



**UNIVERSIDAD DEL AZUAY**

**FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA EN MINAS**

**Diagnóstico del control subterráneo y plan de mejora en la mina  
de la Sociedad Minera Minervilla**

**Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:**

**INGENIERO EN MINAS**

**Autores:**

**DEGSI ELIZABETH AMOROSO HUGO**

**MARÍA PAZ ORELLANA CARREÑO**

**Director:**

**CARLOS FEDERICO AUQUILLA TERÁN**

**Cuenca-Ecuador**

**2019**

## **DEDICATORIA**

Esta tesis les dedico a mis padres Jorge y Dexi, quienes con su amor, paciencia y sacrificio me ayudaron a lograr mis metas.

A mis hermanos Jorge y John, por creer en mí y ser un ejemplo de valentía.

De forma especial dedico este proyecto a mi abuelito Mario, quien siempre estuvo orgulloso de la decisión que tome y por ser un ejemplo para luchar por mis sueños y nunca rendirme.

**Degsi Elizabeth Amoroso.**

A Dios por darme la oportunidad de llegar a donde estoy ahora, y de manera muy especial a mis padres María y Romeo, y hermanos por siempre estar ahí conmigo apoyándome, motivándome y dándome consejos para poder solucionar cada uno de los problemas que se han presentado durante estos años. A mi familia y amigos que de una u otra manera han estado siempre conmigo ayudándome en algo.

**María Paz Orellana.**

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos primeramente a nuestros padres por todo el apoyo y la ayuda que nos han brindado durante todo el transcurso de nuestra vida universitaria.

Al señor Joffre Cheves por darnos apertura en su empresa minera Minervilla, en la cual pudimos realizar nuestro trabajo de titulación y de manera especial al Ing. Xavier Mogollón, quien es jefe de producción, por su paciencia y ayuda para poder ejecutar nuestro trabajo de titulación.

Al Ing. Carlos Federico Auquilla Terán nuestro director de tesis, el cual nos guio de la mejor manera, para poder llevar a cabo este proyecto con mucha paciencia y apoyo. De igual manera a los profesores de nuestra carrera que nos compartieron sus conocimientos y enseñanzas durante todo el tiempo que estuvimos en la universidad.

A nuestros compañeros que día a día compartimos el aula y tuvimos experiencias muy gratas dentro y fuera de la misma.

**Elizabeth Amoroso y María Paz Orellana**

## INDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTOS .....	iii
INDICE DE CONTENIDOS .....	iv
INDICE DE FIGURAS.....	vi
INDICE DE TABLAS .....	vii
INDICE DE ANEXOS .....	viii
RESUMEN .....	ix
ABSTRACT.....	x
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>3</b>
GENERALIDADES .....	3
1.1. Descripción de la zona de estudio .....	3
1.2. Ubicación .....	3
1.2.1 Vías de acceso .....	5
1.3 Clima .....	5
1.3.1 Vegetación .....	6
1.4. Geología .....	6
1.4.1 Geología regional .....	6
1.4.2 Geología local.....	6
1.1.5 Estructura de la mina .....	11
<b>CAPITULO II .....</b>	<b>13</b>
MARCO TEÓRICO.....	13
2.1 Minería subterránea.....	13
2.2 Ventilación .....	15
2.2.1 Ventilación principal .....	16
2.2.2 Ventilación auxiliar .....	16
2.3 Iluminación.....	19
2.4 Evacuación de agua.....	24
2.5 Perforación y voladura .....	30

2.5.1 Perforación.....	30
2.5.2 Voladura .....	34
2.6 Carguío y trasporte .....	38
2.7. Seguridad minera.....	43
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>56</b>
<b>CONTROL OPERATIVO .....</b>	<b>56</b>
3.1 Ventilación .....	56
3.1.1 Plan de mejora .....	58
3.2 Iluminación.....	62
3.2.1 Plan de Mejora .....	62
3.3 Evacuación de aguas .....	63
3.3.1 Plan de mejora.....	65
3.4 Seguridad.....	66
3.4.1 Equipo de protección personal (EPP) .....	66
3.4.2 Orden y limpieza.....	68
3.4.3 Señalética .....	69
3.4.4 Ruido.....	71
3.4.5 Desquinche.....	72
3.5 Perforación .....	73
3.5.1 Plan de mejora .....	78
3.6 Carguío y transporte .....	79
3.6.1 Carguío y transporte manual del Nivel 1 .....	79
3.6.2 Carguío y transporte neumático del nivel 2 .....	81
3.6.3 Winche .....	82
3.6.4 Locomotora .....	85
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>91</b>
<b>BIBLIOGRAFIA: .....</b>	<b>93</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>97</b>

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. 1 Ubicación política de la mina de la Sociedad Minera Minervilla .....	4
Figura 1. 2 Basaltos.....	7
Figura 1. 3 Muestra de pórfido hornbléndico .....	8
Figura 1. 4 Muestra cuarzo andesitas porfídicas de hornblenda.....	9
Figura 1. 5 Boca mina Nivel 0 .....	11
Figura 1. 6 Estructura de la mina .....	12
Figura 2. 1 Método de explotación Corte y Relleno.....	14
Figura 2. 2 Sistema de ventilación.....	17
Figura 2. 3 Forma correcta de perforar .....	31
Figura 2. 4 Proceso de voladura.....	35
Figura 2. 5 Equipo de protección personal .....	44
Figura 2. 6 Forma correcta de realizar la acuñadura.....	52
Figura 3. 1 Modelo de ventilación de la mina Minervilla.....	57
Figura 3. 2 Gas en interior mina .....	58
Figura 3. 3 Sistema de bombeo.....	63
Figura 3. 4 Canal de drenaje Nivel 0 (línea base).....	64
Figura 3. 5 Acumulación de agua Nivel 1 .....	65
Figura 3. 6 Perforación del frente de trabajo .....	67
Figura 3. 7 Desperdicio de nitrato.....	68
Figura 3. 8 Señalética de la mina .....	70
Figura 3. 9 Forma correcta de realizar el desquinche .....	73
Figura 3. 10 Realizando la perforación.....	75
Figura 3. 11 Mal estado de pernos en el riel .....	85

