidente:**

  
\_\_\_\_\_  
*Ing. Darío Dante Sánchez Castillo*

**Primer Miembro:**

  
\_\_\_\_\_  
*Ing. José Adolfo Cárdenas Catalán*

**Segundo Miembro:**

  
\_\_\_\_\_  
*Dr. Pablo Rubén Zuñiga Candia*

**Asesor (es) :**

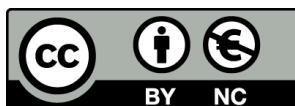
  
\_\_\_\_\_  
*Ing. Giovanni Frisancho Triveño*



“OPTIMIZACIÓN DE MINADO SUBTERRÁNEO CON EQUIPOS JUMBO  
EMPERNADOR PARA INCREMENTAR EL AVANCE LINEAL EN LA EMPRESA  
IESA S.A, U.P. PALLANCATA HOCHSCHILD MINING, AYACUCHO 2018”

Línea de investigación, Minería y Procesamiento de Minerales

Esta publicación está bajo una Licencia Creative Commons



### **Agradecimiento**

*Expreso un sincero y profundo Agradecimiento a nuestra casa superior, Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac y a la Escuela Académico – Profesional de Ingeniería de Minas, donde que a través de sus distinguidos profesionales, impartieron sus conocimientos y experiencias e mi formación académica, que fueron muy útiles para poder afrontar la actividad profesional*



## **Dedicatoria**

*El presente trabajo está dedicado a mis padres, esposa, hijos hermanos y amigos que me brindaron su apoyo y motivación para poder culminar exitosamente esta prestigiosa carrera.*



## ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>RESUMEN</b> .....	2
<b>ABSTRACT</b> .....	3
<b>CAPÍTULO I</b> .....	4
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.</b> .....	4
1.1 Descripción del problema .....	4
1.2 Enunciado del problema .....	4
1.2.1 Problema general .....	4
1.2.2 Problema específico.....	5
1.3 Justificación e importancia de la investigación .....	5
<b>CAPÍTULO II</b> .....	6
<b>OBJETIVOS E HIPÓTESIS</b> .....	6
2.1 Objetivos .....	6
2.1.1 Objetivo general.....	6
2.1.2 Objetivo específico .....	6
2.2 Hipótesis de la investigación .....	6
2.2.1 Hipótesis general .....	6
2.2.2 Hipótesis específico.....	7
2.3 Operacionalización de la variable.....	7
<b>CAPÍTULO III</b> .....	8
<b>MARCO TEÓRICO REFERENCIAL</b> .....	8
3.1 Antecedentes de la investigación .....	8
3.1.1 Antecedentes a nivel internacional. ....	8
3.1.2 Antecedentes a nivel nacional .....	8
3.2 Generalidades de la Unidad Minera Pallancata .....	10
3.2.1 Ubicación y accesos.....	10



3.2.2	Marco geológico .....	11
3.2.3	Tipo de yacimiento .....	11
3.2.4	Minerales .....	12
3.2.5	Descripción de la estructura mineralizada .....	12
3.2.6	Alteración .....	12
3.2.7	Geología regional.....	12
3.2.8	Geología Local.....	12
3.2.9	Geomecanica aplica al diseño subterráneo .....	15
3.2.10	Marco Referencial .....	15
3.2.11	Optimización en la minería.....	15
3.2.12	Jumbo Empernador .....	15
3.2.13	Sostenimiento .....	17
3.2.14	Planeamiento de la producción.....	19
3.2.15	Planeamiento y Control de Producción en Empresas Mineras .....	20
3.2.16	Planificación .....	21
3.2.17	Planificación Minera.....	22
3.2.18	Selección de equipos.....	24
3.2.19	Elección de métodos de minado .....	24
3.2.20	Ciclo de explotación .....	25
3.3	Marco Conceptual.....	25
<b>CAPÍTULO IV.....</b>		<b>28</b>
<b>METODOLOGÍA.....</b>		<b>28</b>
4.1	Tipo y diseño de la investigación.....	28
4.1.1	Tipo de la investigación.....	28
4.1.2	Diseño de la investigación .....	28
4.2	Población y muestra .....	29
4.2.1	Población .....	29



4.2.2	Muestra .....	29
4.3	Procedimiento .....	29
4.4	Material de investigación.....	29
4.4.1	Técnicas e Instrumentos de investigación .....	30
<b>CAPÍTULO V .....</b>		<b>31</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIONES .....</b>		<b>31</b>
5.1	Análisis de Resultados .....	31
5.1.1	Perforación.....	31
5.1.2	Tiempos no efectivos de perforación.....	32
5.2	Voladura.....	33
5.2.1	Ciclo de carguío de explosivo.....	33
5.3	Limpieza .....	34
5.4	Sostenimiento.....	34
5.4.1	Tiempo De Ciclado Con Sostenimiento De Pernos Convencional .....	34
5.4.2	Calculo De Avance Lineal.....	35
5.5	Resumen de Tiempos.....	36
5.6	Optimización del Ciclo de Minado .....	36
5.6.1	Tiempo de ciclo de minado con sostenimiento mecanizado de pernos .....	39
5.6.2	Resumen de cálculos.....	46
5.6.3	Mejora de avance lineal .....	46
5.7	Costos De Operación .....	47
5.7.1	Costo de sostenimiento por método convencional .....	47
5.7.2	Costo de mano de obra .....	48
5.7.3	Costo de materiales.....	48
5.7.4	Costo de equipos.....	49
5.7.5	Costo total.....	49
5.7.6	Costo de sostenimiento por método mecanizado.....	49





5.7.7	Costo de Mano de obra.....	50
5.7.8	Costo de Materiales .....	50
5.7.9	Costo de equipos.....	51
5.7.10	Costo total.....	51
5.7.11	Reducción de costo unitario comparativo en el sostenimiento convencional y mecanizado.....	51
5.8	Optimización De Tiempos Operativos.....	52
5.8.1	Tiempo de sostenimiento por metro avanzado por método convencional.....	52
5.8.2	Tiempo de sostenimiento por metro avanzado por método mecanizado.....	54
5.8.3	Reducción de tiempo por método convencional y método mecanizado.....	55
5.9	Discusión de resultados.....	55
<b>CAPÍTULO VI.....</b>		<b>57</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>		<b>57</b>
6.1	Conclusiones .....	57
6.2	Recomendaciones .....	58
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>		<b>59</b>
<b>ANEXOS.....</b>		<b>63</b>



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Operacionalización de la variable.....	7
<b>Tabla 2</b> Ciclo de perforación con jumbo .....	31
<b>Tabla 3</b> Tiempos no efectivos gestionables en perforación .....	32
<b>Tabla 4</b> Tiempos no efectivos no gestionables en perforación.....	33
<b>Tabla 5</b> Actividades previas al ciclo de carguío neto de taladros.....	33
<b>Tabla 6</b> Ciclo de carguío neto de taladros.....	34
<b>Tabla 7</b> Tiempo de limpieza .....	34
<b>Tabla 8</b> Tiempo de empernado convencional .....	35
<b>Tabla 9</b> Resumen de tiempos.....	36
<b>Tabla 10</b> Tiempos de trabajo en guardia.....	37
<b>Tabla 11</b> Cronograma de actividades guardia.....	37
<b>Tabla 12</b> Tiempos de ciclo de minado .....	38
<b>Tabla 13</b> Parámetros de perforación .....	39
<b>Tabla 14</b> Ciclo de instalación de Pernos .....	40
<b>Tabla 15</b> Rapidez de sostenimiento con perno.....	40
<b>Tabla 16</b> Rapidez de sostenimiento de pernos .....	41
<b>Tabla 17</b> Rapidez de sostenimiento de pernos .....	41
<b>Tabla 18</b> Tiempos no efectivos no gestionables .....	42
<b>Tabla 19</b> tiempo de empernado convencional.....	43
<b>Tabla 20</b> Tiempo ciclo de perforación.....	44
<b>Tabla 21</b> Resumen de tiempos.....	45
<b>Tabla 22</b> Resumen de cálculos de empernado y avance .....	46
<b>Tabla 23</b> Costo de mano de obra .....	48
<b>Tabla 24</b> Costo de materiales .....	48
<b>Tabla 25</b> Costo de equipos .....	49



<b>Tabla 26</b> Costo total .....	49
<b>Tabla 27</b> Costo total .....	50
<b>Tabla 28</b> Costo de Materiales .....	50
<b>Tabla 29</b> Costo de equipos .....	51
<b>Tabla 30</b> Costo total .....	51
<b>Tabla 31</b> Costo comparativo.....	51
<b>Tabla 32</b> Avance por disparo.....	52
<b>Tabla 33</b> Tiempo de sostenimiento por metro avanzado por método convencional.....	52
<b>Tabla 34</b> datos de trabajo en frente.....	53
<b>Tabla 35</b> Tiempo de sostenimiento por metro avanzado.....	54
<b>Tabla 36</b> Datos de trabajo por frente .....	54
<b>Tabla 37</b> Comparación de tiempos .....	55



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Plano de ubicación y acceso a la mina Pallancata. ....	11
<b>Figura 2</b> Plano geológico del área de emplazamiento de la Unidad Minera Pallancata. ....	13
<b>Figura 3</b> Vista de Google Earth del área de emplazamiento de la mina Pallancata ....	14
<b>Figura 4</b> Jumbo Empernador .....	16
<b>Figura 5</b> Sostenimiento activo.....	18
<b>Figura 6</b> Sostenimiento pasivo .....	18
<b>Figura 7</b> Sostenimiento con SMOLL BOLTER .....	19
<b>Figura N° 8:</b> Jumbo Empernador.....	73
<b>Figura N° 9:</b> Perno helidoidal .....	73
<b>Figura N° 10:</b> Malla de pernos (1.2 m x 1.2 m).....	74
<b>Figura N° 11:</b> Resina.....	74



## INTRODUCCIÓN

La presente tesis está enfocada en la empresa IESA S.A donde realiza trabajos de avance lineal para la unidad de producción Pallancata Hoshchild Mining, en ello el titular de la unidad da como cuota en metraje mensual lo cual debe ser cumplida para satisfacer las expectativas y obtener la producción que requiere.

Se observa que uno de los problemas que retrasa los trabajos de la actividad minera son los trabajos de sostenimiento, se tiene como meta acelerar este trabajo para así poder completar un ciclo de minado y el objetivo es cambiar de método de sostenimiento convencional por sostenimiento mecanizado con el jumbo empernado para poder llegar a las metas esperadas.

La presente tesis se desarrolla en 6 capítulos, donde a continuación se detalla.

En el capítulo I: este capítulo trata sobre la descripción y enunciado del problema y justificación de investigación de tesis, que tiene como fin incrementar el avance lineal de empernado con el jumbo empernado.

En el capítulo II: trata sobre los objetivos, hipótesis y la operacionalización de la variable.

En el capítulo III: menciona los antecedentes de la investigación, marco referencial y marco conceptual.

El capítulo IV: trata sobre la metodología de la investigación por ejemplo la operacionalización de la variable, tipo y nivel de la investigación, cronograma de la ejecución del proyecto de tesis.

El capítulo V: Describe el análisis de resultados donde podemos encontrar la memoria descriptiva de los cálculos con sus respectivas tablas y gráficos.

El capítulo VI: En este último capítulo mencionamos las conclusiones y las recomendaciones del trabajo de tesis.



## RESUMEN

En las actividades mineras, que son una de las actividades económicas de mayor importancia en nuestro país, ha sufrido el efecto de la crisis de los costos y del escaseamiento de los elementos de sostenimiento. De tal manera que el desarrollo o preparación de las labores subterráneas se ve afectada ante un panorama que presenta un permanente ascenso de los costos de operación, se hace muy necesario optimizar el minado subterráneo con equipos jumbo empernadador, para que permita a una empresa minera mantenerse rentable y competitiva en el mercado minero.

IESA S.A es una contrata que se dedica al desarrollo integro de proyectos de mediana minería a nivel nacional, en lo cual se encarga de ejecutar todas las labores subterráneas en la Unidad de Producción de Pallancata acumulando avance lineales de 888.8 metros/mes, que con la optimización con jumbo empernadador se espera incrementar el avance lineal a 1500 metros mensuales., realizando los cálculos correspondientes se tiene los resultados aproximados a lo esperado donde el avance lineal por mes=1481.33 m/mes.

Así mismo se redujo los costos de operación del empernado convencional al mecanizado el Precio unitario por sostenimiento convencional (US\$/perno) es 51.97 y el Precio unitario por sostenimiento mecanizado (US\$/perno) es 31.86 teniendo así una reducción de costos considerable.

También Se redujo los tiempos operativos de tal manera que con el mecanizado los tiempos operativos son más óptimos que el con el empernado convencional, los resultados de la mejora de los tiempos operativos es tiempo por metro avanzado en donde por método convencional es (hr) 0.784 y por método mecanizado es (hr) 0.360.

**Palabras clave:** Avance lineal, costos, ciclo de minado, sostenimiento, optimización, tiempo.



## ABSTRACT

The mining industry, one of the most important economic activities in our country, has felt the effect of the cost crisis and the increased cost of support elements. In such a way that the development or preparation of the underground work is affected by a panorama that presents a permanent rise in operating costs, it is very necessary to optimize the underground mining with jumbo bolting equipment, so that it allows a mining company to stay profitable and competitive in the mining market.

IESA SA is a company dedicated to the integral development of medium-sized mining projects nationwide, in which it is in charge of executing all underground work in the Pallancata Production Unit, accumulating linear advance of 888.8 meters / month, which with optimization with Jumbo bolter is expected to increase the linear advance to 1500 meters per month. By carrying out the corresponding calculations, the results are approximate to what was expected where the linear advance per month = 1481.33 m / month.

Likewise, the operating costs from conventional bolting to machining were reduced, the Unit Price for conventional support (US \$ / bolt) is 51.97 and the Unit Price for mechanized support (US \$ / bolt) is 31.86, thus having a considerable cost reduction.

The operating times were also reduced in such a way that with machining the operating times are more optimal than with conventional bolting, the results of the improvement of operating times is advanced time per meter where by conventional method is (hr) 0.784 and by mechanized method it is (hr) 0.360.

**Keywords:** *Linear advance, costs, mining cycle, sustainment, optimization, time.*



## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

#### 1.1 Descripción del problema

El desarrollo de la presente tesis está enfocado en la empresa IESA S.A de la Unidad Operativa Pallancata, se trata de una mina subterránea con vetas que varían de 0.3 – 3 m. de potencia que produce plata con leyes de 8.17 OZ/TM y oro con leyes 0.06 OZ/TM, está ubicado en la zona sur del Perú.

En la empresa IESA S.A, existe un nivel bajo de avance lineal, debido a que se realiza la actividad de sostenimiento convencionales, donde el trabajo requiere de varios equipos adicionales que suman en costo y el avance es muy lento. Son algunos de los aspectos que restringen el avance lineal y que actualmente las reservas en vetas se redujeron significativamente en labores convencionales y hay la necesidad de profundizar para incrementar las reservas de minerales y por ende incrementar el avance lineal, lo cual la empresa IESA S.A es la encargada de desarrollar los niveles de producción en la profundización, es por ellos que el titular de la empresa pone como cuota diaria para obtener mayor avance y rentabilidad en el yacimiento minero con bajos costos de operación básicamente.

No obstante, la empresa con el fin de incrementar el avance lineal y cumplir la cuota, se tiene esta nueva optimización de minado subterránea como nueva alternativa de minado con el propósito de incrementar el avance lineal a 50 m/día y 1500 m/mes.

Para llevar a cabo este proyecto, se tomará en cuenta diversos factores como la geología del yacimiento, estudio de tiempos operativos, así como un estudio técnico para el desarrollo de las labores.

#### 1.2 Enunciado del problema

##### 1.2.1 Problema general

¿Cómo se optimizará el minado subterráneo con equipos jumbo emperador





para incrementar el avance lineal en la empresa IESA SA, U.P. Pallancata Hochschild Mining, Ayacucho 2018?

### 1.2.2 Problema específico

- ¿En qué medida el avance mensual de la optimización de minado subterráneo con equipos jumbo empernador incrementará el avance lineal en la empresa IESA SA, U.P. Pallancata Hochschild Mining, Ayacucho 2018?
- ¿De qué manera se reducirán los tiempos operativos con la optimización de minado subterráneo usando equipos jumbo empernador para incrementar el avance lineal en la empresa IESA SA, U.P. Pallancata Hochschild Mining, Ayacucho 2018?
- ¿En qué medida se reducirán los costos de operación con la optimización de minado subterráneo usando equipos jumbo empernador para incrementar el avance lineal en la empresa IESA SA, U.P. Pallancata Hochschild Mining, Ayacucho 2018?

### 1.3 Justificación e importancia de la investigación

El presente trabajo de investigación de tesis, tiene como fin mejorar e incrementar el avance lineal en la empresa IESA S.A en la Unidad Operativa Pallancata mediante la optimización de minado subterráneo con jumbo empernador en esta unidad operativa a consecuencia del sostenimiento convencional hay demoras de tiempos operativos y por ende hay la necesidad de profundizar las labores obteniendo mayor avance lineal y rentabilidad de la empresa IESA S.A en la Unidad Operativa Pallancata con bajos costos operativos, lo cual nos da facilidades para la optimización de minado subterráneo en la empresa IESA S.A, y así cumplir con el plan de actividades diarias.

Por lo tanto, el trabajo de investigación esta justificado plenamente, por que dará una optimización de minado subterráneo con el equipo jumbo empernador y recomendable para seguir la secuencia de minado y avance.

## **CAPÍTULO II**

### **OBJETIVOS E HIPOTESIS**

#### **2.1 Objetivos**

##### **2.1.1 Objetivo general**

Elaborar un plan de optimización de minado subterráneo para incrementar el avance lineal en la empresa IESA SA, U.P. Pallancata Hochschild Mining, Ayacucho 2018.

##### **2.1.2 Objetivo específico**

- Determinar en qué medida el avance mensual de la optimización de minado subterráneo con equipos jumbo empernador incrementará el avance lineal en la empresa IESA SA, U.P. Pallancata Hochschild Mining, Ayacucho 2018.
- Reducir los tiempos operativos con la optimización de minado subterráneo con equipos jumbo empernador para incrementar el avance lineal en la empresa IESA SA, U.P. Pallancata Hochschild Mining, Ayacucho 2018.
- Reducir los costos de operación con la optimización de minado subterráneo con equipos jumbo empernador para incrementar el avance lineal en la empresa IESA SA, U.P. Pallancata Hochschild Mining, Ayacucho 2018.

#### **2.2 Hipótesis de la investigación**

##### **2.2.1 Hipótesis general**

Se optimizó el minado subterráneo con equipos jumbo empernador para incrementar el avance lineal en la empresa IESA SA, U.P. Pallancata Hochschild Mining, Ayacucho 2018



### 2.2.2 Hipótesis específico

- Se determinó en qué medida el avance mensual de la optimización de minado subterráneo con equipos jumbo empernador, incrementó el Avance mensual en la empresa IESA SA, U.P. Pallancata Hochschild Mining, Ayacucho 2018
- Se redujeron los tiempos operativos con la optimización de minado subterráneo con equipos jumbo empernador para incrementar el avance lineal en la empresa IESA SA, U.P. Pallancata Hochschild Mining, Ayacucho 2018.
- Se redujeron los costos de operación con la optimización de minado subterráneo con equipos jumbo empernador para incrementar el avance lineal en la empresa IESA SA, U.P. Pallancata Hochschild Mining, Ayacucho 2018.

### 2.3 Operacionalización de la variable.

**Tabla 1**  
*Operacionalización de la variable*

Tipo de variable	Nombre de la variable	Dimensiones	Indicadores
Variable independiente	X: Optimización de minado subterráneo con equipos jumbo empernador	Avance mensual	metros por mes
		Tiempos operativos	tiempo de operación o sostenimiento con jumbo empernador
		Costos de operación	costo por sostenimiento en un determinado tiempo y tramo.
Variable dependiente	Y: incrementar el avance lineal en la empresa iesa s.a, u.p. pallancata hochschild mining,	Cantidad de reservas.	Dimensiones del cuerpo mineral
		Disponibilidad de equipos	Utilización de equipos Ciclado de equipos dilución
		Relación estéril-mineral.	Ancho de minado Fragmentación

Fuente; Elaboración Propia



## CAPÍTULO III

### MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

#### 3.1 Antecedentes de la investigación

##### 3.1.1 Antecedentes a nivel internacional.

De acuerdo con CIEZA, Montañó Cristian Edinson y HUANCAS, Tocto Ana Milena 2019, en su tesis “Diseño de perforación y voladura para el incremento de avance lineal de la GL 350 S – NV 2 en la Sociedad Minera los Osos, 3 de mayo Bella Rica – Ecuador” concluye que los trabajos que se realizaron en el diseño de perforación y voladura que se ejecutó en la Galería 350 S - NV 2 donde se incrementó el avance lineal de un 20% de 0.84m a 1.10 m. Con este avance se calculó un promedio de avance en metros a partir de los reportes del área de la mina desde el mes de enero a abril un promedio de 23.55 m avanzados. Y después de la optimizado el avance mensual se incrementó con un promedio de 33.39 m lo cual confirma lo optimizado a través del modelo matemático de Roger Holmberg.

Según Valencia Garcia (2014) en su tesis “Optimización del sistema de explotación utilizado en la mina liga de oro” concluye que la incorrecta aplicación de este método genera un índice de trabajo (eficiencia) de 0.81 ton/hombre-turno, cifra considerada sustancialmente baja, y un elevado costo de explotación, debido, entre otras causas, a la ejecución manual de la mayoría de las actividades productivas, a la excesiva cantidad de estéril que se extrae y al exagerado consumo de inadecuada sustancia explosiva

##### 3.1.2 Antecedentes a nivel nacional

De acuerdo con DIAZ, Bustamante Gianlucas Wanderley y Sotelo, Molero Cesar David 2019, en su tesis titulada “Optimización del avance lineal en las labores de exploración y desarrollo de la Unidad Minera Santa María - Compañía Minera Poderosa S.A. con la aplicación de los criterios



fundamentales de la ingeniería de la voladura” donde concluyó dar más cara libre para ampliar longitud de perforación (8 pies) y no a un avance convencional de 6 pies,. P-103

Según FERNÁNDEZ, Tirado Javier Ángel 2016, en su tesis titulada “Optimización de avance lineal, reemplazando las perforadoras jackleg por jumbo hidráulico en el proceso de perforación y voladura de la GLN1 y CRNE en Mina Consuelo de la Empresa Especializada New Horus S.A.C - Poderosa” logró optimizar el avance lineal incrementándose en un 27% durante los últimos meses, producto de ello se pudo dar cumplimiento al programa de avance lineal, ya que se logró obtener un avance superior a 400 m mensuales.. P 98

Según HUARCAYA, Ccopa Elmer Rene 2017, en su tesis titulada “Optimización de avance lineal en la construcción del by pass san Ignacio mediante la evaluación de operaciones Unitarias en la Minera J.S. Natividad - la Rinconada” concluye que el avance lineal de 1,30 metros en la perforación anterior se ha mejorado con el nuevo diseño de malla de perforación a 1,37 metros lineales de avance por cada disparo realizado.