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. 1 Ubicación geográfica de la mina de la Sociedad Minera Minervilla.....	4
Tabla 2. 1 Valores del coeficiente de resistencia de Protodyakonov.....	38
Tabla 2. 2 Significado de los colores de seguridad.....	50
Tabla 2. 3 Cantidad de decibeles por jornada .....	54
Tabla 3. 1 Máquinas en interior mina .....	60
Tabla 3. 2 Medición de ruido.....	71
Tabla 3. 3 Tiempo de perforación de frente.....	76
Tabla 3. 4 Tiempo de perforación de techo .....	77
Tabla 3. 5 Tiempo de perforación de desbanque .....	77
Tabla 3. 6 Tiempo de carga y transporte del Nivel 1- turno 1 .....	80
Tabla 3. 7 Tiempo de carga y transporte del Nivel 1 - turno 2 .....	80
Tabla 3. 8 Tiempo de carga y transporte del Nivel 2.....	81
Tabla 3. 9 Tiempo de viaje del winche en el turno diurno .....	83
Tabla 3. 10 Tiempo de viaje del winche en el turno nocturno.....	84
Tabla 3. 11 Tiempo de carga y transporte de la locomotora.....	86
Tabla 3. 12 Resumen de las actividades que se realizan en la SM Minervilla y su plan de mejora .....	87

## INDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Proceso de voladura .....	98
Anexo 2 Tubería de ventilación.....	98
Anexo 3 Bomba eléctrica del Nivel 2 .....	99
Anexo 4 Medición del ruido de la perforadora (valor más alto).....	99
Anexo 5 Medición del ruido en la perforadora (valor más bajo).....	100
Anexo 6 Datos del tiempo de perforación .....	101
Anexo 7 Datos del tiempo de perforación .....	102
Anexo 8 Datos del tiempo de perforación .....	103
Anexo 9 Tiempo de viaje Nivel 1 .....	104
Anexo 10 Tiempo de viaje Nivel 1 .....	105
Anexo 11 Tiempo de viaje Nivel 2 .....	106
Anexo 12 Tiempo de viaje winche .....	107
Anexo 13 Tiempo de viaje winche .....	109
Anexo 14 Tiempo de viaje locomotora.....	110

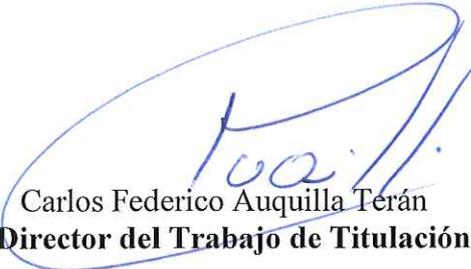
**DIAGNÓSTICO DEL CONTROL SUBTERRÁNEO  
Y PLAN DE MEJORA EN LA MINA DE LA SOCIEDAD MINERA  
MINERVILLA**

**RESUMEN**

El presente trabajo parte del análisis de la situación actual operativa subterránea en la mina de la “Sociedad Minera Minervilla”, y mediante esta investigación se propone el control y la mejora en los siguientes ámbitos: Ventilación, Iluminación, Evacuación de Agua, Carguío y Transporte, Perforación y Voladura, y Seguridad. Todas estas actividades son de vital importancia para el desarrollo de la minería subterránea, que incide directamente en la seguridad del personal y el desarrollo óptimo de los procesos mineros de producción.

Es necesario indicar que las acciones antes descritas, se enmarcan en las actividades primarias y secundarias propias de la minería.

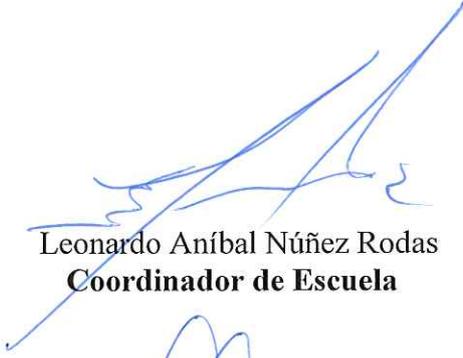
**Palabras clave:** iluminación, ventilación, perforación, voladura, seguridad.



Carlos Federico Auquilla Terán  
**Director del Trabajo de Titulación**



Degsi Elizabeth Amoroso Hugo  
**Autora**



Leonardo Aníbal Núñez Rodas  
**Coordinador de Escuela**



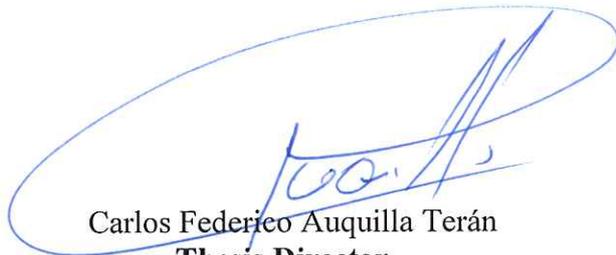
María Paz Orellana Carreño  
**Autora**

## DIAGNOSIS OF UNDERGROUND CONTROL AND IMPROVEMENT PLAN IN THE MINE OF THE MINERVILLA MINING SOCIETY

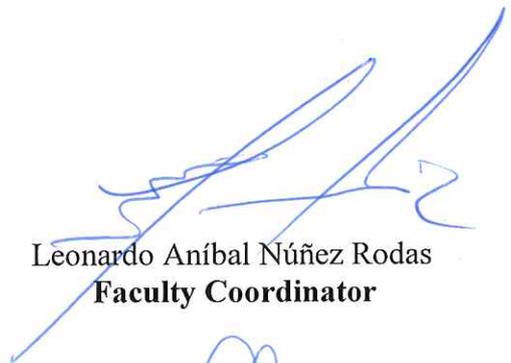
### ABSTRACT

This work is based on the analysis of the current underground operating situation in the mine of the "Sociedad Minera Minervilla." Through this research, control and improvement is proposed in the following areas: ventilation, lighting, water evacuation, loading, transport, drilling and blasting, and safety. All these activities are of vital importance for the development of underground mining and directly affect the safety of personnel and the optimal development of mining production processes. It is necessary to indicate that the actions described above are primary and secondary activities specific to mining.

**Keywords:** lighting, ventilation, drilling, blasting, safety.



Carlos Federico Auquilla Terán  
**Thesis Director**



Leonardo Aníbal Núñez Rodas  
**Faculty Coordinator**



Degsi Elizabeth Amoroso Hugo  
**Author**



María Paz Orellana Carreño  
**Author**

Amoroso Hugo Degsi Elizabeth; Orellana Carreño María Paz

Trabajo de Titulación

Ing. Carlos Federico Auquilla Terán

Junio, 2019

## **DIAGNÓSTICO DEL CONTROL SUBTERRÁNEO Y PLAN DE MEJORA EN LA MINA DE LA SOCIEDAD MINERA MINERVILLA**

### **INTRODUCCIÓN**

En el Ecuador, la pequeña minería se desarrolla en la zona desde la época de los pre-incas. La zona de la Ponce Enríquez experimentó desde los años 70's un rápido y desordenado crecimiento en pequeña minería informal, caracterizada por una baja tecnología y poca productividad. Esto se ha realizado desde entonces sin recursos estatales y sin control ambiental alguno. Pequeños mineros fueron descubriendo vetas de oro y abriendo galerías de dimensiones limitadas que determinaron el surgimiento descontrolado de varios asentamientos mineros que reportaron valores de oro de hasta 150 gramos por tonelada en sectores poco profundos. La formación de cooperativas mineras estuvo acompañada por la incorporación a la actividad minera de pequeños capitales originados en el comercio y la agricultura, y el propio desarrollo de la actividad minera.

El fortalecimiento de la pequeña minería tiene lugar en la década de los 90's, a través de la consolidación de sus procesos productivos, nuevas formas de organización de tipo empresarial y su enmarcamiento legal. En esta década la pequeña minería, empieza a incorporar criterios de planificación técnica, a la vez que se agregan equipos y maquinaria moderna tanto para las perforaciones y voladuras, como para la trituración y molienda, transporte y recuperación.

En el año 2009, ante el innegable potencial minero existente, se impulsa la industria minera con la expedición de una nueva Ley de Minería y su Reglamento, rompiendo con las concepciones tradicionales que califican a la minería como una industria destructiva, para generar un nuevo modelo de desarrollo económico enfocado a una minería responsable y organizada, para gestionar este sector estratégico de acuerdo a principios de sostenibilidad, prevención y eficiencia.

Actualmente, las operaciones y actividades mineras conforman una importante industria a nivel mundial, que responde a las necesidades cotidianas de las civilizaciones y al desenvolvimiento de otras industrias y negocios. El Estado Ecuatoriano, a partir de la nueva Ley Minera, ha emitido una serie de regulaciones que promueven la inversión minera en el país. Estas regulaciones ofrecen la oportunidad de fomentar esta industria dentro de parámetros mundialmente aceptados, exigiendo a los concesionarios la adopción de mecanismos de protección ambiental, así como generar empleo y desarrollo en las zonas de influencia y que permiten al Estado recibir importantes ingresos por medio del pago de impuestos, utilidades, regalías y patentes mineras.

Las empresas y sociedades mineras actualmente están en proceso de mejora, por este motivo se va a realizar un diagnóstico de las actividades extractivas de la empresa minera “MINERVILLA”, para así lograr mejoras a las actividades como son: ventilación, iluminación, carguío y transporte, evacuación de aguas, perforación, voladura y seguridad para así obtener una mejor producción y seguridad de los trabajadores, equipos y maquinaria minera.

## **CAPÍTULO I**

### **GENERALIDADES**

#### **1.1.Descripción de la zona de estudio**

La sociedad minera Minervilla, opera bajo el régimen de pequeña minería. Su actividad se concentra en la extracción de oro por vetas y vetillas ubicadas en diferentes lugares de la zona de operación, para la misma se ha tenido que realizar trabajos con un sistema de explotación Corte y Relleno, el cual facilitará la explotación debido a que la morfología y factibilidad económica lo hacen viable.

La zona de Ponce Enríquez presenta una topografía regular en la parte baja, en donde se encuentran las comunidades con mayor población; otra parte del territorio es topográficamente irregular con pendientes pronunciadas, en estos terrenos se encuentran ubicadas comunidades como: Bella Rica, San Gerardo y La Unión.

Al referirse a la minería como una de las actividades más comunes que se realizan en la cercanía del cantón camilo Ponce Enríquez. La sociedad minera se dedica a la extracción de oro, encontrándose en un punto muy cercano al eje de actividades.

#### **1.2.Ubicación**

La mina Minervilla se encuentra ubicada al suroccidente de país, al oeste de la provincia de Azuay, parroquia y cantón Camilo Ponce Enríquez, en el sector denominado río Villa (Figura 1.1) (Minervilla, 2016).

El área se encuentra delimitada por los vértices formados con las coordenadas UTM PSAD 56 que se especifican en la Tabla 1.1 (Minervilla, 2016).