Según CHARAJA, Marico Harold Efraín 2014, en su investigación que tiene por título, “Planeamiento estratégico y operacional con uso del software Datamine en mina subterránea condestable”, en su tesis concluye que la aplicación del software Minero optimizo la producción, además, permitió la obtención de resultados rápidos y precisos. P-14.

(SULCA ROMERO, 2015) en su Tesis titulada: "Evaluación técnico económica del minado por sub-niveles con taladros largos en mantos en la U.E.A. Colquijirca Sociedad Minera el Brocal S.A.A.” donde tiene por finalidad incrementar la producción de 1 ,000 a 4,000 toneladas de mineral de cobre por día. Donde se concluyó implementar este método de minado conforme a las características del yacimiento. Durante el desarrollo de la tesis se realizó la evaluación técnica de la aplicación del método de minado masivo, obteniendo un rendimiento de 112.94Tn/h-Gdía, a la par se hizo la



evaluación económica, siendo el costo en dólares por tonelada de 24.53 US\$/Tn, de igual forma se estimó el TIR obteniéndose un 371.57%.

(CHAVEZ, 2013), En su tesis titulada “Plan de minado subterráneo aplicado en la Corporación Minera Ananea S.A.” logró modificar los trabajos mineros teniendo exitosas tasas de rentabilidad, producto del buen planeamiento controlando costos y aplicando tecnología de bajo costo en la explotación de vetas o filones angostos de baja ley, teniendo una producción de 240 toneladas de mineral aurífero mensual con una ley de corte de 0.43 Oz-Au/tn

## **3.2 Generalidades de la Unidad Minera Pallancata**

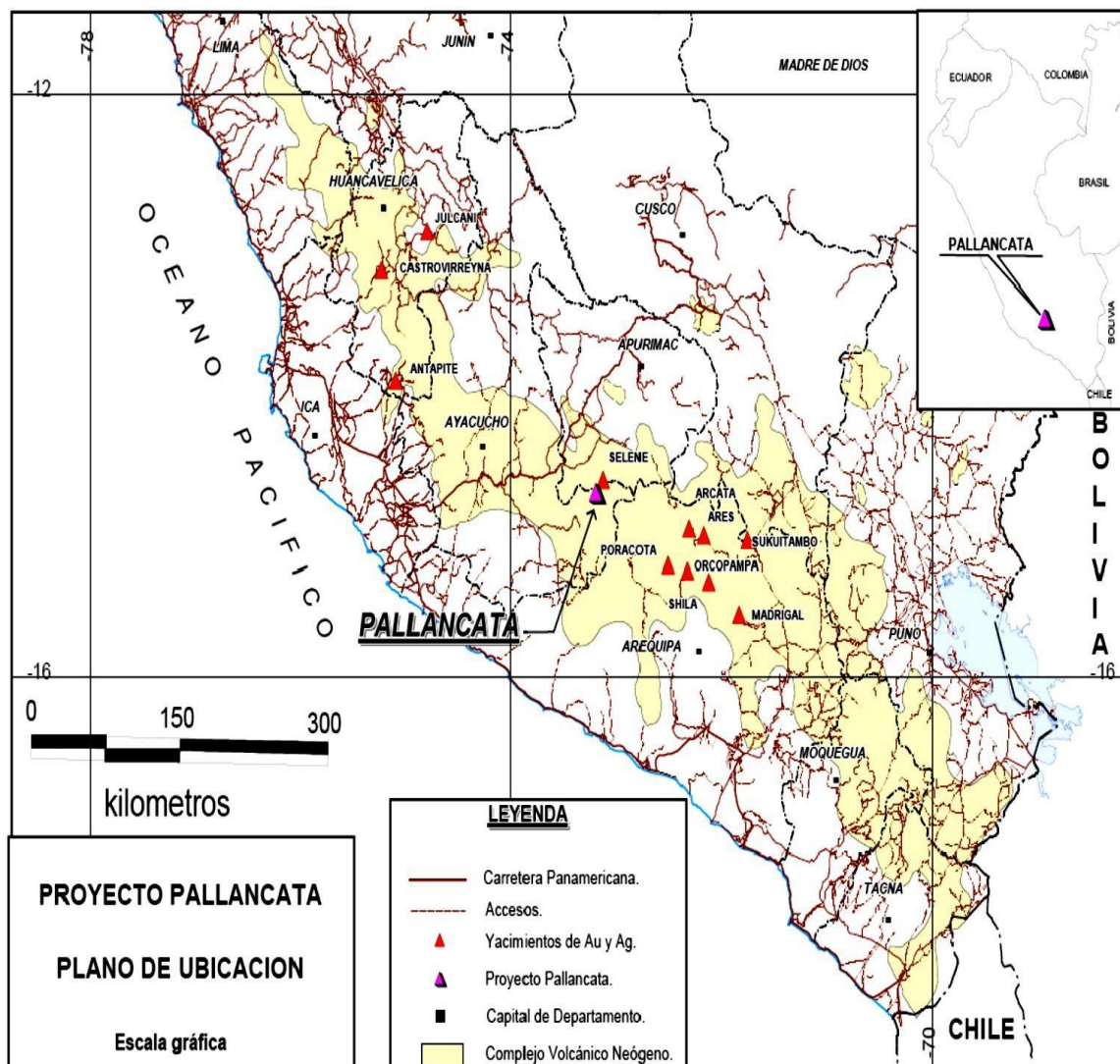
### **3.2.1 Ubicación y accesos**

El yacimiento de Pallancata se ubica aproximadamente a 520 km al sureste de Lima, en el distrito de Coronel Castañeda, provincia de Parinacochas, departamento de Ayacucho, sobre los 4200 m.s.n.m. La mina Selene-Explorador, del grupo Hochschild, es la operación más cercana y se encuentra a 10 km al noreste.

Se accede al Proyecto, vía Lima-Nazca-Puquio-quillcaccasa a través de 770 km. de carretera asfaltada y de allí 45 km. de trocha carrozable hasta la propiedad, El viaje dura aproximadamente 13 horas.



**Figura 1**  
Plano de ubicación y acceso a la mina Pallancata.



Fuente: Hochschild Mining S.A. (15)

### 3.2.2 Marco geológico

La mina Pallancata se encuentra dentro de un distrito minero ubicado en el arco magmático miocénico del sur de los andes peruanos. Este arco se desarrolló en un margen activo como respuesta a la subducción de la Placa oceánica de Nazca debajo del margen occidental de la placa continental Sud americana.

### 3.2.3 Tipo de yacimiento

El origen es hidrotermal de sulfuración baja a intermedia, está compuesta de cuarzo (granular mediano a fino, oqueroso, en bandas con textura crustiforme y lattice texture en algunos casos).

### **3.2.4 Minerales**

MENA: Sulfosales de Plata (pirargirita, proustita, pearceíta, polibasita).

GANGA: (calcopirita, esfalerita piritita, galena).

### **3.2.5 Descripción de la estructura mineralizada**

Sector Yanacochita - Farallón: La veta Explorador Pablo que tiene una potencia que puede localmente alcanzar hasta 20.0 metros y en promedio aproximadamente unos 6.0 m, con una extensión reconocida de 1.0 km; a profundidad se observa mineralización metálica, donde se observa sulfosales de plata típicos de la zona tales como pirargirita y proustita (platas rojas) y también minerales de la serie polibasita-pearceita (platas grises).

### **3.2.6 Alteración**

Las alteraciones hidrotermales en Pallancata se presentan en forma de halos restringidos a las zonas de la veta, teniendo hacia el contacto con la estructura de cuarzo masivo un primer halo en el que se observa silicificación intensa con cuarzo de grano fino reemplazando al encajante, además sericita alterando a los feldespatos presentes en la roca a manera de finas venillas, menor clorita e illita y fuerte diseminación de piritita.

### **3.2.7 Geología regional**

De acuerdo con Ticllahuman (2019) La Unidad Minera Pallancata se encuentra en un área de relieve topográfico constituido por colinas y lomadas redondeadas y eventuales riscos con paredes de rocas subverticales con un extenso y llano valle, así como dispersas lagunas y restos de depósitos morrénicos que caracterizan el valle con una altura entre los 4,000 y 4,600 msnm.

### **3.2.8 Geología Local**

#### **3.2.8.1 Unidades Litoestratigráficas**

Las unidades litoestratigráficas que predominan son las siguientes.





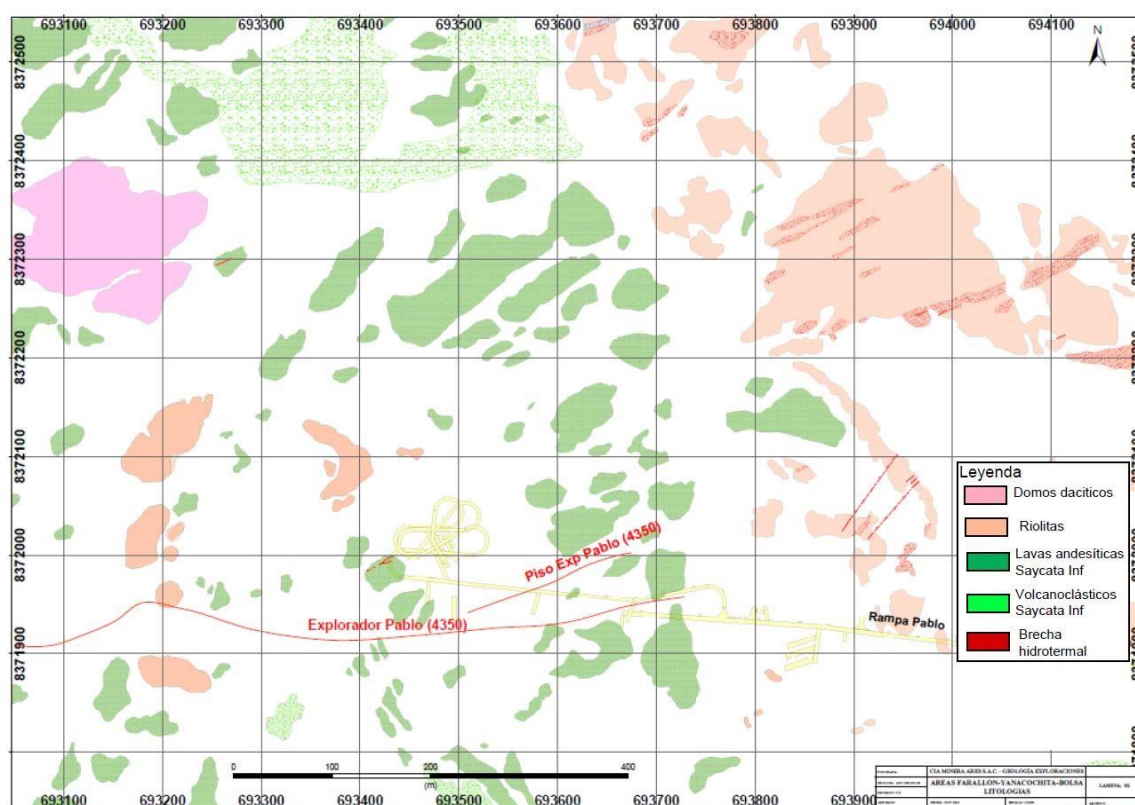
**Formación Aniso:** Se encuentra formada por una secuencia tobácea con areniscas conglomeráticas de fragmentos subredondeados a subangulares de tobas o lavas andesíticas.

**Formación Saycata:** Se caracteriza por ser una secuencia lávica de andesitas grises de oscuras a claras, con textura fluida, porfíricas con fenocristales de feldspatos y máficos.

**Unidad Subvolcánica:** Constituyen afloramientos rocosos de tipo hipabisal, por su característica petrográfica se puede asociar con rocas volcánicas.

**Figura 2**

*Plano geológico del área de emplazamiento de la Unidad Minera Pallancata.*



Fuente: Hochschild Mining S.A. (15)

### 3.2.8.2 Depósitos Cuaternarios.

**Depósitos Antrópicos:** Estos depósitos se encuentran en dos áreas: una en la parte norte de la cabecera de cuenca y la segunda en el flanco derecho del vaso. Proviene de la remoción y apilado de materiales morrénicos.

**Depósitos fluvioglaciares recientes:** Conformados por arcillas plásticas con algo de arena, grava fina y abundante materia orgánica.

**Depósitos fluvioglaciares antiguos:** Estos depósitos se encuentran adyacentes a los anteriores, formando terrazas más amplias, aunque discontinuas.

**Depósitos coluviales:** Estos depósitos se encuentran al pie de las escarpas que forman los afloramientos de riolita. Están constituidos por clastos angulosos de riolita, entre gravas y cantos con escasa arena, en conjunto poco denso.

**Depósitos morrénicos recientes:** Sus constituyentes son principalmente grava y cantos de tobas y raramente de otro tipo litológico.

**Depósitos morrénicos antiguos:** Con esta designación se ha identificado a remanentes de morrenas laterales; debido a la erosión, solamente quedan cuerpos discontinuos.

**Figura 3**

Vista de Google Earth del área de emplazamiento de la mina Pallancata



Fuente: Hochschild Mining S.A. (15)

### **3.2.8.3 Condiciones geomorfológicas**

El área de emplazamiento de la mina Pallancata se encuentra dentro de la unidad geomorfológica denominada "Colinas y lomadas" y está asociado fundamentalmente a rocas tobáceas piroclásticas redepositadas y lavas.

### **3.2.9 Geomecánica aplica al diseño subterráneo**

(Osnayo Ramos, 2016) La geomecánica constituye en la actualidad la base científica de la ingeniería minera, puesto que está a diferencia de la ingeniería civil, tiene sus propias peculiaridades, guiados por el concepto “vida económica”.

### **3.2.10 Marco Referencial**

#### **3.2.11 Optimización en la minería**

La misión empresarial, la cual forma parte integral del sistema de administración racional de una empresa, se constituye como la base que guía todos los esfuerzos para el logro de los objetivos delineados al interior de ésta. Tal logro de objetivos se obtiene mediante una relación funcional entre la misión empresarial y los demás subsistemas involucrados, es decir, decisión, planificación, organización, dirección y control (16).

#### **3.2.12 Jumbo Empernador**

De acuerdo con CHÁVEZ Vásquez Clint Jesús y HUAMANÍ Rodríguez José Carlos. 2017, Es un equipo que se utiliza en minería subterránea, cuya aplicación se da en el sostenimiento mecanizado de rocas, cuyas secciones deben ser adecuadas para el tamaño del equipo. Hoy en día las minas modernas están en la capacidad de utilizar este tipo de equipo y así cumplir los objetivos de las empresas en cuanto a lograr mayor producción en menor tiempo y sobre todo con mayor seguridad.

**Figura 4**  
*Jumbo Empernador*



Fuente: (CHÁVEZ, 2017)

**a) Características**

- Puede instalar pernos desde 5 hasta 10 pies de longitud
- Kits de empernado disponible para: Split set, Swellex, Hydrabolt helicoidales con resina yb cemento
- Instalación de malla de forma rápida y segura
- Fortificación mecanizada de labores con altura de 3.5 a 6.00 m
- Productividad de hasta 7000 pernos/mes
- Opción cable Bolting hasta 25 m. de longitud

**b) Beneficios**

- Sostenimiento mecanizado con pernos y malla de forma eficiente y segura
- Acelera el ciclo de producción
- Elimina el uso de perforadoras manuales
- Perforadora Montabert
- Opción Long Hole
- Opción de cable Bolting

### c) Trabajos operativos del equipo Jumbo Empernador

**Perforación taladro de servicio.** Es la perforación de taladros de 60 cm de profundidad que se hace en el hastial izquierdo, derecho y corona de la labor, con el fin de colocar dentro del taladro la cola de chanco para las tuberías de agua, aire y bombeo.

**Perforación más instalación de perno Hydrabolt.** Es la perforación de taladros de 8 pies de profundidad con un diámetro de 38 mm para luego introducir a este el perno Hydrabolt de 7 pies de longitud con un diámetro de 29 mm y luego ser inflado con la bomba de agua a una presión de 30 MPA.

**Perforación más instalación de Split Set.** Es la perforación de taladros de 8 pies de profundidad con un diámetro de 38 mm para luego introducir a este el Split set de 7 pies de longitud con un diámetro de 41 mm por fricción.

**Perforación más colocación de malla electrosoldada más perno Hydrabolt.** Es la instalación de malla electrosoldada mas perno Hydrabolt en las labores de alto riesgo, donde el tipo de terreno es muy malo, la malla electrosoldada va colocada de gradiente a gradiente de la labor y los pernos Hydrabolt van colocados sistemáticamente y espaciados entre sí a una distancia de 1.0 x 1.0 m, para luego ser cubiertas por una capa de concreto de 1” de espesor.

**Traslado de equipo.** Es el desplazamiento del equipo hacia los frentes y/o labores de trabajo.

#### 3.2.13 Sostenimiento

De acuerdo con YAURI, chancayauri hector rafael. 2014, es la acción de estabilizar con fuerzas que actúan directamente en las cavidades que fueron trabajadas con fines de extracción minera o exploración.



### 3.2.13.1 Sostenimiento activo

Estos elementos de sostenimiento son una parte integrante de la masa rocosa que se insertan en la maza rocosa y estos son, pernos helicoidales, Split set, hidrabolt, Pernos swelex. Se utilizan en todo tipo de excavación subterránea.

**Figura 5**  
*Sostenimiento activo*



Fuente: (YAURI, 2014)

### 3.2.13.2 Sostenimiento pasivo

Los elementos de sostenimiento son externos a la roca y responden a las deformaciones de la masa rocosa circundante a la excavación, hacia el interior de la misma. Es el más conocido de todos tales como, cuadros de madera y cimbras metálicas no deslizables.

**Figura 6**  
*Sostenimiento pasivo*



Fuente: (YAURI, 2014)

**Sostenimiento mecanizado con pernos y mallas.** Según YAURI, chancayauri hector rafael. 2014, Para el sostenimiento se usan pernos helicoidales de fierro corrugado de 22mm de diámetro con una longitud de 7 pies colocados sistemáticamente a 1.8m x 1.8m, reforzados con malla electrosoldada, para su instalación se usa cemento embolsado (cembol) y resina; utilizando para eso equipos empernadores SMOLL BOLTER para la colocación de pernos helicoidales foto siguiente. Para la colocación de mallas se hace uso de gruas PAUS y gruas NORMET

**Figura 7**

*Sostenimiento con SMOLL BOLTER*



Fuente: Unidad San Rafael

### **3.2.14 Planeamiento de la producción.**

#### **3.2.14.1 Generalidades**

DE LA CRUZ, Carrasco Estanislao 1999, en su Artículo titulado “Planeamiento y Control de Producción en Operaciones Mineras menciona los siguientes

a) Planeamiento. – Se entiende directamente a realizar proyecciones de actividades con metas programadas, donde a continuación se mencionan algunas determinaciones del planeamiento.

**1) Determinación de Objetivos**

Donde sus características son.

- Exacto y preciso
- Razonable y alcanzable
- Compatible con los objetivos generales de la Empresa

**2) Bosquejo de los procedimientos**

- Cómo se debe realizar el trabajo.
- La logística de trabajo. Recursos con los que se cuenta.
- Se realiza todo en función del tiempo.
- Dónde se prepara la mina, nivel, tajeos, galerías.

**3) Asignación de Responsabilidades y Autoridades**

- Es importante que tengan la responsabilidad y la autoridad correspondiente.
- La Responsabilidad es la obligación que tiene una persona de realizar un trabajo.
- Cada persona tiene cierta responsabilidad, en mayor o menor grado.
- La responsabilidad no se delega.
- La Autoridad es el derecho que tiene alguien para ordenar la ejecución.
- La Autoridad y la Responsabilidad están bien ligadas de modo que si alguien requiere de otra persona para la realización de un trabajo

### **3.2.15 Planeamiento y Control de Producción en Empresas Mineras**

De acuerdo con DE LA CRUZ, Carrasco Estanislao 1999, El planeamiento y Control de Producción en unidades de operación de Empresas Mineras está en función de su organización. Hay Organización del tipo de Línea - Staff en el que algunos departamentos son de operaciones (área productiva) y otros departamentos son de servicios (área Staff).





### 3.2.16 Planificación

Según CHARAJA, Larico Harold Efrain 2014, la planificación es el trabajo administrativo donde se determinan acciones laborales de forma sistémica en torno, se conceptualiza mediante una manera integrada de estructurar las actividades del estamento directivo. Una breve descripción de cada una de estas funciones (o subsistemas), se expone a continuación:

#### a) Subsistema de valores

Estos valores condicionan las finalidades y los objetivos hacia donde debieran converger todos los esfuerzos particulares.

#### b) Subsistema de decisiones

Está presente en cada una de las tareas del administrador y se puede caracterizar todo el sistema, como una vasta red de información — decisión — acción. La decisión es la llave de todo el edificio de la administración, en atención a que su rol central consiste en convertir la información en acción.

#### c) Subsistema de planificación

Es el encargado de obtener una priorización de los objetivos, sus programas de actividades, sus presupuestos, estimando las necesidades y las restricciones tanto internas como externas. El presente capítulo centra la reflexión en torno a la problemática de planificación al interior de una empresa minera.

#### d) Subsistema de organización

Facilita la integración de las partes constituyentes del medio interno y externo, en una estructura apropiada. Es aquí donde se prevee los reagrupamientos de funciones y el establecimiento de las relaciones internas en función de los objetivos a realizar.

**e) Subsistema de dirección**

Está estrechamente ligado a la ejecución eficaz de las tareas, centrandose su accionar en los procesos sociales de funcionamiento empresarial, destacando los aspectos de liderazgo, trabajo de equipos, motivaciones, creatividad, y otros.