Tabla 1. 1 Ubicación geográfica de la mina de la Sociedad Minera Minervilla

Punto	Coordenadas UTM DATUM PSAD 56		Superficie (Ha)
	X	Y	
PP	641000	9662350	37,26
1	641000	9662590	
2	642000	9662590	
3	642000	9662740	
4	642340	9662740	
5	642340	9662350	
6	642000	9662350	

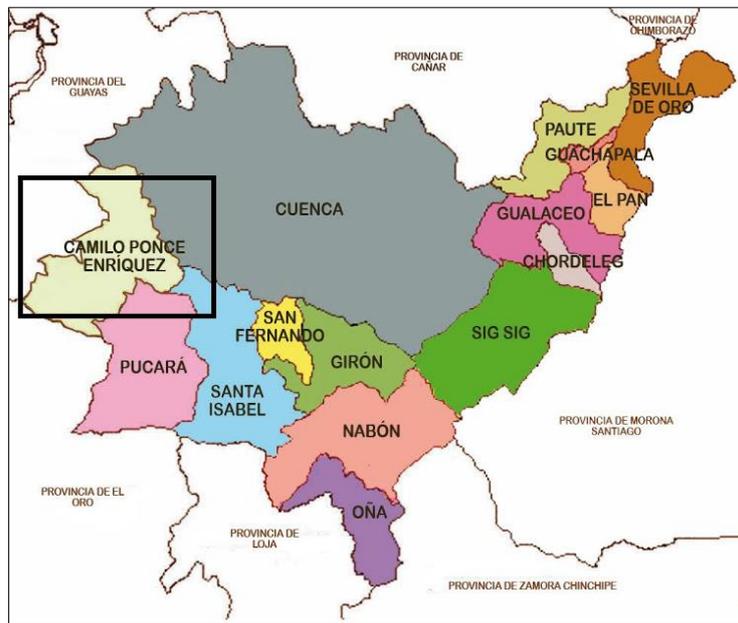


Figura 1. 1 Ubicación política de la mina de la Sociedad Minera Minervilla

### **1.2.1 Vías de acceso**

El acceso al área minera de la Sociedad Minera Minervilla, se lo puede realizar:

Desde Guayaquil, utilizando la vía Panamericana que conduce hasta Machala, con un recorrido aproximado de 139 Km., se llega hasta el Cuerpo de Bomberos del cantón Camilo Ponce Enríquez y se toma la izquierda, hasta llegar a la vía General Villa, la cual conduce hasta el área minera (Minervilla, 2016).

Desde la ciudad de Cuenca mediante la Vía Girón – Pasaje hasta la “Y” de Machala y luego por la vía Panamericana que conduce a Guayaquil, vía asfaltada y con señalización llegando al centro cantonal, se continúa hasta el cementerio general, tomando en este punto la vía de segundo orden denominada General Villa perteneciente al barrio Buenos Aires, hasta llegar al área minera en el sector río Villa (Minervilla, 2016).

Se puede acceder además mediante la vía Molleturo – Naranjal, vía asfaltada y con señalización, luego tomando la vía Panamericana que conduce a Machala, llegando hasta la calle Azuay (de segundo orden), perteneciente al barrio Buenos Aires en el cantón Camilo Ponce Enríquez para continuar seguidamente por la vía General Villa, hasta llegar al área minera en el sector río Villa (Minervilla, 2016).

Además, directamente desde Machala se puede tomar la vía Panamericana que conduce a Guayaquil recorriendo aproximadamente 42 Km, se llega hasta el cementerio general del cantón Camilo Ponce Enríquez, tomando en este punto la vía de segundo orden denominada General Villa perteneciente al barrio Buenos Aires, hasta llegar al área minera en el sector río Villa (Minervilla, 2016).

### **1.3 Clima**

Camilo Ponce Enríquez tiene un clima tropical. La temperatura media anual es de 25.1 °C. Los inviernos tienen una buena cantidad de lluvia, mientras que los veranos tienen muy poco. La precipitación promedio es de 877 mm (Minervilla, 2016).

### **1.3.1 Vegetación**

Según el mapa de cobertura vegetal, MAE/MAGAP 2015, se establece que el 49,5% del área total presenta vegetación arbustiva; el 20% del área corresponde a pastizales; el 17,5% es bosque nativo; el 12,7% presenta cultivos permanentes principalmente cacao; el 0,16% no presenta cobertura vegetal; el 0,13% corresponde a mosaico agropecuario (misceláneo indiferenciado); y un mínimo porcentaje presenta áreas pobladas (Enami, 2018).

## **1.4. Geología**

### **1.4.1 Geología regional**

El Campo Minero Camilo Ponce Enríquez, se encuentra ubicado dentro del sub-distrito Machala – Naranjal en la parte occidental del Distrito Azuay. Este es conocido por sus depósitos de Cu-Au-Mo en pórfidos y en vetas, brechas y “stock works” epi-mesotermales que se desarrollaron dentro de rocas de caja volcánica y que están especialmente relacionados con pórfidos (Minervilla, 2016).

La unidad comprende basaltos toleíticos, lávicos masivos y almohadillas con intrusiones básicas y cantidades subordinadas de volcanoclásticas, sedimentos pelágicos y rebanadas tectónicas de rocas ultramáficas. La base de esta unidad no está expuesta, y hacia el este está cubierta discordantemente por las rocas volcánicas, su área es de composición intermedia a silíceo calco – alcalina del grupo Saraguro. El espesor de esta unidad aproximadamente es de más de un kilómetro al este de Camilo Ponce Enríquez (Minervilla, 2016).

### **1.4.2 Geología local**

En la red hídrica de la subcuenca del río Villa se menciona que el área minera se emplaza en una zona que comprende en su totalidad rocas ígneas, en donde predominan las rocas volcánicas de composición basálticas. Existen además cuerpos porfídicos mismos que afloran más notoriamente en el río Villa. Para la determinación de la geología local superficial se ha recorrido una red hídrica de aproximadamente 4 km (Minervilla, 2016).

Se ha dividido el sector en 3 litologías bien diferenciadas de las cuales se tienen:

**Basaltos:** Se constituyen en las rocas que predominan en el sitio, ocupando el mayor porcentaje del área mapeada, caracterizados por poseer una textura afanítica y estructura masiva, con coloraciones grisáceas azuladas, verdes grisáceas y/o gris oscuro a negro, en el punto con coordenadas UTM/PSAD 56: 641531/9662390/268 y el punto correspondiente al afloramiento AMV001, su coloración es verdosa, tratándose específicamente de basaltos de hornblenda alterados, presentando dicha coloración por influencia de epidota y/o clorita (figura 1.2). Las rocas basálticas que afloran en el río Villa presentan una ligera diseminación de pirita, la cual se intensifica conforme se avanza río arriba, así mismo su coloración se torna más oscura. Entre los basaltos se han evidenciados pequeñas vetillas que podrían tratarse de aplitas, asociadas igualmente con sulfuros, principalmente pirita (Minervilla, 2016).



Figura 1. 2 Basaltos

Fuente: (Minervilla, 2016)

**Pórfido hornbléndico diorítico:** A manera de cuerpos irregulares de textura porfídica y composición diorítica, afloran tres cuerpos; dos en el río Villa (AMV009 y AMV010) y uno en la parte NE del área, en las cercanías del AMV014, en donde se presenta en el lecho de la quebrada y no se ha evidenciado contactos bien definidos (figura 1.3). Su formación es posterior a los basaltos descritos anteriormente ya que en los afloramientos AMV009 y AMV010 han dejado como evidencia pequeños xenolitos monolíticos (Minervilla, 2016).

La coloración de estas rocas es grisácea con un elevado coeficiente de fortaleza, en donde se presentan mayoritariamente inalterados. Su textura es porfídica, con cristales subhedrales, con

fenocristales de hornblenda y plagioclasa. En estas rocas también se evidencian otros minerales como cuarzo y plagioclasas, además presentan una buena atracción magnética (Minervilla, 2016).



Figura 1. 3 Muestra de pórfido hornbléndico

Fuente: (Minervilla, 2016)

**Cuarzo andesitas porfídicas de hornblenda:** Presentes puntualmente en el afloramiento AMV001 en donde se evidencia un contacto de éstas rocas con basaltos de hornblenda alterados. El sector de afloramiento corresponde a una bocamina antigua de la mina Guayacán de Oro y que actualmente pertenece a la Sociedad Minera Minervilla, en donde su acceso actualmente no es posible desde la superficie. Se ha podido evidenciar la presencia de pirita diseminada en esta roca, además una leve reacción con ácido clorhídrico (figura 1.4). Se ha podido apreciar también un posible ligero reemplazamiento de hornblenda por pirita (Minervilla, 2016).



Figura 1. 4 Muestra cuarzo andesitas porfídicas de hornblenda

Fuente: (Minervilla, 2016)

#### **1.4.2.1 Geomorfología**

El relieve de área de estudio es muy accidentado, con fuertes pendientes producidas por tectonismo, erosión y eólica, formando profundos valles formando picos elevados, creando desniveles (Minervilla, 2016).

A los alrededores se encuentran dos sub – cuencas hidrográficas principales; la del río 7 al norte y río Pagua al sur (Minervilla, 2016).

El río 7 es el más cercano e importante, sus afluentes principales son ríos 9 de octubre, Margarita, Vainilla y Guanache. La cuenca del río 7 está ubicada en una franja estrecha de la costa, de topografía plana, desembocando directamente sus aguas en el Océano Pacífico (Minervilla, 2016).

Los ríos que se encuentran por el sector son; Tenguel, Pagua, Bonito San Jacinto, y el Siete que limita el norte y sur de los distritos mineros (Minervilla, 2016).

#### **1.4.2.2 Estructuras**

Fallas, fracturas y diaclasas tipo stockwork con abundantes vetillas son frecuentes en el área del proyecto. Las fallas presentan potencias que van desde 0.5 a 30 m., se encuentra generalmente rellenas de minerales de ganga, cuarzo y sulfuros. (Cárdenas, 2018)

#### **1.4.2.3 Mineralización**

La mineralización comprende: oro, pirita, calcopirita, pirrotina, arsenopirita, magnetita y poco de molibdenita. Minerales de alteración relacionados al oro: biotita secundaria, turmalina, sericita y silica. En menor proporción epidota, clorita y carbonatos; hierro secundario y óxidos de magnesio son comunes en la zona de oxidación. (Cárdenas, 2018)

En la superficie donde se ubica el cuerpo diseminado denominado “Gaby”, se identifican 5 tipos de mineralización:

- Oro asociado a sulfuros en zonas de brecha e intrusivo.
- Vetas de cuarzo aurífero.
- Mineralización localizada en la zona de oxidación de intrusivo.
- Oro aluvial enriquecido.
- Oro a placeres. (Cárdenas, 2018)

### 1.1.5 Estructura de la mina

La sociedad minera Minervilla cuenta con una boca mina con las siguientes dimensiones: ancho 2 m y largo 2.5 m. en el nivel 0 (figura 1.5), se recorre un aproximado de 500 m para llegar a la vía de acceso que nos dirige al nivel 1 que se encuentra 40 m debajo del nivel 0 (línea base), posteriormente para llegar a la vía de acceso para el nivel 2 que se encuentra 50 m debajo del nivel 1, se recorre un aproximado de 20 m hasta llegar al winche desde donde se realiza el descenso.