**f) Subsistema de control**

Mediante la ayuda de información sistematizada es posible realizar comparaciones entre lo realizado y los objetivos previstos en la planificación. La retroalimentación permite diseñar ajustes y cambios en las funciones anteriores.

La importancia que adquiere la función de planificar, es que sin ella los administradores no pueden saber cómo organizar el recurso humano y material; puede que no tengan ni siquiera la idea clara de qué es lo que se necesita organizar. Sin un plan, no se puede dirigir con confianza o esperar que otros nos sigan. Y sin un plan, los administradores y sus seguidores tienen muy pocas probabilidades de lograr sus metas o de saber cuándo y dónde se están desviando de su camino.

Es al interior de este marco conceptual expuesto que se desarrollan los presentes delineamientos de la Planificación de Minas. La empresa minera, al igual que las empresas de otros sectores productivos, estructura su administración mediante las funciones anteriormente señaladas. En consecuencia, la reflexión sobre la planificación de minas se insertará en este esquema funcional. (CHARAJA, 2014).

### **3.2.17 Planificación Minera**

CASTRO, Raúl, como académico asociado de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile menciona que, el proceso de planificación minera determina qué porción del yacimiento será extraído, además del cómo y cuándo será procesado.



### 3.2.17.1 Preparaciones

Incluye todo trabajo desarrollado específicamente con objeto de preparar un tajo para ser minado. Puede ser en mineral o en las cajas y está presupuestado como costo en operación. (HERRERA y otros, 2001)

#### a) Situado en mineral

Incluye subnivel, chimeneas de ventilaciones de tajos, box holes, cruceros auxiliares dentro del tajo, prolongación de tajos.

#### b) Otros conceptos

Las galerías en vetas o cuerpos, mientras están en desarrollo para buscar mineral son costo de exploración. A partir del momento en que el cuerpo está definido longitudinalmente, cualquier desquinche para contornear el tajo, el costo es operativo. También galerías de prolongación de tajeos operativos en lateral o lineal, son costos operativos que afectan directamente a los de operación mina.

### 3.2.17.2 Nomenclatura de labores

Según VILLANUEVA Serg 2019, Para identificar una labor en los proyectos y en las minas se considera el siguiente estándar.

- Tajeo : Tj
- Galería : Ga
- Rampa : Rp
- Chimenea : Ch
- Crucero : Cx
- By – pass : Bp
- Sub nivel : Sn
- Ventana : Vn
- Cámara : Cm
- Raise boring : Rb

### 3.2.18 Selección de equipos

VILLE, Jackson. 2014, en la publicación titulada “La Selección de Equipos es Clave para la Productividad de las Operaciones de Carga y Acarreo Subterráneas” menciona que la selección de equipo minero debe tener gran cuidado debido a que esta decisión puede afectar de manera significativa los costos de producción y reducir el beneficio del proyecto o del plan de producción. El proceso para la selección de un equipo minero está estructurado en los siguientes pasos:

- Selección del tipo de equipo requerido
- Determinación del tamaño del equipo y cantidad
- Tipo de especificaciones técnicas del equipo, tomando en cuenta tanto las consideraciones de operación como las condiciones de mantenimiento del equipo
- Selección del fabricante del equipo minero

Factores importantes que se tienen que considerar para la selección de un equipo minero.

- Trabajos de topografía
- Condiciones geológicas y de clima
- Dureza, abrasividad y grado de fracturamiento.
- Estructuras geológicas presentes.
- La diferencia de elevación entre el sitio de carguío y la descarga.
- Drenaje
- Ruta y distancia de transporte de estéril y minera
- Tonelaje a ser movido

### 3.2.19 Elección de métodos de minado

Para este caso se toman varios parámetros donde tomando en cuenta todos ellos se evalúa técnicamente el método adecuado de minado.



#### **a) Geometría y leyes del yacimiento**

Dentro de ello se contempla la forma del yacimiento si es masivo, tabular o irregular, la potencia del mineral, la inclinación y el comportamiento de las leyes si es uniforme o discontinuo.

#### **b) Características geomecánicas**

Se refiere al comportamiento geomecánico de las rocas encajonantes, vale decir caja piso y yecho. Se determina la resistencia de la roca, espaciamiento de fracturas y resistencias de las discontinuidades lo que nos indica la calidad de la masa rocosa que enfrentamos.

#### **c) Parámetros para la selección del método**

La evaluación del método o métodos de explotación se realiza para cada block que constituirá un tajeo, ya que así lo requiere el comportamiento variado de cada zona en los diferentes niveles donde se minara la veta.

### **3.2.20 Ciclo de explotación**

El ciclo de minado en la mayoría de los caso obedece a la siguiente relación de actividades.

- Perforación
- Voladura
- Carguío y acarreo de mineral o desmonte
- Sostenimiento
- Relleno
- Extracción

## **3.3 Marco Conceptual**

### **a) Perforación**

Es el trabajo que se realiza con el objetivo de hacer huecos en el frente de trabajo, con una distribución y geometría adecuada, para que estos sean cargados con



agentes o materiales explosivos y así conseguir el fracturamiento de la roca. (ENAMI, 2014)

**b) Voladura**

El trabajo de voladura se realiza con finalidad de arrancar el mineral que esta presentes en las vetas encajonadas en el macizo rocoso, aprovechando de la mejor manera posible la energía liberada por el explosivo colocado en los tiros realizados en la etapa de perforación. (ENAMI, 2014).

**c) Carguío y acarreo de mineral o desmonte**

Son trabajos que realizan equipos especializados para cargar el mineras a los equipos de transporte o acarreo. (MMGC, 2018)

**d) Relleno**

El relleno de labores mineras se realiza con la finalidad de recuperar la estabilidad de la labores mineras y asi mismo también aprovechar como botadero de material estéril. (ARPI,2018)

**e) Rampa**

Es una obra de ingeniería que permite conectar lugares que se encuentran a diferente cota, por donde se puede ascender o descender a los frentes de trabajo y también como para poder extraer mineral o ingresar materiales para realizar trabajos de minado. (RODRIGEZ, 2015)

**f) Minado**

Son los trabajos de recuperación o extracción de mineral donde están vinculados diferentes actividades, existen 2 tipos de minado que son minado subterráneo y superficial (GECO, 2018)

**g) Sostenimiento**

Es la acción de contrarrestar cargas existentes en aperturas subterráneas o taludes, estos esfuerzos tienen que ser mayores que la carga o tensión que se ejerce para poder realizar el sostenimiento adecuado (YAURI, 2014).



**h) Avance lineal**

Es el tramo que se logra avanzar en el trabajo de minado y excavado de una actividad subterránea, estas pueden estar en dimensiones de pies por disparo, metros por hora etc. (DIAZ, 2019)



## CAPÍTULO IV

### METODOLOGÍA

#### 4.1 Tipo y diseño de la investigación

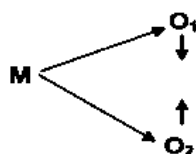
##### 4.1.1 Tipo de la investigación

Este proyecto de investigación es de tipo descriptivo explicativo, el alcance descriptivo pretende medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre las variables a las que se refieren, en el alcance explicativo, están dirigidos a responder a las causas de los eventos físicos o sociales, se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se da éste, o por qué dos o más variables están relacionadas.

##### 4.1.2 Diseño de la investigación

El diseño de la investigación corresponde descriptivo explicativo, el alcance descriptivo busca especificar las propiedades, características y los perfiles de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que sea sometido a análisis., en el alcance explicativo, Las investigaciones explicativas son más estructuradas que las demás clases de estudios y de hecho implican los propósitos de ellas (exploración, descripción y correlación), además de que proporcionan un sentido de entendimiento del fenómeno a que hacen referencia.

Diseño: Descriptivo



Donde:

M = Muestra

O<sub>1</sub> = Observación de la V.1.

O<sub>2</sub> = Observación de la V.2.



## **4.2 Población y muestra**

### **4.2.1 Población**

El universo poblacional está dado por la U.P. Pallancata Hochschild Mining donde se realizan trabajos de minado subterráneo

### **4.2.2 Muestra**

La muestra del estudio de investigación fue tomada de forma intencional a la empresa especializada IESA SA, que está haciendo trabajos en la RP – 1930.

## **4.3 Procedimiento**

Se describió y se desarrolló paso a paso los temas relacionados para conseguir una optimización de minado subterráneo con jumbo empernador en la Unidad Operativa Pallancata, para ello se tomaron con cuenta los pasos siguientes.

Como primer paso se realizó una evaluación del avance lineal con la toma de tiempos donde se observó que el sostenimiento convencional demoraba mucho y por lo tanto el avance lineal era mínimo.

Segundo paso se evaluó los tiempos con el sostenimiento mecanizado con el jumbo empernador donde el avance lineal se incrementó y el tiempo de trabajo es menor.

Como tercer paso se realizó trabajo en gabinete y elaboración de la estructura de tesis tomando en cuenta los datos obtenidos en los trabajos de campo.

Como cuarto paso se obtuvieron los resultados y con las mismas se procedió a realizar la discusión de los resultados con los antecedentes citados.

Como quinto y último paso se trabajó en las conclusiones y recomendaciones de acuerdo a los objetivos de la investigación.

## **4.4 Material de investigación**

Se emplean diferentes softwares de minería para modelar los y realizar un adecuado planeamiento técnico económico.



- Libreta de campo.
- Cuadros excel

#### 4.4.1 Técnicas e Instrumentos de investigación

Los instrumentos que se han utilizado en el presente estudio fue la hoja de registros de avances lineales, reporte diario de operación, informes semanales y mensuales.

- **Hoja de registros de avance lineal.** - Es una plantilla donde se reporta los avances lineales diarios.
- **Reporte diario de operación:** Es una plantilla donde se reporta los trabajos diarios de avance en todas las labores.
- **Informes semanales y mensuales:** Es la recolección de datos de trabajos diarios en los avances lineales.

## CAPÍTULO V

### RESULTADOS Y DISCUSIONES

#### 5.1 Análisis de Resultados

En los siguientes numerales se presentan los resultados de cálculos, análisis, comparaciones de los datos de acuerdo a los tiempos en cada actividad.

Cabe recalcar que los tiempos de perforación, voladura, limpieza se darán en resumen porque enfatizaremos en el meollo de la tesis que optimiza en la aplicación del jumbo empernador que se utiliza en la actividad de sostenimiento.

##### 5.1.1 Perforación

Al momento de hacer el seguimiento a esta actividad, se determinó que el ciclo de perforación en una labor tiene una duración total de 0.60 min/m, de los cuales en la siguiente tabla se detallara los tiempos unitarios por metro de cada componente de dicho ciclo.

Siendo el avance efectivo por disparo de 2.47 m, se tiene los siguientes resultados:

**Tabla 2**  
*Ciclo de perforación con jumbo*

Descripción	Unidad	Tiempo
1. Posicionamiento de equipo	min/m	0.04
2. Embonado	min/m	0.01
3. T. Neto Perforación	min/m	0.34
4. Barrido	min/m	0.01
5. Tiempo entre taladros	min/m	0.11
6. Atascamiento	min/m	0.01
7. Entubado	min/m	0.08
<b>Total</b>	<b>min/m</b>	<b>0.60</b>

Fuente: propia



Cabe recalcar que de las 12 horas que dura la guardia, la disponibilidad mecánica de los equipos es de 85% lo cual indica que 10.2 horas/guardia el equipo estará disponible para trabajar, pero la utilización máxima que puede obtener es de 42.21% lo que equivale a 4.31 horas/guardia.

## 5.1.2 Tiempos no efectivos de perforación

### 5.1.2.1 Tiempo no efectivo gestionable

Los tiempos que se muestran a continuación, corresponden a las actividades y esperas que son ajenas al tiempo de perforación, las mismas que retrasan la operación; cabe mencionar que estas demoras se pueden mejorar.

**Tabla 3**

*Tiempos no efectivos gestionables en perforación*

Descripción	Unidad	Tiempo
Espera de habilitación de área de Trabajo	horas/guardia	1.48
Espera de Contorneo de Geología	horas/guardia	1.33
Reparto de Guardia	horas/guardia	1.04
Verificar y Codificación de Taladros	horas/guardia	0.39
Marcado de la Gradiente del frente	horas/guardia	0.28
<b>Total</b>	<b>horas/guardia</b>	<b>4.52</b>

Fuente: propia

### 5.1.2.2 Tiempo no efectivo no gestionable

Tiempos tomados del seguimiento al personal (Operador y Ayudante) del Jumbo S1D, estos tiempos siempre se van a presentar durante la operación porque son parte de las actividades diarias.



**Tabla 4**  
*Tiempos no efectivos no gestionables en perforación*

<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Tiempo</b>
Traslado de personal superficie a interior mina (Bus)	horas/guardia	0.09
Traslado del personal a la labor al inicio turno (Bus)	horas/guardia	0.42
Inspección de Labor y llenado herramientas de gestión	horas/guardia	0.19
Orden y limpieza de Labor	horas/guardia	0.86
Instalación del Equipo	horas/guardia	0.3
Coordinación con Supervisión Mina en Zona de Trabajo	horas/guardia	0.32
Traslado del personal a labor antes y después de refrigerio	horas/guardia	0.54
Refrigerio	horas/guardia	0.99
Lavado del Equipo	horas/guardia	0.1
Desinstalación del Equipo	horas/guardia	0.24
Llenado de Reporte del Día	horas/guardia	0.08
Traslado de personal interior mina a superficie (Bus)	horas/guardia	0.36
<b>Total</b>	<b>horas/guardia</b>	<b>4.49</b>

Fuente: propia

## 5.2 Voladura

### 5.2.1 Ciclo de carguío de explosivo

El carguío de explosivos tiene sub actividades que son parte del proceso de voladura, sin embargo, en los cuadros siguientes detallamos las que son parte del carguío neto y las que no, pero estas siempre se van a formar parte del proceso.

**Tabla 5**  
*Actividades previas al ciclo de carguío neto de taladros*

<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Tiempo</b>
1. Cálculo de carga explosiva	Min/frente	6.53
2. Verificación de taladros	Min/frente	2.45
3. Entrega de explosivos en tajo	Min/frente	3.1
<b>Tiempo total</b>	<b>Min/frente</b>	<b>12.08</b>

Fuente: propia



**Tabla 6**  
*Ciclo de carguío neto de taladros*

Descripción	Unidad	Tiempo	Unidad	Tiempo
1. Preparación Explosivo	Min/tal	0.25	Min/frente	8
2. Colocación de cartucho en guía de taladro	Min/tal	0.1	Min/frente	3.2
3. Carguío de taladro	Min/tal	0.53	Min/frente	16.96
4. Tiempo entre taladros	Min/tal	0.15	Min/frente	4.8
5. Encuñado de tubería en el taladro	Min/tal	0.11	Min/frente	3.52
6. Amarre	Min/tal	0.48	Min/frente	15.36
<b>Tiempo total</b>	<b>Min/tal</b>	<b>1.62</b>	<b>Min/frente</b>	<b>51.84</b>

Fuente: propia

### 5.3 Limpieza

La actividad de limpieza es la que se desarrolla una vez realizado la voladura y su ventilación respectiva. La limpieza de material del punto donde se realizó la voladura se realiza con SCOOP TRAM, el cual realiza la limpieza rápidamente.

**Tabla 7**  
*Tiempo de limpieza*

DESCRIPCION	UNIDAD	TIEMPOI
Capacidad neta de cuchara	yd3	6.00
Capacidad de cuchara	ton	9.95
ciclo carguío	min	4.85
número de ciclos	unid	7.00
<b>Tiempo limpieza</b>	<b>hr</b>	<b>0.57</b>

Fuente: propia

Por lo tanto, el tiempo que tomará realizar la limpieza de la labor será de 0.57 hr o 33.95 min.

### 5.4 Sostenimiento

En esta parte se dara énfasis ya que las iniciativas mejoran los tiempos, costos y el reflejo de los avances lineales.

#### 5.4.1 Tiempo De Ciclado Con Sostenimiento De Pernos Convencional

El sostenimiento con pernos se considera un sostenimiento activo porque estos entran en contacto inmediatamente con la roca después de su

instalación. La forma de instalación de estos se da en forma sistemática, ya que se realiza una malla de sostenimiento antes de proceder con su instalación.

Actualmente, este sostenimiento se realiza de manera convencional, utilizando como herramienta de perforación una Jack Leg apoyado de un Manitou para perforar en puntos con mayor elevación.

#### 5.4.1.1 Tiempo de ciclado de sostenimiento con pernos

**Tabla 8**  
*Tiempo de empernado convencional*

Descripción	Unidad	Tiempo
Posicionamiento	Min/perno	1.79
Perforación	Min/perno	1.71
Barrido	Min/perno	0.24
Inyección de resina	Min/perno	1.15
Colocado de perno	Min/perno	0.57
Aseguramiento con tuerca	Min/perno	0.35
<b>Total</b>	<b>Min/perno</b>	<b>5.81</b>

Fuente: propia

#### 5.4.2 Calculo De Avance Lineal

***Avance lineal por guardia = nro disparos por guardia \* avance por disparo***

$$Avance\ lineal\ por\ guardia = 6 * 2.47\ m$$

$$Avance\ lineal\ por\ guardia = 14.81\ m$$

El avance por día será de:

***Avance lineal por día = Avance lineal por guardia \* nro. guardias por día***

$$Avance\ lineal\ por\ dia = 14.81\ m * 2$$

$$Avance\ lineal\ por\ dia = 29.63\ m$$

El avance lineal por mes será de:

***Avance lineal por mes = Avance lineal por día \* nro. días al mes***

$$Avance\ lineal\ por\ mes = 29.63\ m * 30$$

$$Avance\ lineal\ por\ mes = 888.80\ m$$



## 5.5 Resumen de Tiempos

Realizamos un resumen de las operaciones unitarias mencionadas:

**Tabla 9**  
*Resumen de tiempos*

Actividad	Tiempo (hr)
Limpieza	0.57
Perforación	0.91
Carguío	1.07
Sostenimiento	5.23

Fuente: propia

## 5.6 Optimización del Ciclo de Minado

La unidad minera cuenta con un plan de avance mensual, el cual se puede optimizar aumentando el avance realizado por parte de IESA.

El ciclo de avance por parte de IESA es muy irregular, debido principalmente la cantidad de tiempos muertos presentes en su ciclo, el cual se da principalmente debido al sistema de instalación de pernos que llevan usando, que es el método convencional, usando equipos Jack leg para la perforación apoyado de un equipo manitou para llegar a partes más altas, el cual toma mucho más tiempo realizar que al realizado con un equipo empernador.

En el plan mensual estipulado por parte de compañía, se entrega a IESA una serie de labores en las cuales tiene que ejecutar, teniendo como avance planeado un total de 888 m/mes, sin embargo, con los equipos disponibles se puede llegar a un avance más alto 1483 m/mes.

Para poder realizar un mejor cálculo, determinaremos las horas efectivas de trabajo que se dan por guardia, siendo los tiempos aproximados los siguientes:

Inicio de guardia : 07:00 / 19:00 hrs

Fin de guardia : 18:00 / 06:00 hrs

La hora faltante es el intervalo de chispeo en toda la mina.





De la información recopilada de las actividades realizadas en mina, se puede hacer un cuadro de tiempos como se ve a continuación:

**Tabla 10**  
*Tiempos de trabajo en guardia*

	hora inicio	tiempo	hora fin
Reparto de guardia	07:00	00:50	07:50
traslado a interior mina	07:50	00:20	08:10
traslado a labor de trabajo	08:10	00:10	08:20
horas efectivas de trabajo	08:20	03:20	11:40
salida a comedor	11:40	00:20	12:00
almuerzo	12:00	01:00	13:00
regreso a labor de trabajo	13:00	00:20	13:20
horas efectivas de trabajo	13:20	04:20	17:40
salida superficie	17:40	00:20	18:00

Fuente: propia

Entonces podemos ver que las horas netas de trabajo se dan entre los siguientes horarios:

**Tabla 11**  
*Cronograma de actividades guardia*

inicio operaciones	08:20
fin media guardia	11:40
Reinicio	13:20
fin guardia	17:40

Fuente: propia

Dentro de esas horas aproximadamente se realizará las diferentes actividades dentro de mina, siendo las mencionadas anteriormente:

- Limpieza
- Sostenimiento con jumbo emperador
- Perforación
- Carguío de taladros

El tiempo de ventilación será considerada entre guardias, por lo que no consume tiempo dentro de las horas efectivas de trabajo, mientras que el desatado se dará mientras se culmina con la limpieza y llega otro equipo, el cual se puede hacer simultáneamente mientras llega el siguiente equipo a Necesidad de avance de la labor según planeamiento

- Disponibilidad de equipos
- Gestión para optimizar los tiempos de cada operación unitaria.

Para poder cumplir con este requisito se debe de realizar el sostenimiento con pernos en un período corto de tiempo, que se daría entre el fin de la limpieza y el inicio de la perforación de taladros para voladura, por lo que el tiempo para poder realizar el sostenimiento de pernos es, considerando una optimización de tiempos, dentro de los cuales se considera el tiempo de limpieza, perforación y carguío.

**Tabla 12**  
*Tiempos de ciclo de minado*

Limpieza	08:20	00:33	08:53
empernado antes de media guardia	08:53	02:47	11:40
empernado después de media guardia	13:20	02:27	15:47
Perforación	15:47	00:54	16:41
Carguío	16:41	01:03	17:45

Fuente: propia

Por lo que, se tiene aproximadamente 2 horas y 47 minutos para el empernado antes de media guardia, y 2 horas y 27 minutos para el empernado después de media guardia, dado un total de 6 horas con 14 minutos en total en todo el día. Sin embargo, este tiempo es dado en situaciones en las que se requiere hacer un ciclo completo en una guardia, pero también hay labores en las que se puede trabajar en el sostenimiento, aunque se tenga planeado realizar voladura en la misma guardia, sino en la siguiente.

## 5.6.1 Tiempo de ciclo de minado con sostenimiento mecanizado de pernos

### 5.6.1.1 Instalación de pernos con Bolter

El equipo Bolter es un Jumbo Empernador cuyo propósito es la fortificación y de labores a través de la instalación de Pernos Split Set, Pernos Helicoidales, Pernos Hydrabolt.

Para el siguiente informe se hizo estudio a los pernos de sostenimiento, el cual es instalado usando el equipo bolter quien realiza la perforación, colocación del perno y se finaliza con la inyección de agua, el cual inflará al perno aumentando su diámetro.

En la Unidad se cuenta con el equipo Bolter 55. El equipo realiza la instalación de diferentes pernos y realiza sostenimiento en labores de avances. El equipo pertenece a la contrata IESA.

Con respecto a los parámetros de perforación de los taladros para la instalación de pernos, se detallan a continuación:

**Tabla 13**  
*Parámetros de perforación*

Descripción	Medida	Unidad
Diámetro de perforación	36	Mm
Diámetro del perno	29	Mm
Malla de perforación	1.2 * 1.2	M
Longitud de perno	7	Pies
Longitud de taladro	8	Pies

Fuente: propia

### 5.6.1.2 Ciclo de instalación de pernos

Cuando se realizó la toma de tiempos se determinó el ciclo de empernado con un tiempo total de 2.67 min/m, considerando dentro de las acciones a realizar para cada perno el posicionamiento, perforación, barrido, inyección de resina, colocado de perno, y el reabastecimiento de perno al equipo (perno-equipo) para volver a realizar las mismas acciones; además obteniéndose los tiempos

unitarios de cada componente del ciclo, el cual es detallado en la tabla siguiente.

**Tabla 14**  
*Ciclo de instalación de Pernos*

Descripción	Unidad	Tiempo
1. Posicionamiento	Min/perno	0.32
2. Perforación	Min/perno	1.01
3. Barrido	Min/perno	0.24
4. Inyección de resina	Min/perno	0.45
5. Colocado de perno	Min/perno	0.47
6. Perno-equipos	Min/perno	0.18
<b>Total</b>	<b>Min/perno</b>	<b>2.67</b>

Fuente: propia

A continuación, se muestra las gráficas que detallan la distribución del ciclo de perforación para ver que componente tiene mayor duración.

### 5.6.1.3 Velocidad de perforación y empernado

La velocidad de se entiende como la longitud de taladro perforado por una unidad de tiempo; en la siguiente tabla se muestra el promedio de cada uno de estas velocidades.

**Tabla 15**  
*Rapidez de sostenimiento con perno*

Actividad	Velocidad (m/min)	Velocidad (m/hora)
Perforación	1.47	88.32
Colocación de perno	0.88	52.76

Fuente: propia

### 5.6.1.4 Indicadores de sostenimiento con perno de sostenimiento

Los KPIs son métricas que nos ayudan a identificar el rendimiento de una determinada actividad. Estas unidades de medida nos indican nuestro nivel de desempeño en base a los objetivos que hemos fijado con anterioridad.

De acuerdo a los siguientes indicadores se podrá realizar la progresión diaria de trabajo del equipo.

**Tabla 16**  
*Rapidez de sostenimiento de pernos*

<b>Indicadores</b>	<b>Unidad</b>	<b>Tiempo</b>
Horas Efectivas de operación por guardia de equipo	Hr/guardia	4.31
Tiempo de empernado	Min/m	1.18
Metros por guardia	m/guardia	227.31
Pernos por guardia	Tal/guardia	107
Utilización requerida	%	0.42
Disp. Mecánica	%	0.85
Nº de labores	Labores/guardia	6

Fuente: propia.

#### 5.6.1.5 Tiempos no efectivos en sostenimiento con pernos

##### Tiempos no efectivos gestionables

Son aquellas demoras encontradas durante el tiempo efectivo de trabajo que hacen que el trabajo se demore/retrase. Siendo estos tiempos reducidos realizando mayor coordinación y atención con el supervisor.

Tiempos no efectivos gestionables de sostenimiento con pernos

**Tabla 17**  
*Rapidez de sostenimiento de pernos*

<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Tiempo</b>
Abastecimiento de pernos	Horas/guardia	0.07
Traslado de equipo	Horas/guardia	0.59
Ajuste de manguera de agua	Horas/guardia	0.09
Espera de orden de trabajo	Horas/guardia	0.10
<b>Total</b>	<b>Horas/guardia</b>	<b>0.85</b>

Fuente: propia



### Tiempos no efectivos no gestionables

Se evaluó que los siguientes tiempos no pueden ser optimizados porque siempre se van a dar durante la guardia siendo además de estas necesarias para poder realizar las actividades por los colaboradores.

**Tabla 18**

*Tiempos no efectivos no gestionables*

Descripción	Unidad	Tiempo
Reparto de guardia	Horas/guardia	0.87
Traslado de personal a interior mina.	Horas/guardia	0.19
Inspección Equipo y llenado herramientas gestión	Horas/guardia	0.59
Inspección de labor	Horas/guardia	0.04
Coordinación con supervisión	Horas/guardia	0.01
Instalación y desinstalación de equipo	Horas/guardia	0.21
Marcado de malla de sostenimiento	Horas/guardia	0.05
Refrigerio	Horas/guardia	1.04
Lavado de equipo	Horas/guardia	0.16
Traslado de personal interior mina a superficie	Horas/guardia	0.38
<b>Total</b>	<b>Horas/guardia</b>	<b>3.54</b>

Fuente: propia

#### 5.6.1.6 Cálculo de avance lineal usando el método mecanizado

Considerando las dimensiones de la labor las cuales son:

- Ancho : 3.5 m
- Alto : 3.5 m
- Avance : 2.47 m

Se tiene como área a sostener:

$$\text{Área} = 2 * \text{Alto} * \text{avance} + \text{Ancho} * \text{Avance}$$

$$\text{Área} = 2 * \text{Alto} * \text{avance} + \text{Ancho} * \text{Avance}$$

$$\text{Área} = 2 * 3.5 \text{ m} * 2.47 \text{ m} + 3.5 \text{ m} * 2.47 \text{ m}$$



$$\text{Área} = 25.92 \text{ m}^2$$

La malla de perforación de taladros de sostenimiento para este caso que tiene un tipo de roca competente ya que se hace en roca compacta, es de 1.2 m \* 1.2 m

$$\text{Pernos por fila} = \text{Ancho de labor} / 1.2 \text{ m}$$

$$\text{Pernos por fila} = 2.47 \text{ m} / 1.2 \text{ m}$$

$$\text{Pernos por fila} = 2$$

$$\text{Pernos por columna} = \text{longitud total de labor} / 1.2 \text{ m}$$

$$\text{Pernos por columna} = 10.5 / 1.2 \text{ m}$$

$$\text{Pernos por columna} = 9$$

Entonces, el número de pernos que se instalarán en cada frente es:

$$\text{Número de pernos} = \text{Pernos por fila} * \text{Pernos por columna} + 2$$

$$\text{Número de pernos} = 2 * 9 + 2$$

$$\text{Número de pernos} = 20$$

Teniendo en cuenta eso, el tiempo que tomará el empernado convencional es de:

**Tabla 19**  
*tiempo de empernado convencional*

Número de pernos por frente	20
tiempo total por frente (min)	53.4
tiempo total por frente (hr)	0.89

Fuente: propia

Entonces, con el método mecanizado, tomará aproximadamente 0.89 hr realizar el sostenimiento.



Número de sostenimientos por guardia:

Teniendo en cuenta los tiempos mostrados anteriormente:

**Tabla 20**

*Tiempo ciclo de perforación*

Limpieza	08:20	00:33	08:53
empernado antes de media guardia	08:53	02:47	11:40
empernado después de media guardia	13:20	02:27	15:47
Perforación	15:47	00:54	16:41
Carguío	16:41	01:03	17:45

Fuente: propia

Durante las horas de empernado se pueden hacer:

$$\begin{aligned}
 &T. \text{ empernado} \\
 &= \text{empernado antes de } 1/2 \text{ guardia} \\
 &+ \text{empernado después de } 1/2 \text{ guardia}
 \end{aligned}$$

$$T. \text{ empernado} = 2 \text{ hrs } 47 \text{ min} + 2 \text{ hrs } 27 \text{ min}$$

$$T. \text{ empernado} = 5 \text{ hrs } 14 \text{ min}$$

Durante este intervalo de tiempo el número de empernado de frente será un total de:

$$\text{Núm. empernados} = \frac{\text{Tiempo empernado (hr)}}{\text{Tiempo por frente (hr)}}$$

$$\text{Núm. empernados} = \frac{5.23 \text{ hr}}{0.89 \text{ hr}}$$

$$\text{Núm. empernados} = 5.88 \text{ frentes}$$





**Tabla 21**

*Resumen de tiempos*

Tiempo total de empernado	05:14
tiempo (hr)	5.23
tiempo por frente (hr)	0.89
número de frentes (unid)	5.88

Fuente: propia

Esto quiere decir que por cada equipo de sostenimiento de pernos mecanizado se puede realizar 5 frentes en los cuales se puede realizar un ciclado de minado por guardia.

En la unidad minera se tiene un total de 2 grupos encargados de realizar el sostenimiento con pernos, un equipo que trabajará de forma convencional mientras que otro equipo lo hará con el método mecanizado, por lo que se puede hacer ciclado por guardia en 7 frentes, además de que pueden realizar el equipo con empernado convencional un frente y el mecanizado dos frentes los cuales se harán el minado cada 2 guardias, e incluso sobraría tiempo.

Entonces, total de disparos por guardia serán de 10, esto nos da un avance lineal de:

***Avance lineal por guardia***

$$= \text{nro disparos por guardia} * \text{avance por disparo}$$

$$\text{Avance lineal por guardia} = 10 * 2.47 \text{ m}$$

$$\text{Avance lineal por guardia} = 24.69 \text{ m}$$

El avance por día será de:

$$\text{Avance lineal por dia} = \text{Avance lineal por guardia} * \text{nro. guardias por día}$$

$$\text{Avance lineal por guardia} = 24.69 \text{ m} * 2$$

$$\text{Avance lineal por dia} = 49.38 \text{ m}$$

El avance lineal por mes será de:



***Avance lineal por mes = Avance lineal por día \* nro. días al mes***

$$Avance\ lineal\ por\ mes = 49.38\ m * 30$$

$$Avance\ lineal\ por\ mes = 1481.33\ m$$

### 5.6.2 Resumen de cálculos

**Tabla 22**

*Resumen de cálculos de empernado y avance*

Descripción	Empernado convencional	Empernado mecanizado
Tiempo por perno (min)	5.81	2.67
Número aprox. de pernos/frente	20	20
Tiempo por frente (hr)	1.94	0.89
Número de frentes sostenidos	6	10
Avance lineal por guardia (m)	14.81	24.69
Avance lineal por día (m)	29.63	49.38
Avance lineal por mes (m)	888.80	1481.33

Fuente: propia

### 5.6.3 Mejora de avance lineal

Avance lineal por mes convencional : 888.80 m/mes

Avance lineal por mes mecanizado : 1491.33 m/mes

Con el método mecanizado existe un aumento en el avance lineal con respecto al método convencional, el cual es de:

***Aumento de avance lineal***

$$= Av.\ lineal\ mec/mes - Av.\ lineal\ conv/mes$$

$$Aumento\ de\ avance\ lineal = 1491.33\ m/mes - 888.80\ m/mes$$

$$Aumento\ de\ avance\ lineal = 602.53\ m/mes$$

Porcentaje de aumento de avance lineal por mes:

***Aumento de av. lineal porc.***

***= Aumento de avance lineal \* 100 / Av. lineal conv***

$$\text{Aumento de avance lineal porcentual} = \frac{602.53 \text{ m/mes} * 100}{888.80 \text{ m/mes}}$$

$$\text{Aumento de avance lineal porcentual} = 67.79 \%$$

## 5.7 Costos De Operación

Determinación de los costos totales de conceptos de trabajo a través de la información proveniente de la planeación, programación y tecnología de las obras. y como, de los costos totales, expresados por el costo de sus recursos se derivan los costos unitarios.

El costo unitario se ha obtenido teniendo en cuenta materiales, mano de obra, maquinaria y se aprecia en las tablas mostradas en los siguientes subtítulos y serán separados de acuerdo al método utilizado para el sostenimiento con pernos.

### 5.7.1 Costo de sostenimiento por método convencional

Considerando las horas efectivas de trabajo por guardia, y el rendimiento de pernos por hora:

Horas de trabajo : 5.23

Minutos por perno : 5.81

Pernos por hora : 10.33

Entonces podemos calcular el número de pernos totales que se instalan por guardia:

***Pernos por guardia = horas de trabajo \* pernos por hora***

*Pernos por guardia = 5.123hr/guardia \* 10.33 pernos/hora*

*Pernos por guardia = 54.04 pernos/guardia*



### 5.7.2 Costo de mano de obra

**Tabla 23**

*Costo de mano de obra*

Descripción	unidad	cuadrilla	cantidad	Precio unitario US\$	Precio por perno US\$
Capataz	hh	1	0.175	5.08	0.89
operador manitou	hh	1	0.175	4.59	0.80
Operario	hh	1	0.350	3.14	1.10
Ayudante	hh	1	0.350	2.42	0.85
<b>Costo unitario</b>					<b>3.64</b>

Fuente: propia

### 5.7.3 Costo de materiales

**Tabla 24**

*Costo de materiales*

Descripción	unidad	cantidad	Precio US\$	Precio por perno US\$
Barreno cónico 8 pies	pza	0.006	205.16	1.23
Broca 41 mm	pza	0.014	27.72	0.39
Perno helicoidal 7 pies	pza	0.167	63.1	10.54
Placa de sujeción 200 x 200 x 5 mm	pza	1	2.8	2.80
Tuerca para perno de 32 mm	pza	1	2.63	2.63
Cemento portland tipo I	bls	0.2	6.69	1.34
Tubería HDPE de 4 pulg. Para aire	m	0.262	8.86	2.32
Tubería HDPE de 2 pulg. Para agua	m	0.262	2.64	0.69
Combustible generador QAS 325	gal/h	2.827	2.89	8.17
Combustible compresor Sullair 750	gal/h	2.12	2.89	6.13
Herramientas manuales y EPP	%MO	0.05	21.27	1.06
<b>Costo unitario</b>				<b>37.30</b>

Fuente: propia

### 5.7.4 Costo de equipos

**Tabla 25**  
*Costo de equipos*

Descripción	unidad	cuadrilla	cantidad	Precio US\$	Precio por perno US\$
Generador eléctrico	hm	1	0.175	4.48	0.78
Compresor	hm	1	0.175	15.11	2.64
Manitou	hm	1	0.175	31.1	5.44
Perforadora jack leg	hm	2	0.350	2.01	0.70
Bomba	hm	1	0.175	3.52	0.62
Bomba de agua	hm	1	0.175	4.84	0.85
<b>Costo unitario</b>					<b>11.04</b>

Fuente: propia

### 5.7.5 Costo total

Las tablas anteriores nos demuestran el costo unitario del método convencional de empernado con pernos helicoidales con un valor de 51.97 US\$/perno.

**Tabla 26**  
*Costo total*

Costo	precio por perno
Mano de obra	3.64
materiales	37.30
Equipos	11.04
<b>Total</b>	<b>51.97</b>

Fuente: propia

### 5.7.6 Costo de sostenimiento por método mecanizado

Considerando las horas efectivas de trabajo por guardia, y el rendimiento de pernos por hora:

Entonces podemos calcular el número de pernos totales que se instalan por guardia:

$$\text{Pernos por guardia} = \text{horas de trabajo} * \text{pernos por hora}$$

*Pernos por guardia = 5.23 hr/guardia \* 22.47 pernos/hora*

*Pernos por guardia = 117.60 pernos/guardia*

### 5.7.7 Costo de Mano de obra

**Tabla 27**  
*Costo total*

Descripción	unidad	cuadrilla	cantidad	Precio US\$	Precio parcial US\$
Capataz	hh	1	0.08	5.08	0.41
Operario	hh	2	0.16	4.05	0.65
Ayudante	hh	1	0.08	2.9	0.23
<b>Costo unitario</b>					<b>1.29</b>

Fuente: propia

### 5.7.8 Costo de Materiales

**Tabla 28**  
*Costo de Materiales*

Descripción	unidad	cantidad	Precio US\$	Precio parcial US\$
Barra T38 R32 X 12pies	pza	0.001	391.17	0.39
Broca 41 mm	pza	0.007	70.11	0.49
Shank adapter	pza	0.001	307.93	0.31
Acople T38	pza	0.001	82.39	0.08
Perno helicoidal 25 mm	pza	0.25	41.72	10.43
Placa de sujeción 150 x 150 x 5 mm	bls	1	2.42	2.42
Tuerca para perno	m	1	2.08	2.08
Cemento portland Tipo I	m	0.25	6.69	1.67
Tubería HDPE de 2 pulg. Para agua	gal/h	0.262	2.64	0.69
Combustible generador QAS 500	gal/h	1.708	2.89	4.94
Herramientas manuales y EPP	%MO	0.05	22.72	1.14
<b>Costo unitario</b>				<b>24.64</b>

Fuente: propia

### 5.7.9 Costo de equipos

**Tabla 29**  
*Costo de equipos*

Descripción	unidad	cuadrilla	cantidad	Precio US\$	Precio parcial US\$
Bolter 55	hm	1	0.08	59.66	4.80
Generador Electrico QAS 500	hm	1	0.08	5.7	0.46
Bomba lechadora	hm	1	0.08	3.52	0.28
Bomba de agua	hm	1	0.08	4.85	0.39
<b>Costo unitario</b>					<b>5.93</b>

Fuente: propia

### 5.7.10 Costo total

Estas tablas demuestran que el método de sostenimiento con pernos helicoidales ecanozado tiene un valor de costo unitario de 31.86 US\$/perno.

**Tabla 30**  
*Costo total*

Costo	precio por perno
Mano de obra	1.29
materiales	24.64
equipos	5.93
<b>total</b>	<b>31.86</b>

Fuente: propia

### 5.7.11 Reducción de costo unitario comparativo en el sostenimiento convencional y mecanizado

**Tabla 31**  
*Costo comparativo*

Costo comparativo	
Precio unitario por sostenimiento convencional (US\$/perno)	51.97
Precio unitario por sostenimiento mecanizado (US\$/perno)	31.86

Fuente: propia

## 5.8 Optimización De Tiempos Operativos

Análisis de tiempo por metro avanzado lineal:

Parámetros:

**Tabla 32**

*Avance por disparo*

<b>Avance por disparo</b>	
Ancho de labor (m)	3.5
Alto de labor (m)	3.5
Long. Barreno (m)	3.048
Eff. Perforación	0.9
Eff. Voladura	0.9
Avance efectivo por disparo (m)	2.47

Fuente: propia

Teniendo como avance por disparo un aproximado de 2.47 metros, determinamos el tiempo que conlleva realizar el avance de éste, en lo que respecta al sostenimiento con pernos, realizándolo por método convencional y método mecanizado:

### 5.8.1 Tiempo de sostenimiento por metro avanzado por método convencional

De los datos mostrados anteriormente:

**Tabla 33**

*Tiempo de sostenimiento por metro avanzado por método convencional*

<b>descripción</b>	<b>unidad</b>	<b>tiempo</b>
posicionamiento	min/perno	1.79
Perforación	Min/perno	1.71
Barrido	Min/perno	0.24
Inyección de resina	Min/perno	1.15
Colocado de perno	Min/perno	0.57
Aseguramiento con tuerca	Min/perno	0.35
<b>Total</b>	<b>Min/perno</b>	<b>5.81</b>

Fuente: propia



En cada disparo avanzado, se realiza una instalación de aproximadamente 20 pernos, entonces el tiempo necesario para sostener un frente es de:

$$\begin{aligned} \textit{T tiempo total por frente (min)} \\ = \textit{ Num.de pernos * tiempo de instl/perno} \end{aligned}$$

$$\textit{T tiempo total por frente (min)} = 20 * 5.81 \textit{ min}$$

$$\textit{T tiempo total por frente (min)} = 116.2 \textit{ min}$$

En minutos será:

$$\textit{T tiempo total por frente (hr)} = \frac{116.2 \textit{ min}}{60 \textit{ min/hr}}$$

$$\textit{T tiempo total por frente (hr)} = 1.94 \textit{ hr}$$

**Tabla 34**  
*datos de trabajo en frente*

Número de pernos por frente	20
tiempo total por frente (min)	116.2
tiempo total por frente (hr)	1.94
Avance por disparo	2.47

Fuente: propia

Con estos datos, se puede realizar un cálculo de tiempo que toma por cada metro avanzado, siendo:

$$\textit{T tiempo / metro avanzado} = \frac{\textit{T tiempo por frente}}{\textit{metros avanzados por disparo}}$$

$$\textit{T tiempo / metro avanzado} = \frac{1.94 \textit{ hr}}{2.47 \textit{ m}}$$

$$\textit{T tiempo / metro avanzado} = 0.78 \textit{ hr/m. avanzado}$$

### 5.8.2 Tiempo de sostenimiento por metro avanzado por método mecanizado

De los datos mostrados anteriormente:

**Tabla 35**

*Tiempo de sostenimiento por metro avanzado*

	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Tiempo</b>
1.	Posicionamiento	Min/perno	0.32
2.	Perforación	Min/perno	1.01
3.	Barrido	Min/perno	0.24
4.	Inyección de resina	Min/perno	0.45
5.	Colocado de perno	Min/perno	0.47
6.	Perno-equipos	Min/perno	0.18
	<b>Total</b>	<b>Min/perno</b>	<b>2.67</b>

Fuente: Elaboración propia

En cada disparo avanzado, se realiza una instalación de aproximadamente 20 pernos, entonces el tiempo necesario para sostener un frente es de:

***Tiempo total por frente (min)***

***= Num. de pernos \* tiempo de instl/perno***

*Tiempo total por frente (min) = 20 \* 2.67 min*

*Tiempo total por frente (min) = 53.4 min*

En minutos será:

$$Tiempo\ total\ por\ frente\ (hr) = \frac{53.4\ min}{60\ min/hr}$$

*Tiempo total por frente (hr) = 0.89 hr*

**Tabla 36**

*Datos de trabajo por frente*

Número de pernos por frente	20
tiempo total por frente (min)	53.4
tiempo total por frente (hr)	0.89
Avance por disparo	2.47

Fuente: propia

Con estos datos, se puede realizar un cálculo de tiempo que toma por cada metro avanzado, siendo:

$$\textit{Tiempo} / \textit{metro avanzado} = \frac{\textit{Tiempo por frente}}{\textit{metros avanzados por disparo}}$$

$$\textit{Tiempo} / \textit{metro avanzado} = \frac{0.89 \textit{ hr}}{2.47 \textit{ m}}$$

$$\textit{Tiempo} / \textit{metro avanzado} = 0.36 \textit{ hr/m. avanzado}$$

### 5.8.3 Reducción de tiempo por método convencional y método mecanizado

**Tabla 37**  
*Comparación de tiempos*

<b>Comparación de tiempos</b>	
tiempo por metro avanzado por método convencional (hr)	0.784
Tiempo por método avanzado por método mecanizado (hr)	0.360

Fuente: propia

## 5.9 Discusión de resultados

De acuerdo con (CIEZA, y otros, 2019) en su tesis “Diseño de perforación y voladura para el incremento de avance lineal de la GL 350 S – NV 2 en la Sociedad Minera los Osos, 3 de Mayo Bella Rica – Ecuador” concluye que logró incrementar el avance lineal de un 20% de 0.84m a 1.10 m. Con este avance se calculó un promedio de avance en metros a partir de los reportes del área de la mina desde el mes de enero a abril un promedio de 23.55 m avanzados. Y después de la optimizado el avance mensual se incrementó con un promedio de 33.39 m lo cual confirma lo optimizado atreves del modelo matemático de Roger Holmberg. En el caso del presente trabajo de investigación el aumento del avance lineal es igual a 602.53 m/mes lo que en porcentajes este aumento de avance lineal porcentual es 67.79 % la diferencia es mayor que en el caso anterior porque el presente trabajo de investigación va en relación a la velocidad de sostenimiento con el jumbo empernador acelerando esta actividad.