Figura 1. 5 Boca mina Nivel 0

En la figura 1.6 se puede observar el corte en planta de interior mina, donde se detalla la ubicación de la boca mina, niveles y vías de acceso.

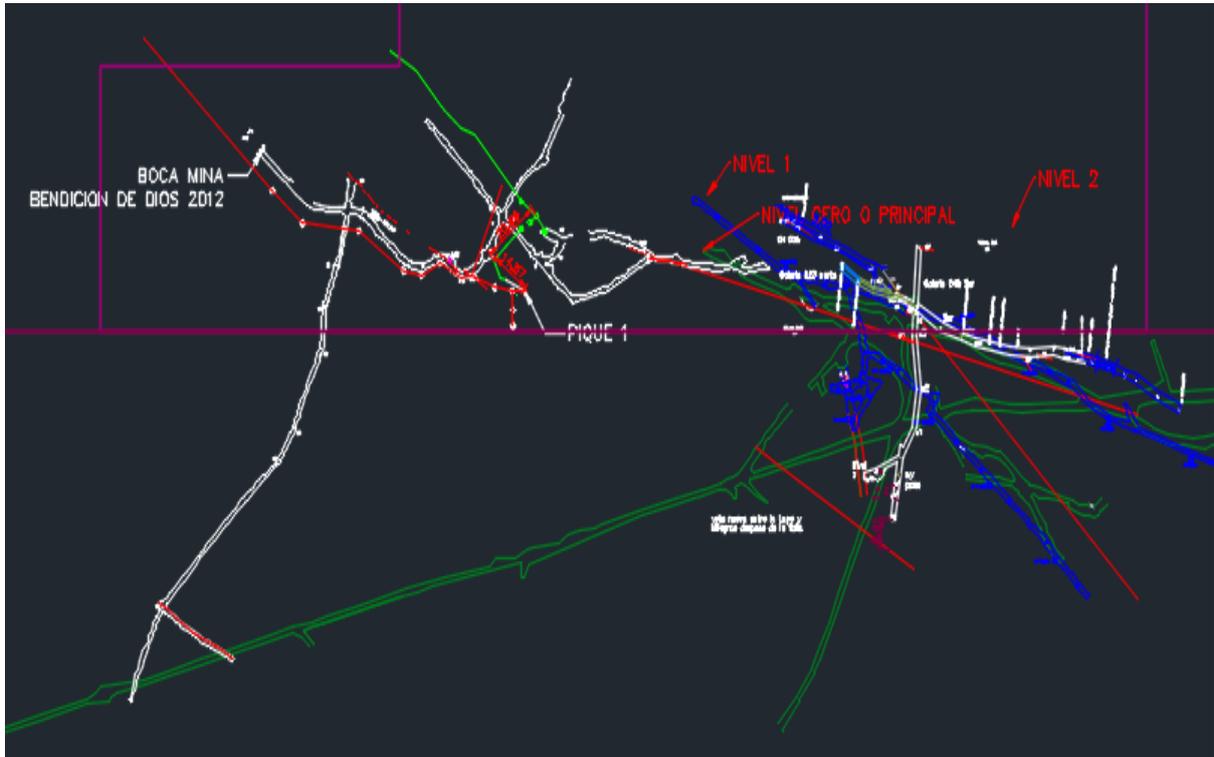


Figura 1. 6 Estructura de la mina

Fuente: (Minervilla, 2016)

## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Minería subterránea

“Una mina subterránea es aquella explotación de recursos mineros que se desarrolla por debajo de la superficie del terreno. La explotación de un yacimiento mediante minería subterránea se realiza cuando su extracción a cielo abierto no es posible por motivos económicos, sociales o ambientales” (Abarca, 2015)

Para explotar un yacimiento de forma subterránea las alternativas son diversas a diferencia de la explotación a cielo abierto que es única. Llevar a cabo una operación minera subterránea requiere de una planificación que permita diseñar la mejor estrategia productiva en función de los recursos minerales existentes y de los objetivos del negocio establecidos por la compañía minera. (Abarca, 2015)

El arte de la minería subterránea involucra tres conjuntos de actividades:

- El desarrollo de los accesos físicos hacia la zona mineralizada;
- La extracción del macizo rocoso mineralizado; y
- El transporte del mineral hacia las instalaciones de procesamiento, ubicadas en la superficie de la mina. (Abarca, 2015)

#### Método de explotación

El proceso de explotación de la sociedad minera Minervilla, se basa en el método de corte y relleno ascendente, el mismo que se acopla a la morfología del yacimiento.

#### Corte y Relleno Ascendente

En el método de explotación por Corte y Relleno Ascendente conocido también como “Over Cut and Fill”, el mineral es cortado en tajadas horizontales, comenzando de la parte baja y avanzando hacia arriba. El mineral roto es cargado y extraído completamente del tajo, cuando toda la tajada ha sido disparada, el volumen extraído es rellenado con un material estéril para el soporte de las cajas, proporcionando una plataforma mientras la próxima rebanada sea minada. El material de relleno puede ser de material estéril proveniente de las labores de desarrollo de la mina y es distribuido mecánicamente sobre el área tajeada; así mismo en el minado moderno de corte y relleno es práctica común el uso del relleno hidráulico, este material

procede de los relaves de la planta concentradora, mezclado con agua y transportado a la mina a través de tuberías; cuando el agua del relleno es drenado entonces queda un relleno competente con una superficie uniforme, en algunos casos el material es mezclado con cemento que proporciona una superficie más dura y mejora las características del soporte. Actualmente el método es utilizado generalmente en vetas angostas de buena ley, las que no pueden ser mecanizadas, o en pequeñas operaciones en donde los costos de mecanización son aceptables. (Sánchez, 2014)