De acuerdo con (DIAZ, y otros, 2019) en su tesis titulada “Optimización del avance lineal en las labores de exploración y desarrollo de la Unidad Minera Santa María -



Compañía Minera Poderosa S.A. con la aplicación de los criterios fundamentales de la ingeniería de la voladura” donde concluyó generar más cara libre para una mayor longitud de perforación (8 pies) frente a un avance convencional de 6 pies en una sección de 2.5 m x 2.7 m. donde se optimizo el avance lineal en las zonas de desmonte (cortadas), la cual depende directamente del diámetro de los taladros de alivio en el arranque y la desviación de perforación de los mismos. Para el caso del presente trabajo de investigación el avance lineal por mes en el sistema convencional era de 888.80 m/mes, después de que se haya realizado estos trabajos con el umbo empernado el avance lineal por mes mecanizado es de 1491.33 m/mes, haciendo que este avance sea importante para la dinámica de la actividad.

Según (FERNÁNDEZ, 2016) en su tesis titulada “Optimización de avance lineal, reemplazando las perforadoras jackleg por jumbo hidráulico en el proceso de perforación y voladura de la GLN1 y CRNE en Mina Consuelo de la Empresa Especializada New Horus S.A.C - Poderosa” determinó que reemplazando las perforadoras jackleg por jumbo hidráulico, se logró optimizar el avance lineal incrementándose en un 27% durante los últimos meses, producto de ello se pudo dar cumplimiento al programa de avance lineal, ya que se logró obtener un avance superior a 400 m mensuales. Se tuvo éxito debido a que se incrementó la eficiencia en los disparos (m /Disp.) en este trabajo el avance lineal es igual a 602.53 m/mes que es muy bueno para el avance.



## CAPÍTULO VI

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1 Conclusiones

- Se optimizó el minado subterráneo con equipos jumbo empernador para incrementar el avance lineal, donde por avance lineal con el jumbo empernador se tiene menores tiempos por la actividad realizada, donde los tiempos se visualizan en el ítem 4.1 del capítulo IV

Se mejoró tiempos de operación del empernado como se puede observar en la tabla N° 22.

- La mejora del avance lineal está dada de la siguiente forma.

$$\text{Aumento de avance lineal} = 1491.33 \text{ m/mes} - 888.80 \text{ m/mes}$$

$$\text{Aumento de avance lineal} = 602.53 \text{ m/mes}$$

Lo que en porcentajes es:

Aumento de avance lineal porcentual=67.79 %

- Se redujo los costos de operación del empernado convencional al mecanizado donde se muestra en la tabla N°31
- Se redujo los tiempos operativos de tal manera que con el mecanizado los tiempos operativos son más óptimos que el con el empernado convencional, los resultados de la mejora de los tiempos operativos se encuentran en la tabla N° 37.



## 6.2 Recomendaciones

Se recomienda que al igual que los trabajos de empernado para optimizar el minado subterráneo se contemple otras actividades importantes como las operaciones en frente y la capacidad de acarreo de mineral volado.

Optimizar los tiempos de ciclado de operaciones unitarias previas al sostenimiento con pernos, a través de coordinaciones y/o estandarizaciones adecuadas para reducir tiempos de demoras.

Realizar un mantenimiento de vías de manera permanente y adecuado que permita agilizar el traslado de equipo y reducir el mantenimiento

Implementar un conteo de pernos periódico para llevar un control de la cantidad de pernos que se instalan por parte de IESA.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APAZA, Nilson. 2018. [www.academia.edu](http://www.academia.edu). *www.academia.edu*. [En línea] Academia.Edu, 2018. [Citado el: 20 de Noviembre de 2018.] [https://www.academia.edu/13900797/CICLO\\_DE\\_MINADO](https://www.academia.edu/13900797/CICLO_DE_MINADO).
- ARPI, Choque Luis. 2018. [www.academia.edu](http://www.academia.edu). *www.academia.edu*. [En línea] academia.edu, 2018. [Citado el: 26 de Abril de 2019.] [https://www.academia.edu/33722149/Rellenos\\_en\\_mineria](https://www.academia.edu/33722149/Rellenos_en_mineria).
- CAMPOS, Arzapalo Edmundo. 2013. *scribd. scribd*. [En línea] 27 de Abril de 2013. [Citado el: 8 de OCTUBRE de 2018.] <https://es.scribd.com/doc/138181084/Mina-Pallancata>.
- CASTRO, Raúl. 2018. [minas.uchile.cl](http://minas.uchile.cl). *minas.uchile.cl*. [En línea] Universidad de Chile, 2018. [Citado el: 28 de Marzo de 2019.] <http://www.minas.uchile.cl/investigacion/lineas-de-investigacion/disenoy-planificacion-minera>.
- CHARAJA MARICO, HAROLD EFRAIN. 2014. *Planeamiento estrategico y operacional con uso del software datamine en mina subterranea condestable*. 2014.
- CHARAJA, Larico Harold Efrain. 2014. [repositorio.unsa.edu.pe](http://repositorio.unsa.edu.pe). *repositorio.unsa.edu.pe*. [En línea] 2014. [Citado el: 18 de Septiembre de 2018.] <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/3849/MIchlahe106.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- CHAVEZ, VALDIVIA ADOLFO JESUS. 2013. *Plan de minado*. UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA, LIMA : 2013.
- CHÁVEZ, Vásquez Clint Jesús y HUAMANÍ, Rodríguez José Carlos. 2017. *Optimización de los tiempos operativos de los equipos trackless para el logro de la productividad en la compañía minera volcan, unidad chungar – 2017*. UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC, Abancay, Abancay, Perú : 2017.
- CIEZA, Montaña Cristian Edinson y HUANCAS, Tocto Ana Milena. 2019. *Diseño de perforación y voladura para el incremento de avance lineal de la GL 350 S – NV 2 en la Sociedad Minera los Osos, 3 de Mayo Bella Rica – Ecuador*. Universidad César Vallejo, 3 de Mayo Bella Rica, Ecuador : 2019.



- DE LA CRUZ, Carrasco Estanislao. 1999. *revistasinvestigacion.unmsm. revistasinvestigacion.unmsm*. [En línea] 1999. [Citado el: 3 de Octubre de 2018.] <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/viewFile/2121/1837>.
- DIAZ, Bustamante Gianlucas Wanderley y Sotelo, Molero Cesar David. 2019. *“Optimización del avance lineal en las labores de exploración y desarrollo de la Unidad Minera Santa María - Compañía Minera Poderosa S.A. con la aplicación de los criterios fundamentales de la ingeniería de la voladura”*. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Lima, Perú : Ed. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2019.
- ENAMI. 2014. [www.sonami.cl](http://www.sonami.cl). *www.sonami.cl*. [En línea] [sonami.cl](http://www.sonami.cl), MAYO de 2014. [Citado el: 15 de Diciembre de 2018.] <https://www.sonami.cl/v2/wp-content/uploads/2016/03/6.perforacion-y-tronadura.pdf>.
- FERNÁNDEZ, Tirado Javier Ángel. 2016. *“Optimización de avance lineal, reemplazando las perforadoras jackleg por jumbo hidráulico en el proceso de perforación y voladura de la GLNI y CRNE en Mina Consuelo de la Empresa Especializada New Horus S.A.C - Poderosa”*. Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Trujillo, Peru : Ed. Universidad Nacional de Trujillo , 2016.
- . 2016. *“Optimización de avance lineal, reemplazando las perforadoras jackleg por jumbo hidráulico en el proceso de perforación y voladura de la GLNI y CRNE en Mina Consuelo de la Empresa Especializada New Horus S.A.C - Poderosa”*. UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO, Trujillo, Peru : 2016.
- GECO. 2018. [geco.mineroartesanal.com](http://geco.mineroartesanal.com). *geco.mineroartesanal.com*. [En línea] “Cerro Rico” AREQUIPA-PERU, 2018. [Citado el: 28 de Noviembre de 2018.] [http://geco.mineroartesanal.com/tiki-download\\_wiki\\_attachment.php?attId=1201](http://geco.mineroartesanal.com/tiki-download_wiki_attachment.php?attId=1201).
- HUARCAYA, Ccopa Elmer Rene. 2017. *OPTIMIZACIÓN DE AVANCE LINEAL EN LA CONSTRUCCIÓN DEL BY PASS SAN IGNACIO MEDIANTE LA EVALUACIÓN DE OPERACIONES UNITARIAS EN LA MINERA J.S. NATIVIDAD - LA RINCONADA*. UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO, Puno, Perú : 2017.
- MMGC, Ministerio de Minería Gobierno de Chile. 2018. [www.minmineria.gob.cl](http://www.minmineria.gob.cl). *www.minmineria.gob.cl*. [En línea] Ministerio de Minería Gobierno de Chile, 2018. [Citado el: 12 de Diciembre de 2018.] <http://www.minmineria.gob.cl/glosario-minero-c/carguio/>.





- Osnayo Ramos, Teofilo. 2016. *RECUPERACIÓN DE PUENTES POR EL MÉTODO DE DERRIBO POR SUBNIVELES EN LA U.E.A.PALLANCATA - 2014*. UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA, AYACUCHO, PERU : 2016.
- RODRIGEZ, Desa Jorge W. 2015. es.slideshare.net. *es.slideshare.net*. [En línea] Universidad Nacional de Huancavelica, 2015. [Citado el: 28 de Noviembre de 2018.] <https://es.slideshare.net/JhoelPalomino/rampas-en-mineria>.
- RODRÍGUEZ, Cayllahua Guillermo. 2016. centrotecnico.com. *centrotecnico.com*. [En línea] Centro geotecnico Internacional, 12 de Febrero de 2016. [Citado el: 20 de Abril de 2018.] <https://centrotecnico.com/blog-geotecnia-geomecanica/seleccion-del-metodo-de-minado-segun-nicholas.html>.
- SMITH, alva carlos eduardo y ALEGRE, Huamán Ciro Manolo. 2018. iimp.org. *iimp.org*. [En línea] 19 de Octubre de 2018. [Citado el: 19 de Octubre de 2018.] [http://www.iimp.org.pe/website2/jueves/ultimo286/jm20120628\\_softminero.pdf](http://www.iimp.org.pe/website2/jueves/ultimo286/jm20120628_softminero.pdf).
- SULCA ROMERO, RAUL. 2015. "Evaluación técnico". Universidad Nacional San Cristobal de Huamanga, AYACUCHO : 2015.
- TICLLAHUMAN, Lima Edwin Orlando. 2019. *Planeamiento de minado a corto plazo para optimizar la producción en la Unidad Minera Pallancata de Hochschild Mining S.A.* univesidad continental, huancayo : 2019.
- Valencia Garcia, Edwin Omar. 2014. *Optimizacion del sistema de explotacion utilizado en la mina liga de oro*. Universidad Cental del Ecuador, Quito : 2014.
- VILLANUEVA, Serg. 2017. es.scribd.com. *es.scribd.com*. [En línea] Nomenclatura Labores Mina, 17 de Marzo de 2017. [Citado el: 12 de Abril de 2019.] <https://es.scribd.com/document/342129019/Nomenclatura-Labores-Mina>.
- VILLE, Jackson. 2014. www.equipo-minero.com. *www.equipo-minero.com*. [En línea] Minig Media International, Septiembre de 2014. [Citado el: 16 de Abril de 2018.] <https://www.equipo-minero.com/contenidos/seleccion-equipos-productividad-operaciones-carga-acarreo-subterranas/>.
- YAURI, chancayauri hector rafael. 2014. "EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL CAMBIO DE BARRAS "EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL CAMBIO DE BARRAS SECCIONES DE 3.5M X 3.5M MINA MINSUR S.A. UNIDAD SAN RAFAEL



– *E.E. AESA*”. UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA,  
Arequipa , Arequipa , Perú : 2014.



## ANEXOS



ANEXO N° I MATRIZ DE CONSISTENCIA

MATRIS DE CONSISTENCIA				
Problema	Objetivos	hipótesis	variables	dimensión
<p><b>Problema general</b></p> <p>¿Cómo se optimizará el minado subterráneo con equipos jumbo empernador para incrementar el avance lineal en la empresa IESA SA, U.P. Pallancata Hochschild Mining, Ayacucho 2018?</p>	<p><b>Objetivo general</b></p> <p>Optimizar el minado con equipos jumbo empernador para incrementar el avance lineal en la empresa IESA SA, U.P. Pallancata Hochschild Mining, Ayacucho 2018</p>	<p><b>Hipótesis general</b></p> <p>Se optimizo el minado subterráneo con equipos jumbo empernador para incrementar el avance lineal en la empresa IESA SA, U.P. Pallancata Hochschild Mining, Ayacucho 2018</p>	<p><b>Variable independiente</b></p> <p>Optimización de minado subterráneo con equipos jumbo empernador</p>	<p>Avance por guardia.</p> <p>Tiempos operativos</p> <p>Costos de operación</p>
<p><b>Problema específico</b></p> <p>¿En qué medida la optimización de minado subterráneo con equipos jumbo empernador incrementara el Avance por guardia en la empresa IESA SA, U.P. Pallancata Hochschild Mining, Ayacucho 2018?</p> <p>¿De qué manera se reducirán los tiempos operativos con la optimización de minado subterráneo usando equipos jumbo empernador para incrementar el avance lineal en la empresa IESA SA, U.P. Pallancata Hochschild Mining, Ayacucho 2018?</p> <p>¿En qué medida se reducirán los costos de operación con la optimización de minado subterráneo usando equipos jumbo empernador para incrementar el avance lineal en la empresa IESA SA, U.P. Pallancata Hochschild Mining, Ayacucho 2018?</p>	<p><b>Objetivos específico</b></p> <p>Determinar la medida en la que la optimización de minado subterráneo con equipos jumbo empernador incrementara el Avance por guardia en la empresa IESA SA, U.P. Pallancata Hochschild Mining, Ayacucho 2018</p> <p>Reducir los tiempos operativos con la optimización de minado subterráneo con equipos jumbo empernador para incrementar el avance lineal en la empresa IESA SA, U.P. Pallancata Hochschild Mining, Ayacucho 2018.</p> <p>Reducir los costos de operación con la optimización de minado subterráneo con equipos jumbo empernador para incrementar el avance lineal en la empresa IESA SA, U.P. Pallancata Hochschild Mining, Ayacucho 2018.</p>	<p><b>Hipótesis específico</b></p> <p>Se determinó la medida en la que la optimización de minado subterráneo con equipos jumbo empernador, incrementó el Avance por guardia en la empresa IESA SA, U.P. Pallancata Hochschild Mining, Ayacucho 2018</p> <p>Se redujeron los tiempos operativos con la optimización de minado subterráneo con equipos jumbo empernador para incrementar el avance lineal en la empresa IESA SA, U.P. Pallancata Hochschild Mining, Ayacucho 2018.</p> <p>Se redujeron los costos de operación con la optimización de minado subterráneo con equipos jumbo empernador para incrementar el avance lineal en la empresa IESA SA, U.P. Pallancata Hochschild Mining, Ayacucho 2018.</p>	<p><b>Variable dependiente</b></p> <p>incrementar el avance lineal en la empresa iesa s.a, u.p. pallancata hochschild mining</p>	<p>Cantidad de reservas.</p> <p>Disponibilidad de equipos</p> <p>Relación estéril-mineral.</p>

Fuente: Elaboración Propia



## ANEXO II

### Procedimiento de Sostenimiento con Jackleg

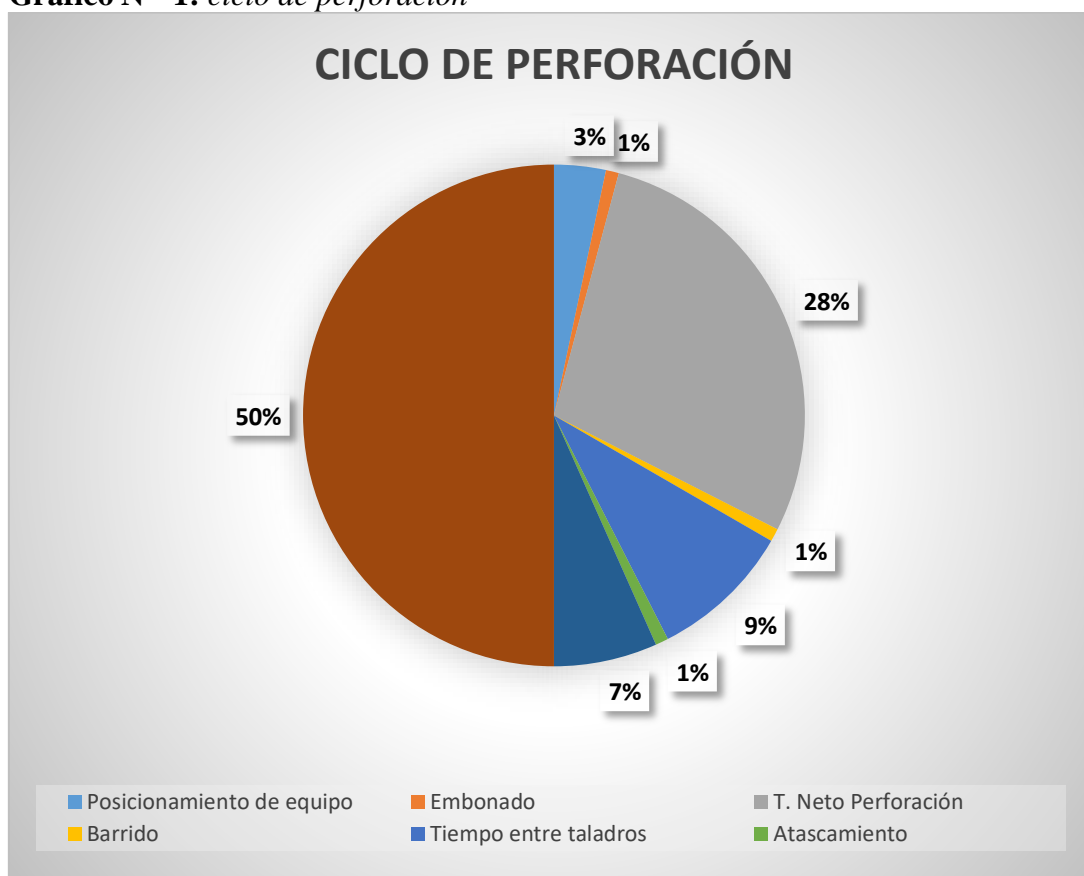
1. Verificar la ventilación, equipos, herramientas, tiros cortados, sostenimiento, fracturamiento del techo, hastiales y el frente de la labor.
2. Desatar las rocas sueltas de acuerdo al PETS de Desatado de rocas.
3. Realizar orden y limpieza.
4. Marcar la malla según mapeo geomecánico, usando la pintura en cantidad necesaria.
5. Instalar el equipo de perforación de acuerdo al PETS de perforación con máquina Jackleg. Utilizar Máquina perforadora con barra de avance de 5 pies para labores de secciones mayores a 3 x 3 m e inyectar pernos helicoidales de 7 pies.
6. Perforar taladro según el PETS de perforación con máquina Jackleg, a una longitud de 1,95 metros. Taladro perforado taladro inyectado.
7. Remojar los cartuchos cemcom 5 minutos en la bandeja con agua limpia para cada taladro: Introducir con un atacador: 2 resinas y 5 cemcon para pernos helicoidales de 7’
8. El ayudante coloca el perno helicoidal dentro del taladro hasta hacer contacto con el cemcon.
9. El ayudante coloca el adaptador en la bocina, alinear e introducir el perno en el adaptador, el perforista empuja ligeramente con el apoyo de la máquina perforadora, alinea y asegura la barra de avance y gira hasta llegar al tope, batir por 30 segundos.
10. Retirar la máquina perforadora.
11. Colocar la placa y la tuerca y ajustar con la llave de ajuste.
12. Repetir el procedimiento anterior hasta completar el sostenimiento,
13. Después de 10 minutos colocar las platinas y ajustar, es un sostenimiento activo.
14. Desinstalar la máquina perforadora.

Fuente: Seguridad industrial IESA



### ANEXO N° III GRAFICOS

Gráfico N° 1: ciclo de perforación



Fuente: propia

Gráfico N° 2: Tiempo no efectivo gestionable



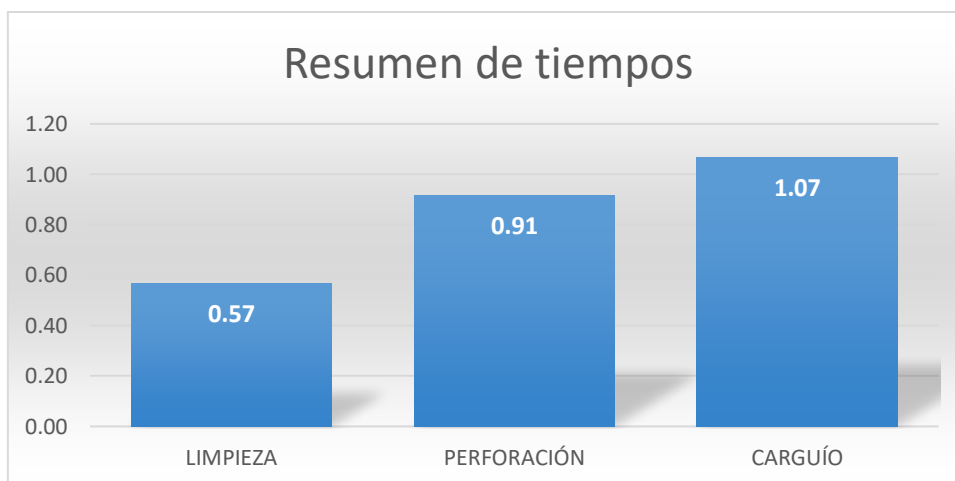
Fuente: propia

**Gráfico N° 3:** *Tiempos no efectivos no gestionables*



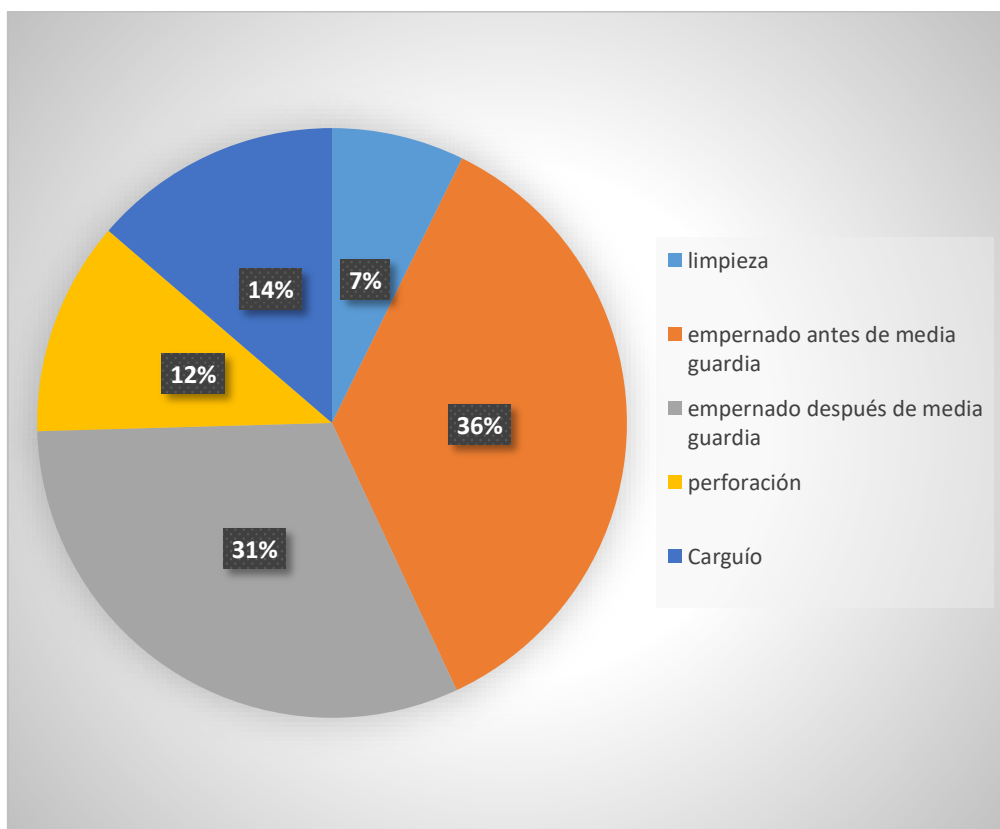
Fuente: propia

**Gráfico N° 4:** *Resumen de tiempos*



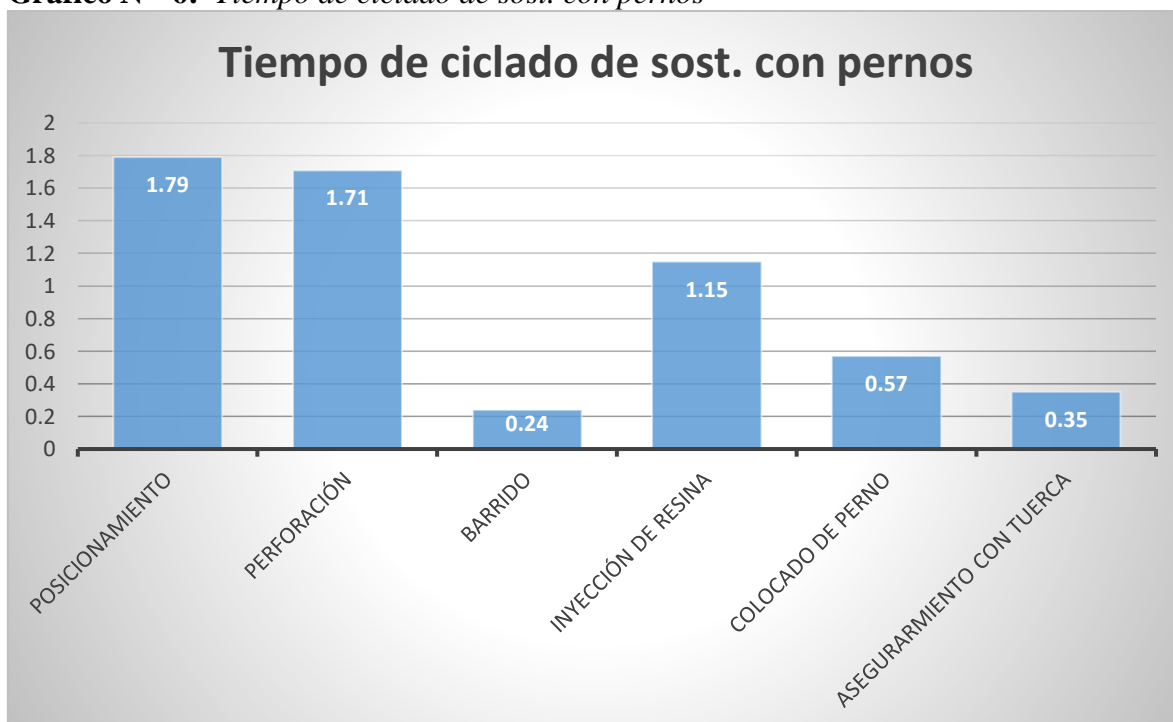
Fuente: propia

**Gráfico N° 5:** *Tiempos de ciclo de minado*



Fuente: propia

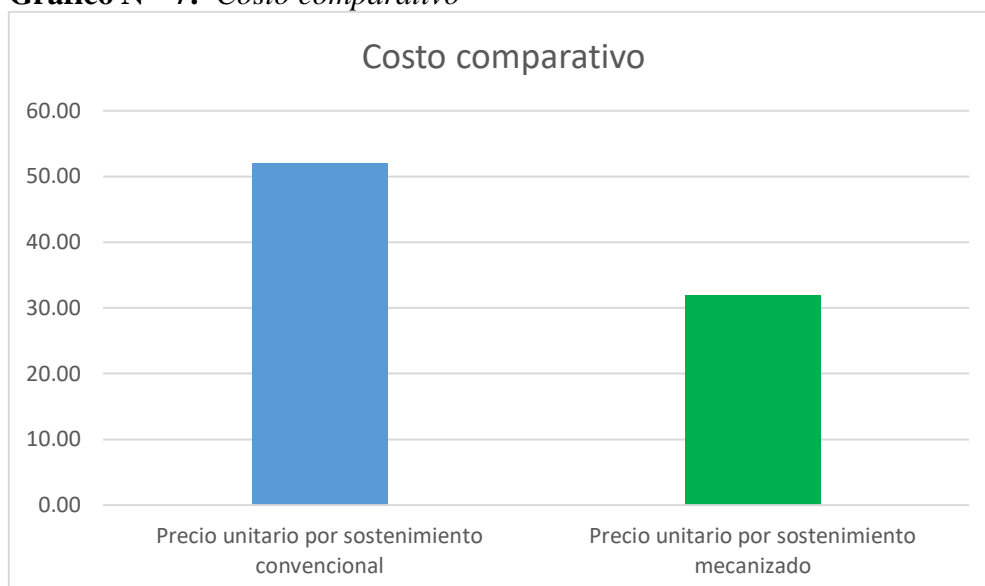
**Gráfico N° 6:** *Tiempo de ciclado de sost. con pernos*



Fuente: propia



**Gráfico N° 7:** *Costo comparativo*



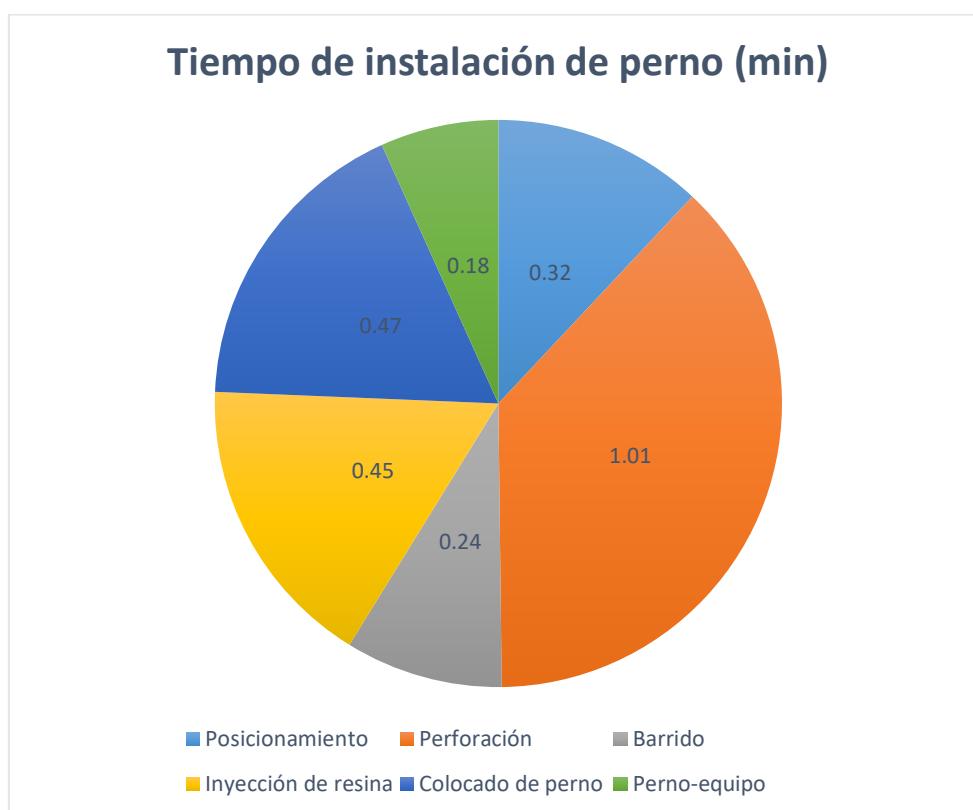
Fuente: propia

**Gráfico N° 8:** *Tiempo de Instalación de pernos (min)*



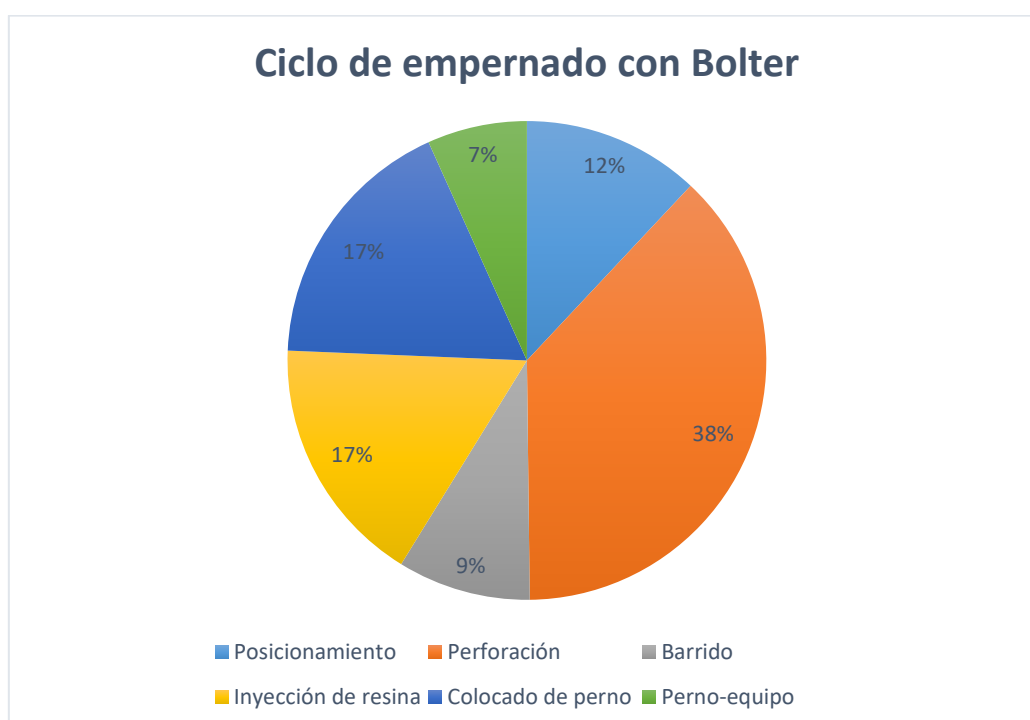
Fuente: propia

**Gráfico N° 9:** *Tiempo de instalación de perno (min)*



Fuente: propia

**Gráfico N° 10:** *Ciclo de empernado con Bolter*



Fuente: propia

**Gráfico N° 11:** *Comparativo de tiempo por método convencional y método mecanizado*



Fuente: propia

## ANEXO N° IV CÁLCULO DE VOLUMEN Y TONELAJE

### Volumen a limpiar por frente

Dimensiones:

Ancho de labor : 3.5 m

Alto de labor : 3.5 m

Avance por disparo = Long. Barreno \* Eff. Perforación \* Eff. Voladura

Avance por disparo = 3.048 \* 0.9 \* 0.9

Avance por disparo = 2.47 m

Entonces el volumen a limpiar por frente es de:

$$Volumen = Ancho de albor * Alto de labor * avance neto por disparo$$

$$Volumen = 3.5 m * 3.5 m * 2.47 m$$

$$Volumen = 30.24 m^3$$

En las características del equipo tenemos que:

- Capacidad de cuchara neta: 6 yd<sup>3</sup>
- Ciclo promedio de carguío: 4.85 min

Entonces, considerando que la densidad del material es de 2.17 ton/m<sup>3</sup>, entonces:

### **Capacidad de cuchara**

$$= Capacidad de cuchara neta * Densidad de material$$

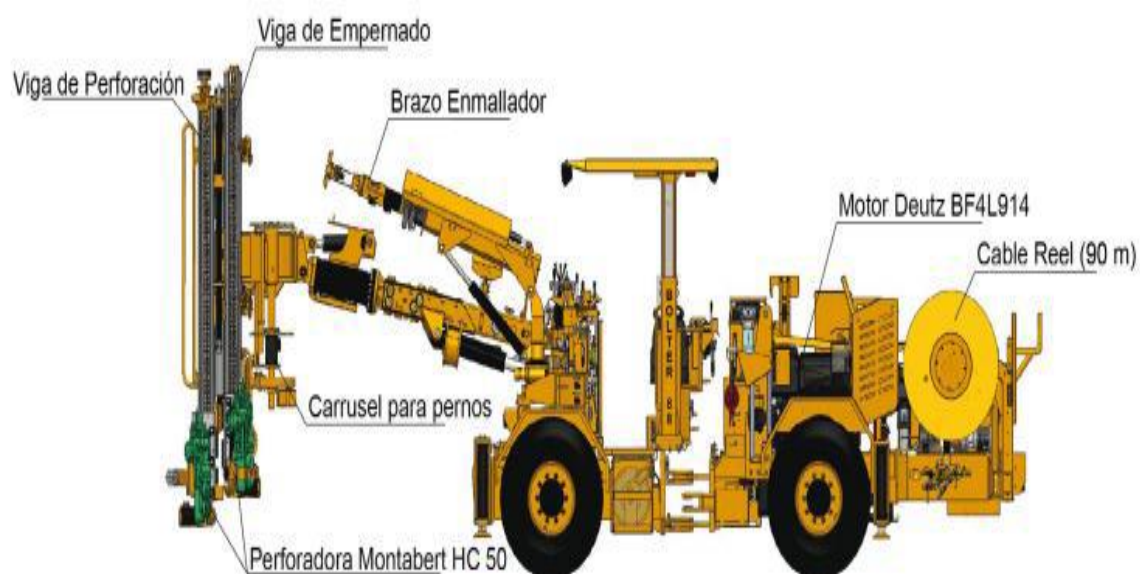
$$Capacidad de cuchara = 6 yd^3 * \frac{0.764555 m^3}{1 yd^3} * 2.17 \frac{ton}{m^3}$$

$$Capacidad de cuchara = 9.95 ton$$



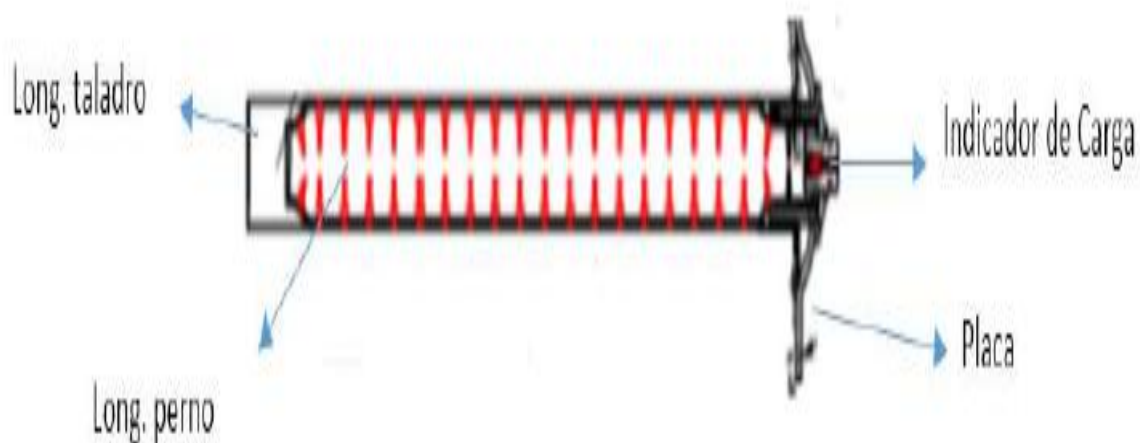
## ANEXO N° V FIGURAS

Figura N° 8: Jumbo Empernador



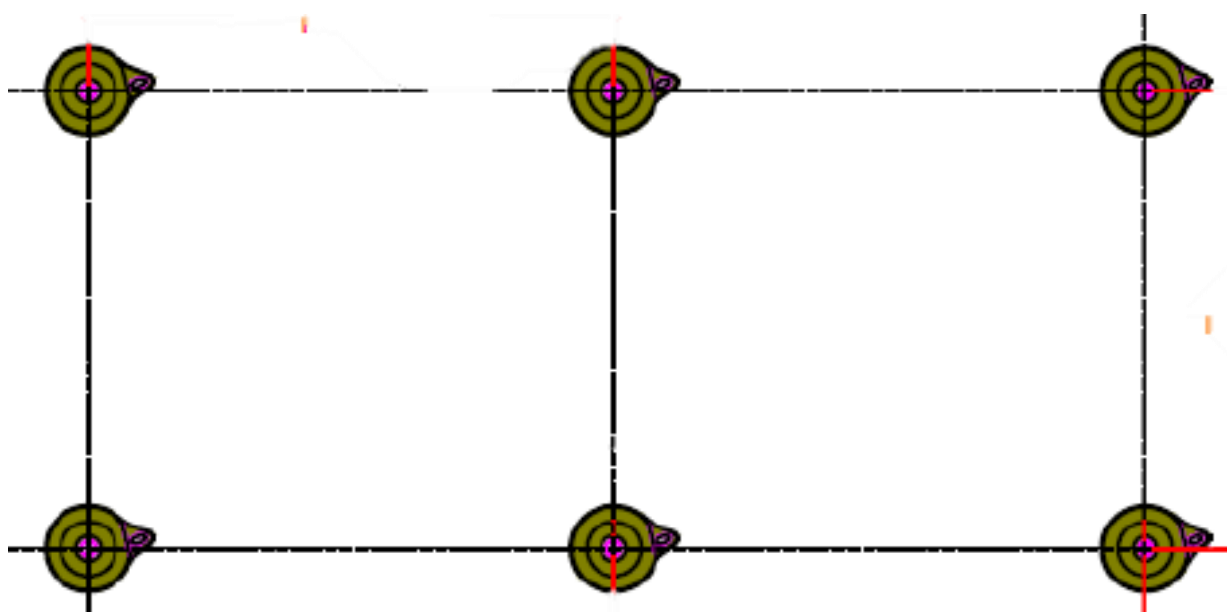
Fuente: Catalogo Bolter 55

Figura N° 9: Perno helicoidal



Fuente: Catalogo Bolter 55

Figura N° 10: Malla de pernos (1.2 m x 1.2 m)