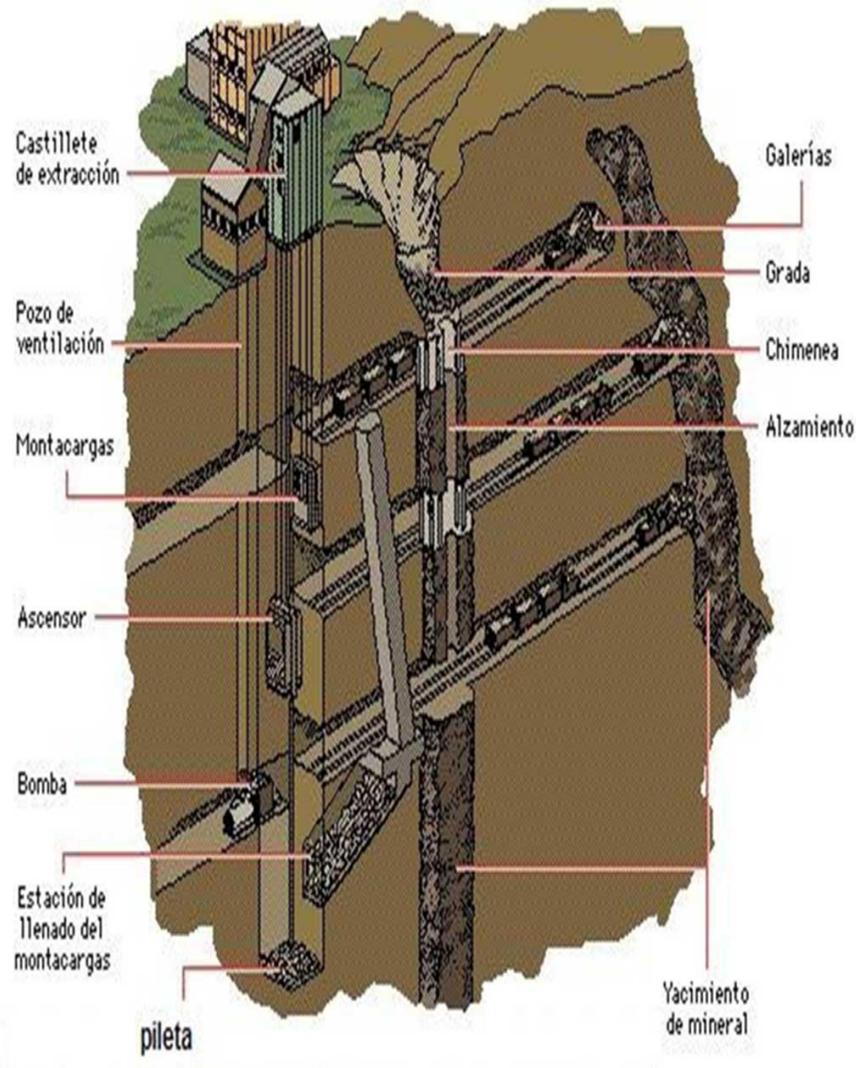


Figura 2. 1 Método de explotación Corte y Relleno

Fuente: (Sánchez, 2014)

### **Característica del método**

La explotación de corte y relleno puede utilizarse en yacimientos que presenten las siguientes características:

- Fuerte buzamiento, superior a los 50° de inclinación.
- Características físico-mecánicas del mineral y roca de caja relativamente mala (roca incompetente).
- Potencia moderada.
- Límites regulares del yacimiento. (Sánchez, 2014)

### **2.2 Ventilación**

La ventilación puede definirse como la técnica de sustituir el aire ambiente interior de un recinto, el cual se considera indeseable por falta de temperatura adecuada, pureza o humedad, por otro que aporta una mejora. (VentDepot, 2001)

La ventilación, tiene por misión principal el suministro de aire fresco con el objeto de lograr condiciones ambientales y termo-ambientales adecuadas para todo el personal que labore en faenas mineras subterráneas, como también para atender la operación de diversos equipos e instalaciones subterráneas (Vargas, 2009)

La ventilación en minas subterráneas debe cumplir con los siguientes objetivos:

- Suministrar el oxígeno para la respiración de las personas,
- Proporcionar el volumen de aire para los equipos diésel e instalaciones subterráneas,
- Evitar la formación de mezclas explosivas,
- Diluir y extraer los gases tóxicos y polvo en suspensión,
- Reducir la temperatura (Vargas, 2009)

## **Tipos de ventilación**

### **2.2.1 Ventilación principal**

Es la ventilación de las labores con entrada y salida de aire ayudada mecánicamente por un potente ventilador comunicado con el exterior. El flujo de aire recorre las principales labores de la mina circulando por toda la sección. (Rivera, 2015)

### **2.2.2 Ventilación auxiliar**

Sistema que, haciendo uso de ductos y ventiladores auxiliares, ventila áreas restringidas, para la entrada de aire en las minas subterráneas; para ello se emplean los circuitos de alimentación de aire fresco y de evacuación del aire viciado que le proporcione el sistema de ventilación primaria. Se hace circular el aire por vías donde no es posible hacer llegar la ventilación principal a través de ductos, mangas o tuberías de ventilación. (Rivera, 2015)

Sistema impelente: El aire es impulsado dentro del ducto y sale por la galería en desarrollo ya viciado. (Gallardo, 2008)

Sistema aspirante: El aire fresco ingresa a la frente por la galería y el contaminado es extraído por la ductería. (Gallardo, 2008)

Para ventilar túneles en desarrollo desde la superficie, es el sistema aspirante el preferido, aun cuando se requieren elementos auxiliares para remover el aire de la zona muerta, comprendida entre la frente y el extremo de la ductería de aspiración. (Gallardo, 2008)