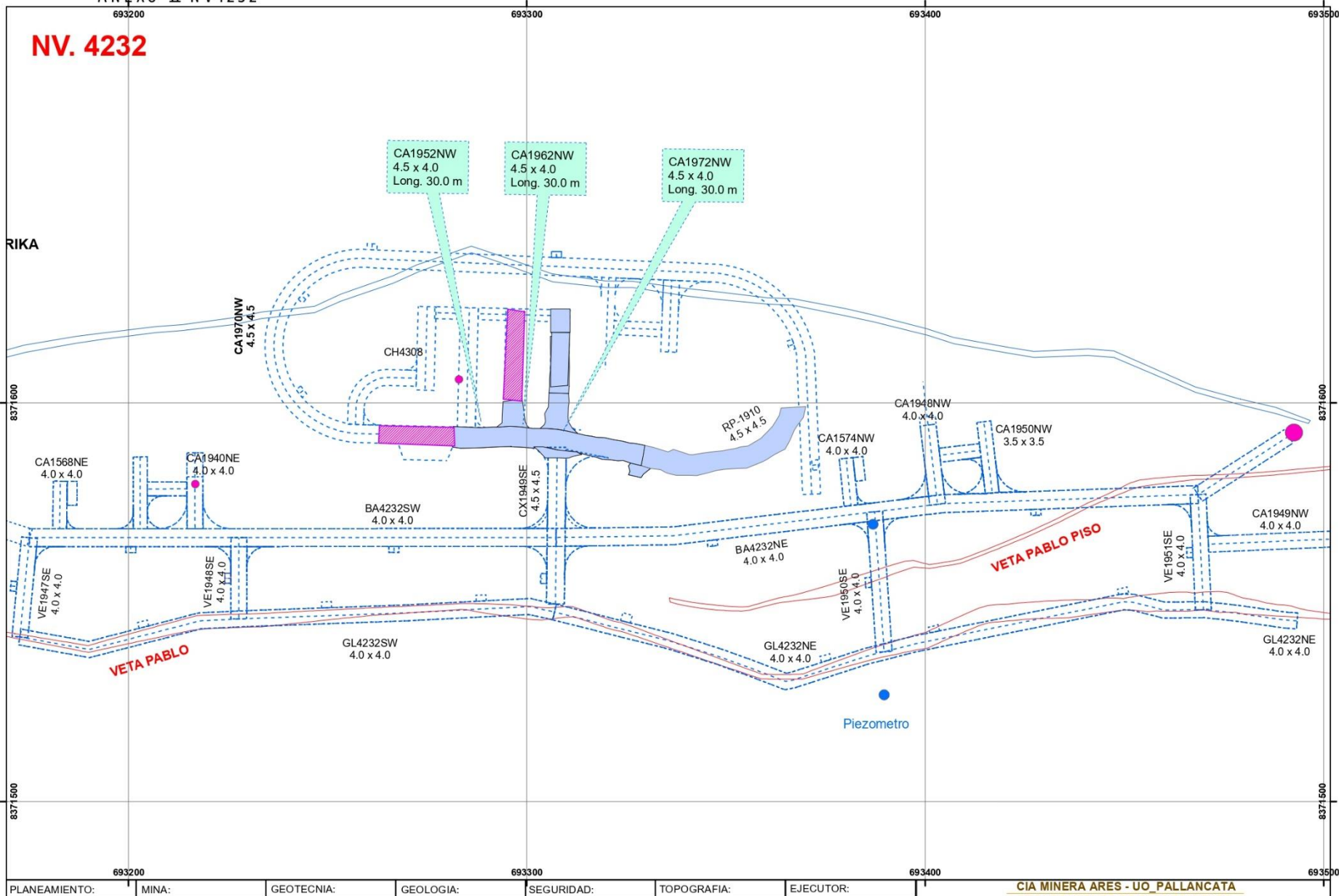
Fuente: Catalogo Bolter 55

Figura N° 11: Resina

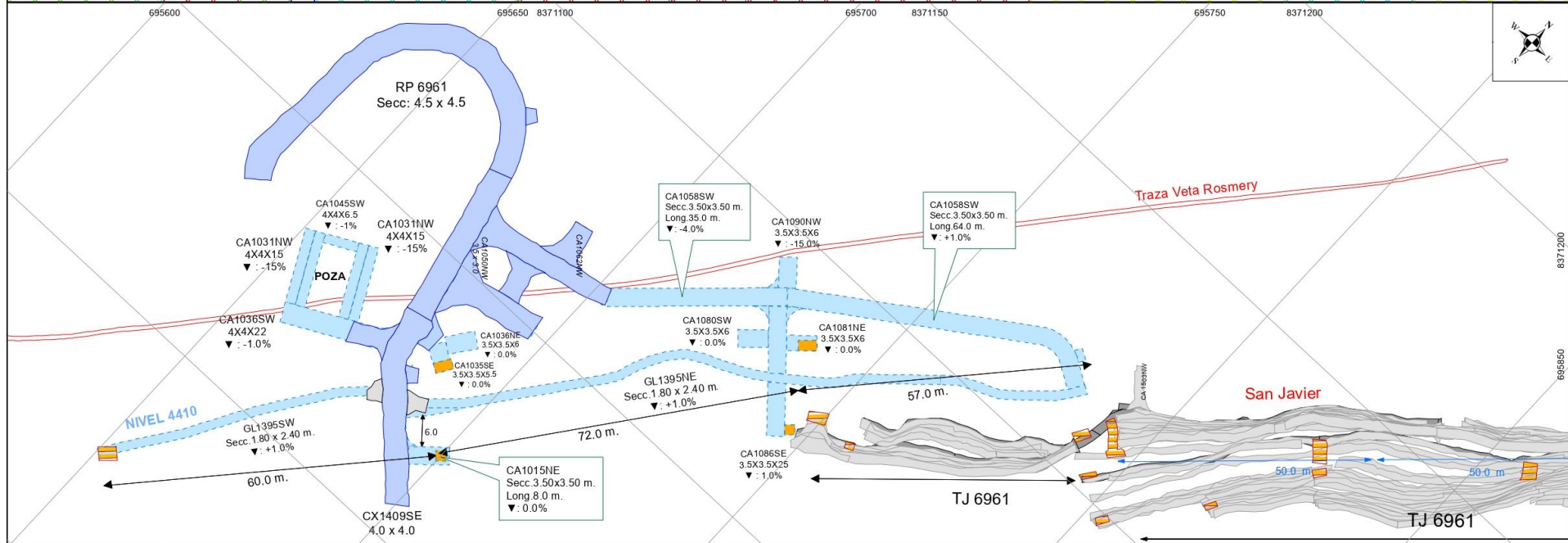
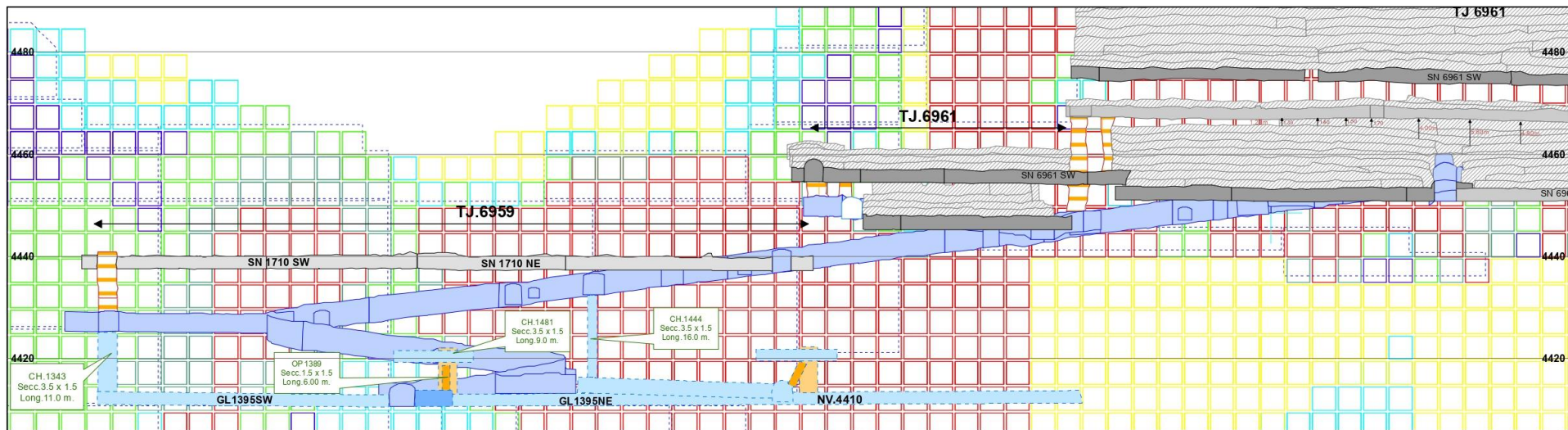



Fuente: Catalogo Bolter 55

ANEXO II NV4232



CIA MINERA ARES - UO PALLANCATA  
 DEPARTAMENTO DE PLANEAMIENTO UTM WGS-84  
 PLANTA NV. 4232  
 ZONA PABLO  
 ESCALA: 1:1000  
 FECHA: 27/03/2019  
 PLOT: -A3



PLANEAMIENTO:	MINA:	GEOTECNIA:	GEOLOGIA:	SEGURIDAD:	TOPOGRAFIA:	EJECUTOR:	<b>CIA MINERA ARES - UO PALLANCATA</b> <b>DEPARTAMENTO DE PLANEAMIENTO</b> <b>PLANTA</b> <b>Proy. Integral San Javier NV.4410</b> <b>VETA SAN JAVIER</b>	 ESCALA: 1:750 FECHA: 23/10/2019 FORMATO: A3







ANEXO III BOLTER 99

# BOLTER 99

Empernador para secciones medianas a grandes

---



---

Empernador BOLTER 99 para fortificación y enmallado mecanizado en secciones desde 3.5 x 3.5 hasta labores de 8.2 m de altura.

Equipado con Torreta de Empernado T99 con dos perforadoras Montabert, una HC 50 para la perforación y una HC 28 para emperrado y Carrusel de pernos. Puede instalar pernos Split Set, Helicoidales con resina y cemento, Hydrabolt, Swellex y Phytton. La opción de brazo enmallador permite realizar enmallado mecanizado. Toda la operación combinada se puede realizar de forma segura para el operador.

Chasis para trabajo pesado, articulado 4WD, auto propulsado con motor diésel, electrohidráulico para la perforación.

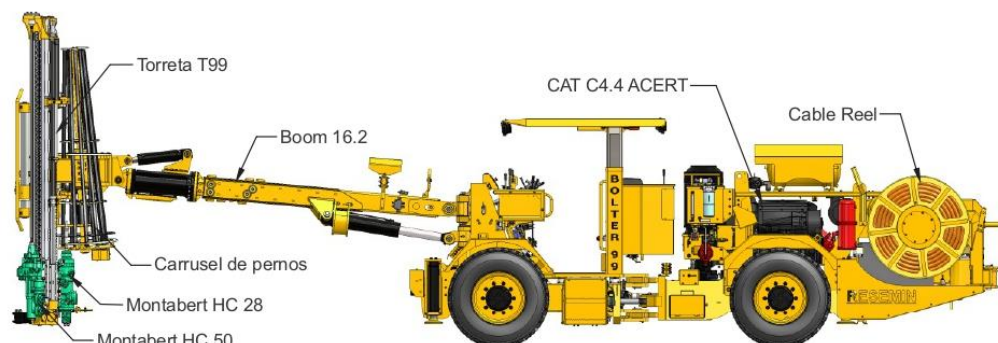
---

[www.resemin.com](http://www.resemin.com)

**RESEMIN** 



## ESPECIFICACIONES



### PERFORADORA

• Modelo (perforación)	Montabert HC 50
• Potencia de impacto	14 kW
• Presión de percusión	130 bar
• Frecuencia de percusión	62 Hz
• Velocidad de rotación	0 - 195 rpm
• Torque de rotación	415 Nm
• Diámetros de perforación	33 - 64 mm
• Shank adapter	R32 hembra
• Peso	104 kg
• Modelo (empinado)	Montabert HC 28
• Potencia de impacto	9.5 kW
• Shank adapter	103 kg
• Peso	R32 hembra

### TORRETA

• Modelo	T99
• Capacidad de carrusel y planchuela	10 pernos con planchuela de 20 cm 12 pernos con planchuela de 15 cm
• Viga doble	RE 5000 Series
• Extensión de viga	350 mm
• Avance por cadena	Motor hidráulico y cadena
• Acople sujetador de malla en viga de perforación	
• Tipo de pernos	Split Set, Hydrabolt, Helicoidal, Swellex

#### Opciones:

Perno	Longitud de Torreta
7'	3.32 m
8'	3.62 m
10'	4.55 m

### BOOM

• Modelo	Boom 16.2
• Extensión de boom	1500 mm
• Angulo de levante	+46° / -20°
• Angulo de giro	±30°
• Rotación	360°
• Cilindros hidráulicos	Parker
• Peso	1600 kg

### CARRIER

• Modelo	C66.3
• Motor diesel	Caterpillar C4.4 ACERT, Tier 4
• Potencia	106 kW @ 2200 rpm
• Catalizador de escape	Estándar
• Transmisión	Hidrodinámica
• Caja de Transmisión	Dana, T12000
• Ejes diferenciales	Dana, Serie 112
• Eje oscilante posterior	± 8°
• Velocidad de desplazamiento	Plano - 15 km/h 15° - 4.5 km/h
• Capacidad de subida rampa	15°
• Bomba de posicionamiento	Parker, PGP315
• Frenos de servicio	Independiente
• Frenos de emergencia y parqueo	SAHR (Spring Applied Hydraulic Release)
• Dirección hidráulica (Carrier articulado)	±40°
• Llantas	12.00 x R20
• Gatos hidráulicos	2 delanteros extendible, 2 posterior
• Cabina de operador (canopy)	FOPS / ROPS
• Tanque de combustible	20.6 gal / 78 l
• Baterías	2x12 V, 90 Ah
• Sistema eléctrico	24 VDC
• Luces de marcha	8X, Halógeno 65W HD, 24 V
• Sistema centralizado de engrase	SKF
• Sistema de lubricación de perforación	SKF
• Sistema automático de supresión de incendios	ANSUL, 4 boquillas
• Extintor manual	1x6kg, Tipo ABC
• Sistema de lavado de alta presión	Manual
• Pistola de engrase con carrete	Manual

### SISTEMA DE CONTROL HIDRÁULICO

• Válvula de control directo	Parker KA-18
• Bomba de percusión (Presión compensada)	Rexroth A10VO71
• Bomba de rotación triple	Parker, PGP620 - 511
• Presión de trabajo	180 bar
• Tanque de aceite hidráulico	39.6 gal / 150 l
• Filtro hidráulico de retorno	Parker, 10μ
• Filtro hidráulico de alta	Parker, 10μ
• Indicador de saturación del filtro hidráulico	Parker
• Indicador de bajo nivel de aceite	Hydac
• Indicador de temperatura de aceite	Hydac

### SISTEMA DE AIRE Y AGUA

• Compresor	LE7-10UV
• Capacidad máxima	13.6 l/s (28 CFM)
• Presión de trabajo	10 bar
• Bomba de agua motor hidráulico	Grundfoss, CR5 - 9
• Caudal Máximo	6.9 m³/h (115 l/m)@3500rpm
• Presión de entrada de agua min.	2 bar
• Enfriador tubular Bowman	FG-120, 48.6 GPM, 20 bar
• Tanque de aire	60 l

### SISTEMA ELÉCTRICO

• Motor eléctrico	ABB - 55kW (75 HP)
• Voltaje	380 - 440 - 550 - 690 - 1000 VAC
• Frecuencia	50 - 60 Hz
• Método de arranque	Estrella - Triángulo
• Opción a 1000 VAC	Arranque directo
• Protección contra sobrecarga y falla a tierra	Schneider, Module VIGI VDO 24V
• Horómetro de percusión	Siemens
• Indicador de secuencia de fase	32 VAC, 300W 13A
• Cargador de batería	3.5 kVA
• Transformador principal	2X, LED ROCKLUME 280, 6900 lm, 24V
• Luces de trabajo	90 m
	3x1/0 - AWG (50 mm)
	IP 55

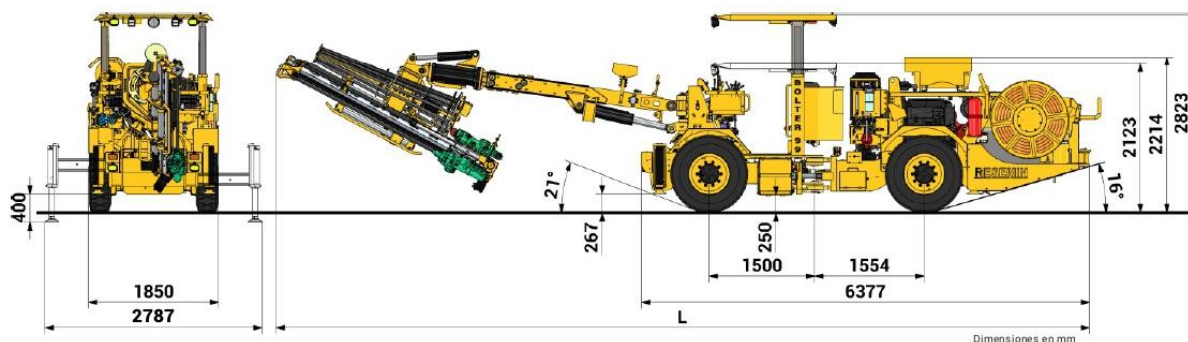
### OPCIONES

• Motor diesel	Deutz BF4L914, Tier II, EPA II 72.4 kW @ 2300 rpm Certificación FOPS/ROPS
• Cabina Presurizada A/C	
• Enfriador tropical para ambientes calientes	Parker, BOL-725-2-3
• Kit de barrido por agua	Compresor G11 P 28.3 l/s (56 CFM)
• Brazo Manipulador de Malla	100 kg capacidad de carga

## OPCIONAL: BRAZO ENMALLADOR Y CABINA PRESURIZADA



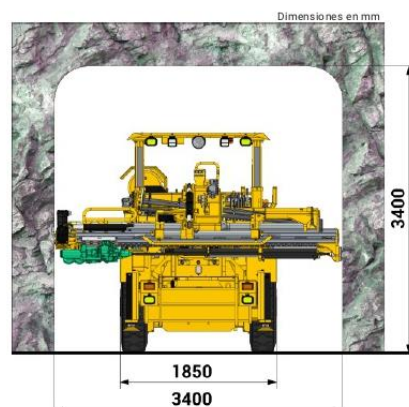
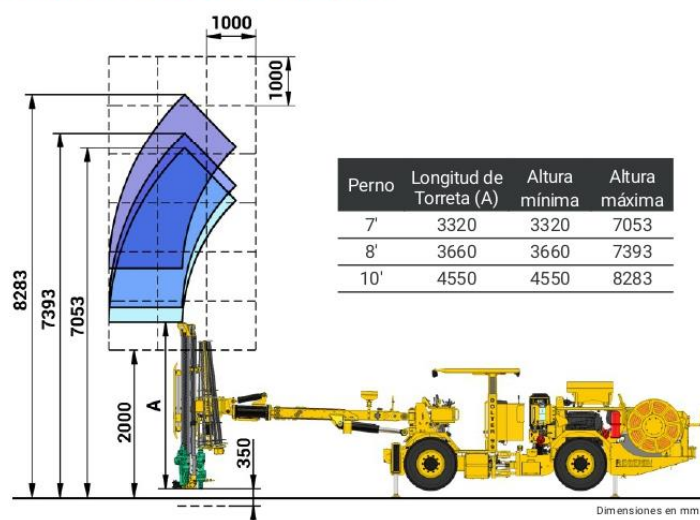
## DIMENSIONES



Perno	7'	8'	10'
Longitud de equipo (L)	11575	11796	12335

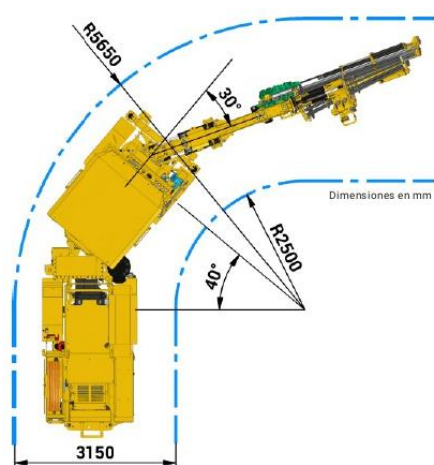
Peso del equipo
13500 kg

## ÁREA DE COBERTURA





Perno	Sección mínima
7'	3.40 x 3.40 m
8'	3.70 x 3.70 m
10'	4.60 x 4.60 m

## RADIO DE GIRO






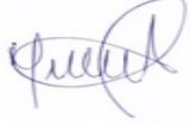
ANEXO IV PETS-PAL-OPE-57  
Sostenimiento con Jumbo empernador

	<b>PETS</b>			
	<b>SOSTENIMIENTO CON JUMBO EMPERNADOR</b>			
	FECHA DE ELABORACIÓN 30-06-2019	VERSIÓN 02	CODIGO PETS-PAL-OPE-57	



<b>1. PERSONAL</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 01 Operador de jumbo empernador</li> <li>• 01 Ayudante de jumbo empernador</li> </ul>

<b>2. EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Protector de cabeza tipo jockey con barbiquejo</li> <li>• Protector auditivo tipo tapón y/u orejeras</li> <li>• Lentes de seguridad de luna clara</li> <li>• Sobre lentes para personal con medida ocular</li> <li>• Respirador con filtros P-100 contra polvos y humos.</li> <li>• Overol con cintas reflectivas</li> <li>• Guantes de badana</li> <li>• Guantes de jebe</li> <li>• Correa portalámparas</li> <li>• Botas de jebe con punta de acero</li> <li>• Guantes de cuero, jebe y dieléctrico.</li> <li>• Botas de jebe dieléctrica con punta de acero</li> <li>• Auto-rescatador</li> <li>• Lámpara minera</li> <li>• Detector de gas</li> </ul>

<b>3. EQUIPO / MAQUINARIA / HERRAMIENTAS / MATERIALES</b>			
<table border="1"> <tr> <td style="vertical-align: top;"> <b>Equipos:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Jumbo empernador BOLTER</li> </ul> </td> <td style="vertical-align: top;"> <b>Herramientas:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Llave francesa N° 14.</li> <li>• Flexómetro.</li> <li>• Combo de 6 Lb.</li> <li>• Dado de 12 y 15 mm.</li> <li>• Dos juegos de barretillas.</li> <li>• Caja de herramientas.</li> <li>• Detector de energía.</li> <li>• "S" para cable.</li> <li>• Pico.</li> <li>• Lampa.</li> <li>• Brocha.</li> <li>• Llaves mixtas de 12 y 15 mm.</li> <li>• Soga de Nylon de ½".</li> <li>• Letrero de restricción.</li> </ul> </td> <td style="vertical-align: top;"> <b>Materiales:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Barras de perforación.</li> <li>• Broca de perforación.</li> <li>• Pintura esmalte.</li> <li>• Pintura en spray.</li> <li>• Cuaderno de reporte.</li> <li>• Brocas 38 mm.</li> <li>• Pernos Omega bolt de 5, 7,10 pies.</li> <li>• Pernos hydrabolt de 5,7,10 pies.</li> <li>• Pernos Split Set de 40mm x 7 pies.</li> <li>• Malla galvanizada,</li> <li>• Pintura</li> <li>• Conos de seguridad.</li> </ul> </td> </tr> </table>	<b>Equipos:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Jumbo empernador BOLTER</li> </ul>	<b>Herramientas:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Llave francesa N° 14.</li> <li>• Flexómetro.</li> <li>• Combo de 6 Lb.</li> <li>• Dado de 12 y 15 mm.</li> <li>• Dos juegos de barretillas.</li> <li>• Caja de herramientas.</li> <li>• Detector de energía.</li> <li>• "S" para cable.</li> <li>• Pico.</li> <li>• Lampa.</li> <li>• Brocha.</li> <li>• Llaves mixtas de 12 y 15 mm.</li> <li>• Soga de Nylon de ½".</li> <li>• Letrero de restricción.</li> </ul>	<b>Materiales:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Barras de perforación.</li> <li>• Broca de perforación.</li> <li>• Pintura esmalte.</li> <li>• Pintura en spray.</li> <li>• Cuaderno de reporte.</li> <li>• Brocas 38 mm.</li> <li>• Pernos Omega bolt de 5, 7,10 pies.</li> <li>• Pernos hydrabolt de 5,7,10 pies.</li> <li>• Pernos Split Set de 40mm x 7 pies.</li> <li>• Malla galvanizada,</li> <li>• Pintura</li> <li>• Conos de seguridad.</li> </ul>
<b>Equipos:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Jumbo empernador BOLTER</li> </ul>	<b>Herramientas:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Llave francesa N° 14.</li> <li>• Flexómetro.</li> <li>• Combo de 6 Lb.</li> <li>• Dado de 12 y 15 mm.</li> <li>• Dos juegos de barretillas.</li> <li>• Caja de herramientas.</li> <li>• Detector de energía.</li> <li>• "S" para cable.</li> <li>• Pico.</li> <li>• Lampa.</li> <li>• Brocha.</li> <li>• Llaves mixtas de 12 y 15 mm.</li> <li>• Soga de Nylon de ½".</li> <li>• Letrero de restricción.</li> </ul>	<b>Materiales:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Barras de perforación.</li> <li>• Broca de perforación.</li> <li>• Pintura esmalte.</li> <li>• Pintura en spray.</li> <li>• Cuaderno de reporte.</li> <li>• Brocas 38 mm.</li> <li>• Pernos Omega bolt de 5, 7,10 pies.</li> <li>• Pernos hydrabolt de 5,7,10 pies.</li> <li>• Pernos Split Set de 40mm x 7 pies.</li> <li>• Malla galvanizada,</li> <li>• Pintura</li> <li>• Conos de seguridad.</li> </ul>	





Elaborado	Revisado	Revisado	Aprobado
			
Ing. Hugo Vilca A. <b>Supervisor</b>	Ing. Jorge Perez S. <b>Residente de Obra</b>	Ing. José Espinoza M. <b>Jefe de Seguridad y Medio Ambiente</b>	Ing. Elvis Torres C. <b>Gerente de obra</b>
Fecha: 30-06-2019	Fecha: 01-07-2019	Fecha: 01-07-2019	Fecha: 02-07-2019

Toda impresión o fotocopia del documento original es considerada "COPIA NO CONTROLADA".  
Verificar el documento vigente en la unidad de almacenamiento **Red Western** o consultar al **Coordinador** o Facilitador

	<b>PETS</b>			
	<b>SOSTENIMIENTO CON JUMBO EMPERNADOR</b>			
	FECHA DE ELABORACIÓN 30-06-2019	VERSIÓN 02	CODIGO PETS-PAL-OPE-57	



	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Escalera telescópica de 3 metros.</li> <li>• Reflector</li> <li>• Combo de 4 libras.</li> <li>• Llave stilson de 14 pulgadas.</li> <li>• Crescent de 14 pulgadas,</li> <li>• Barra extensible.</li> <li>• Pértiga.</li> <li>• Brocha.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kit antiderrame.</li> </ul>
--	---	--

<b>4. PROCEDIMIENTO</b>
<p><b>4.1 Recibir la orden de trabajo y las herramientas de gestión:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- El supervisor deberá entregar la orden escrita de trabajo al personal, explicándoles el procedimiento y estándar asociado a la actividad, la orden de trabajo deberá contener el croquis de la ubicación o del proceso a realizar a fin de complementar su entendimiento o ubicación.</li> <li>- En la orden de trabajo el supervisor deberá detallar la orden y las recomendaciones de seguridad para realizar la actividad.</li> <li>- El personal deberá comunicar a su supervisor inmediato si la orden no fue entendida o no está de acuerdo con ella, de forma inmediata.</li> <li>- El supervisor deberá entregar los formatos de las herramientas de gestión: IPERC Continuo, Check list de labor, Check list de herramientas, Check list de pre-uso del equipo, reporte de acto y condición subestándar.</li> </ul>
<p><b>4.2 Verificar el área de estacionamiento del jumbo empernador:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Verificar siempre las condiciones del área donde se ha encontrado el jumbo empernador, habitualmente deberá encontrarse en las zonas de inspección o en cámaras donde el sostenimiento no haya fallado o esté ausente. Si la labor esta ventilada, si esta sostenida, si no hay objetos debajo del equipo y otros que pudieran generar riesgos al operador y equipo.</li> <li>- Antes de poner en funcionamiento el equipo, el operador debe realizar la inspección visual minuciosa sobre las condiciones en las que recibe el equipo y luego aplicar el check list diario del equipo. En primer lugar, deberá identificar si el equipo presenta daños superficiales, la presión de las llantas, luego deberá verificar los niveles de aceite, refrigerantes, combustible y los componentes de la viga retráctil.</li> <li>- Antes de arrancar el motor diésel del equipo deberá verificar que no se encuentre ningún trabajador cerca de este para luego hacer un toque largo de bocina como advertencia y encender el motor diésel del equipo.</li> </ul>




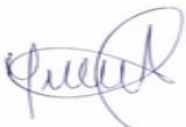
Elaborado	Revisado	Revisado	Aprobado
			
Ing. Hugo Vilca A. <b>Supervisor</b>	Ing. Jorge Perez S. <b>Residente de Obra</b>	Ing. José Espinoza M. <b>Jefe de Seguridad y Medio Ambiente</b>	Ing. Elvis Torres C. <b>Gerente de obra</b>
Fecha: 30-06-2019	Fecha: 01-07-2019	Fecha: 01-07-2019	Fecha: 02-07-2019

Toda impresión o fotocopia del documento original es considerada "COPIA NO CONTROLADA".  
 Verificar el documento vigente en la unidad de almacenamiento **Red Western** o consultar al **Coordinador** o Facilitador





	<b>PETS</b>			
	<b>SOSTENIMIENTO CON JUMBO EMPERNADOR</b>			
	FECHA DE ELABORACIÓN 30-06-2019	VERSIÓN 02	CODIGO PETS-PAL-OPE-57	

<ul style="list-style-type: none"> <li>- Teniendo encendido el motor diésel se deberá verificar que los niveles de los manómetros se encuentren dentro de los rangos normales de operación y no se haya encendido ninguna señal de alerta.</li> <li>- Probar el movimiento del brazo retráctil, posicionándolo luego para su traslado.</li> <li>- Para probar los frenos retraer las gatas hidráulicas del equipo, acelerando el motor en segunda marcha a 2,500 rpm y manteniendo frenado el equipo, este no deberá moverse.</li> </ul>
<p><b>4.3 Trasladar el Jumbo a la zona de trabajo:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Para movilizar el equipo, se deberá verificar que no haya personal en la zona de desplazamiento y luego hacer dos toques de bocina.</li> <li>- El equipo por la limitación de visibilidad que tiene debe ser escoltado por una camioneta cuando se traslade en superficie y con el ayudante en interior mina, el ayudante deberá movilizarse delante del equipo a una distancia no menor de 30 metros para advertir a otros conductores u operadores de la presencia y paso del equipo, así como al mismo operador del Jumbo. El equipo deberá desplazarse a una velocidad máxima de 10 km/h.</li> <li>- En todo momento deberá aplicar el manejo defensivo. El ayudante no podrá trasladarse por ningún motivo en la cabina del equipo, en esta cabina solo deberá estar el operador durante el traslado.</li> <li>- Al llegar al acceso o proximidad de la zona de trabajo el operador por seguridad deberá estacionar su equipo a una distancia mínima de 30 metros, activar el freno de parqueo del equipo, las gatas hidráulicas y apagar el motor diésel.</li> <li>- El ayudante colocara a una distancia de 5 metros del equipo los conos de seguridad y el cordón con el letrero de bloqueo delimitador.</li> </ul>
<p><b>4.4 Verificar la ventilación y distancia de la manga en la labor:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilizando el detector de gases, deberá verificar la ventilación asegurándose que las concentraciones de gases se encuentren por debajo de los LMP.</li> <li>- Verificar que la manga de ventilación se encuentre a menos de 15 metros del frente, de ser necesario deberá colocarse otro paño de manga.</li> <li>- Verificar que el ventilador este encendido.</li> </ul>
<p><b>4.5 Inspeccionar la labor:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- El operador junto a su ayudante ingresará a la labor para realizar la inspección, aplicando el formato de IPERC CONTINUO donde se detallarán los peligros, sus riesgos y los controles que deberán aplicar, así como la secuencia de los controles.</li> <li>- En esta inspección se verificará que la labor tenga flujo de ventilación y que hayan sido desatadas las rocas fracturadas.</li> <li>- En esta inspección también se deberá verificar que las instalaciones eléctricas y las instalaciones de servicios auxiliares estén de acuerdo a los estándares. Que la vía se encuentre en condición transitable y libre de obstáculos para que pueda ingresar el equipo.</li> </ul>





Elaborado	Revisado	Revisado	Aprobado
 Ing. Hugo Vilca A. <b>Supervisor</b>	 Ing. Jorge Perez S. <b>Residente de Obra</b>	 Ing. José Espinoza M. <b>Jefe de Seguridad y Medio Ambiente</b>	 Ing. Elvis Torres C. <b>Gerente de obra</b>
Fecha: 30-06-2019	Fecha: 01-07-2019	Fecha: 01-07-2019	Fecha: 02-07-2019

Toda impresión o fotocopia del documento original es considerada "COPIA NO CONTROLADA".  
 Verificar el documento vigente en la unidad de almacenamiento **Red Western** o consultar al **Coordinador** o Facilitador





	<b>PETS</b>			
	<b>SOSTENIMIENTO CON JUMBO EMPERNADOR</b>			
	FECHA DE ELABORACIÓN 30-06-2019	VERSIÓN 02	CODIGO PETS-PAL-OPE-57	

<ul style="list-style-type: none"> <li>- Recuerde que para iniciar cualquier tarea de la actividad la labor deberá haber sido liberada por la supervisión de seguridad o higiene industrial.</li> </ul>
<p><b>4.6 Presentado de Malla hacia el frente:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cortar la malla de acuerdo a la sección entre dos personas haciendo uso de los guantes de cuero en todo momento.</li> <li>- Presentar la malla hacia el frente entre 3 personas, 2 agarrando la malla y el otro con el tensionador, con mucha coordinación.</li> <li>- Después de presentar la malla, asegurarla haciendo uso del tortol y/o alambre.</li> <li>- Luego ingresará el equipo bolter para perforar los taladros e inyectar los pernos omega.</li> </ul>
<p><b>4.7 Marcar la malla de perforación para sostenimiento:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Habiendo realizado los controles necesarios a los riesgos identificados, se procederá a pintar la malla de sostenimiento, para ello la brocha deberá ser sujeta a la pértiga o atacador con la cual deberá alcanzar la corona de la labor a sostener en un ángulo máximo de 70° (no vertical).</li> <li>- El espaciamiento de la malla de sostenimiento deberá estar definida por el área de geomecánica para la labor en caso contrario no podrá perforar ni colocar los pernos según el estándar.</li> <li>- Para ello el operador deberá contar con la recomendación Geomecánica, la cual establece las características del sostenimiento.</li> </ul>
<p><b>4.8 Colocar broca:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bajar el brazo del equipo y colocar la viga en posición horizontal, apagar y bloquear el equipo.</li> <li>- Colocar el barreno de 8 pies de longitud al sistema de perforación (si es necesario).</li> <li>- Colocar la broca de forma manual.</li> </ul>
<p><b>4.9 Alimentar pernos al carrusel:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Trasladar los pernos en el equipo desde el punto de acopio a la labor.</li> <li>- Alimentar al carrusel un perno a la vez.</li> </ul>
<p><b>4.10 Posicionar jumbo empernadador:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Primero, movilizar el equipo hasta la ubicación del tablero eléctrico, el ayudante deberá enganchar el sujetador (Estrobo) del extremo del cable a la alcayata del refugio de la caja de paso para que al desplazarse el cable se vaya desenrollando de la tambora (Aun no conecte los conectores unipolares o industriales hasta que el equipo se encuentre correctamente posicionado), la misma operación deberá hacerlo con la manguera, con la diferencia que la manguera deberá desenrollarla manualmente del soporte del Jumbo hasta llegar al frente.</li> <li>- El cable eléctrico debe ser colgado en las alcayatas laterales o sobre las "S" largas, evitando en todo momento que el cable se encuentre sobre el piso y menos sobre acumulaciones de agua. El cable deberá ser llevado por el hastial opuesto a los servicios auxiliares.</li> </ul>

Elaborado	Revisado	Revisado	Aprobado
 Ing. Hugo Vilca A. <b>Supervisor</b>	 Ing. Jorge Perez S. <b>Residente de Obra</b>	 Ing. José Espinoza M. <b>Jefe de Seguridad y Medio Ambiente</b>	 Ing. Elvis Torres C. <b>Gerente de obra</b>
Fecha: 30-06-2019	Fecha: 01-07-2019	Fecha: 01-07-2019	Fecha: 02-07-2019

Toda impresión o fotocopia del documento original es considerada "COPIA NO CONTROLADA"



	<b>PETS</b>			 AFILIADA A HOCHSCHILD MINING U.M. PALLANCATA
	<b>SOSTENIMIENTO CON JUMBO EMPERNADOR</b>			
FECHA DE ELABORACIÓN 30-06-2019	VERSIÓN 02	CODIGO PETS-PAL-OPE-57		





- Por ningún motivo se podrá exponer el cable eléctrico al atropellamiento o atrapamiento, para ello deberá bloquear la zona de trabajo desde el refugio de la caja eléctrica de paso con dos conos, un bastón luminoso y cordón de bloqueo delimitador en intersecciones o todo acceso.
- El ayudante por ningún motivo se expondrá al atrapamiento por el cable contra los hastiales.
- El equipo deberá posicionarse ubicando el brazo en el punto inicial del soporte a colocar, el sostenimiento se colocará en avanzada. Activar las 4 gatas estabilizadoras nivelando el equipo tanto lateralmente como longitudinalmente.

**4.11 Instalar la energía eléctrica y agua al jumbo emperrador:**

- Teniendo ya colocado correctamente el cable eléctrico y posicionado el Jumbo se podrá conectar el tomacorriente industrial o los conectores unipolares del Jumbo a la caja de paso y cuando el operador haya verificado que los motores eléctricos se encuentren apagados y haya descendido del equipo se podrá activar el paso de energía para el Jumbo.
- El operador del Jumbo en compañía del ayudante deberá aplicar el probador de inducción en los conectores industriales, en el cable de tambora extendido y en el equipo mismo, en caso detectará inducción se deberá cortar la energía y reportar al electricista de turno para el correctivo necesario. Por ningún motivo se podrá operar un equipo que manifieste inducción eléctrica en alguna de sus partes.

**4.12 Sostenimiento de la labor:**



- Desatar y/o percutar el techo y los hastiales antes de iniciar la actividad.
  - Perforar un taladro en el centro de la última malla a la altura de la tercera cocada si fuera necesario en caso que los agujeros de la última fila de Split set estén en buen estado hacer uso de los mini Split set.
  - Los Split set serán colocados con el uso de carrusel del equipo para secciones mayores a 4.50 x 4.0 metros bajo techo seguro las veces que sean necesarias y sin movimiento alguno de dicho carrusel.
  - Los pernos Omega Bolt y hydrabolt serán colocados con el uso de carrusel del equipo para secciones 4.5\* 4.0 metros. Perforara los taladros e instalara los pernos bajo el principio taladro perforado, perno instalado.
  - El presentado de malla se realiza mediante:
  - Los líderes de la labor deberán de dejar presentado la malla dando uso de los tensionadores.
  - Perforar e instalar pernos:
- Continuar con la instalación de los elementos de sostenimiento, iniciando por la parte central y culminando hacia los laterales de acuerdo a la malla de distribución recomendada por geomecánica. Se tiene que tener presente que cada paño de malla tiene que sellarse completamente. La limpieza del brazo y las partes móviles de la mordaza en caso de trabamiento se realizará con agua a presión por parte del operador y ayudante cada vez que se identifique esta anomalía; de no lograr el destrabado de esta forma se convocará al personal de mantenimiento mecánico.

Elaborado	Revisado	Revisado	Aprobado
 Ing. Hugo Vilca A. <b>Supervisor</b>	 Ing. Jorge Perez S. <b>Residente de Obra</b>	 Ing. José Espinoza M. <b>Jefe de Seguridad y Medio Ambiente</b>	 Ing. Elvis Torres C. <b>Gerente de obra</b>
Fecha: 30-06-2019	Fecha: 01-07-2019	Fecha: 01-07-2019	Fecha: 02-07-2019

Toda impresión o fotocopia del documento original es considerada "COPIA NO CONTROLADA".

Verificar el documento vigente en la unidad de almacenamiento **Red Western** o consultar al **Coordinador** o Facilitador







	<b>PETS</b>			
	<b>SOSTENIMIENTO CON JUMBO EMPERNADOR</b>			
	FECHA DE ELABORACIÓN 30-06-2019	VERSIÓN 02	CODIGO PETS-PAL-OPE-57	

<p><b>4.13 Desinstalar y retirar del equipo:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Habiendo culminado los trabajos de sostenimiento, deberá realizarse el corte de energía y desconexión de los conectores unipolares o industriales, de ser necesario, proceda a la colocación del candado de bloqueo para evitar que alguna persona extraña encienda el mencionado tablero, dejar limpio y ordenado el lugar de trabajo, y devolviendo a la bodega el material excedente.</li> </ul>
<p><b>4.14 Retiro de equipo:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Retirar el equipo a la siguiente labor o en caso se haya culminado la jornada este deberá ser dejado en un lugar adecuado y seguro. Una vez concluido su horario de trabajo, el operador de Jumbo empernador Bolter deberá estacionar el equipo en un lugar seguro (previo lavado del equipo) y libre de la influencia de las ondas de disparo, abastecer de combustible y llenar y firmar los formatos de Reporte Diario del jumbo empernador Bolter y como también el cuaderno de reporte donde se informará de las paradas del equipo, el lugar donde queda el equipo y estado como queda y entregado al área de productividad, donde son archivados.</li> </ul>
<p><b>4.15 Inspeccionar el jumbo empernador (Final de jornada):</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- El equipo debe ser inspeccionado por el mismo operador antes de retirarse del área de trabajo, garantizando con ello la veracidad del reporte.</li> </ul>
<p><b>4.16 Elaborar el reporte final:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Terminado el retiro del equipo de la labor y determinación de alojamiento del jumbo y con conocimiento de causa se deberá verificar que haya entendido la orden.</li> </ul>

**5. RESTRICCIONES**



La actividad no se realizará o será suspendida cuando:

- No se cuente con la orden de trabajo y las herramientas de gestión.
- No se cuenta con las condiciones para realizar la actividad de forma segura.
- La labor no cuenta con ventilación o las concentraciones de gases sean mayores al LMP.
- La labor no se encuentra sostenida según determinación geomecánica.
- No cuente con los EPP de acuerdo al PETS.
- No cuente con todos los Equipos / Maquinarias / Herramientas / Materiales de acuerdo al PETS.
- Se realice trabajos en simultaneo.
- No haya condiciones seguras para realizar la actividad.
- El jumbo empernador presente desperfectos mecánicos y eléctricos críticos de acuerdo a la criticidad según check list.
- El ayudante tuviera que exponerse bajo la zona aun no sostenida para alguna tarea.
- No se haya bloqueado el área.
- Cuando se perciba sonidos de relajamiento o crujido de roca.
- No se haya resanado la malla en tramos anteriores.
- No se pueda cumplir el proceso debidamente y se esté afectando la resistencia del sostenimiento diseñado para el perno.

Elaborado	Revisado	Revisado	Aprobado
 Ing. Hugo Vilca A. <b>Supervisor</b> Fecha: 30-06-2019	 Ing. Jorge Perez S. <b>Residente de Obra</b> Fecha: 01-07-2019	 Ing. José Espinoza M. <b>Jefe de Seguridad y Medio Ambiente</b> Fecha: 01-07-2019	 Ing. Elvis Torres C. <b>Gerente de obra</b> Fecha: 02-07-2019





Toda inspección o extracción del documento deberá ser realizada por el personal de "COMANDO EN JEFE" de la U.M. PALLANCATA.



	<b>PETS</b>			
	<b>SOSTENIMIENTO CON JUMBO EMPERNADOR</b>			
	FECHA DE ELABORACIÓN 30-06-2019	VERSIÓN 02	CODIGO PETS-PAL-OPE-57	

- No se tenga los materiales y herramientas necesarios y adecuados para realizar el trabajo.
- La mordaza se encuentre inoperativa.
- El cable tiene más de cinco empalmes.
- Personal ajeno al proceso de voladura debe retirarse 30 minutos antes del horario de voladura hacia el punto de embarcación.

<b>6.</b>	<b>IDENTIFICACIÓN DE CAMBIOS</b>		
<b>FECHA DE APROBACIÓN</b>	<b>ÍTEM</b>	<b>DESCRIPCIÓN DEL CAMBIO</b>	<b>VERSIÓN N°</b>
02-07-2019	4.	Se estableció pasos más específicos y descripción de cada paso.	02
	5.	Se incrementó las restricciones.	

<b>Elaborado</b>	<b>Revisado</b>	<b>Revisado</b>	<b>Aprobado</b>
 Ing. Hugo Vilca A. <b>Supervisor</b>	 Ing. Jorge Perez S. <b>Residente de Obra</b>	 Ing. José Espinoza M. <b>Jefe de Seguridad y Medio Ambiente</b>	 Ing. Elvis Torres C. <b>Gerente de obra</b>
Fecha: 30-06-2019	Fecha: 01-07-2019	Fecha: 01-07-2019	Fecha: 02-07-2019

Toda inscripción o fotocopia del documento original es propiedad de "COMPAÑÍA MINERA ARES"