Un tercer sistema es el combinado, aspirante-impelente, que emplea dos tendidos de ductería, una para extraer aire y el segundo para impulsar aire limpio a la frente en avance. Este sistema reúne las ventajas de los dos tipos básicos, en cuanto a mantener la galería y la frente en desarrollo con una renovación constante de aire limpio y en la velocidad de la extracción de los gases de disparos, con la desventaja de su mayor costo de instalación y manutención. (Gallardo, 2008)

El uso de sistemas combinados, aspirante – impelentes, para ventilar el desarrollo de piques verticales, es también de aplicación práctica cuando éstos se desarrollan en forma descendente y la marina se extrae por medio de baldes. (Gallardo, 2008)

En estos casos, el uso de un tendido de mangas que haga llegar aire fresco al fondo del pique en avance es imprescindible para refrescar el ambiente. (Gallardo, 2008)

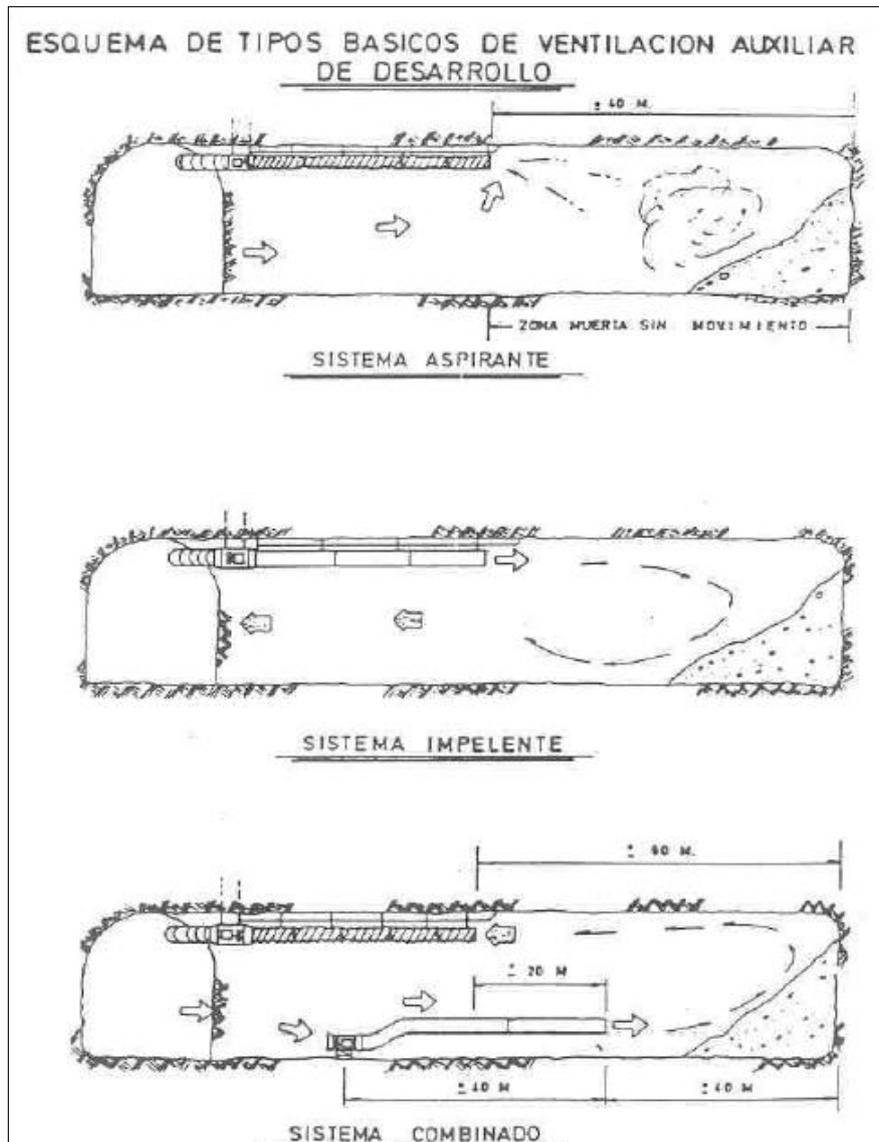


Figura 2. 2 Sistema de ventilación

Fuente: (Gallardo, 2008)

### Determinación del caudal de aire necesario

El objetivo principal de un estudio de ventilación de minas, es determinar la cantidad y calidad del aire que debe circular dentro de ella. (Gallardo, 2008)

Los factores que influyen en la determinación de este caudal, dependen de las condiciones propias de cada operación y del método de explotación utilizado. (Gallardo, 2008)

Las necesidades de aire al interior de la mina, deben ser determinadas en base al personal y el número de equipos que trabajan al interior de las labores en los niveles que componen la mina, además de conocer el método de explotación. (Gallardo, 2008)

El cálculo de las necesidades, permitirá ventilar las labores mineras en forma eficiente, mediante un control de flujos tanto de inyección de aire fresco, como de extracción de aire viciado. Esto permite diluir y extraer el polvo en suspensión, gases producto de la tronadura o de la combustión de los vehículos. (Gallardo, 2008)

Para determinar el requerimiento de aire total se utilizan los siguientes parámetros operacionales:

### **Caudal según personal que trabaja**

$$Q = f \times N \left( \frac{\text{m}^3}{\text{min}} \right)$$

f= volumen de aire necesario por persona (3 m<sup>3</sup>/min)

N= Número de personas trabajando

### **Caudal según la producción**

$$Q = u \times T \left( \frac{\text{m}^3}{\text{min}} \right)$$

u= 1 a 1,7 (m<sup>3</sup>/ min)

T= Producción diaria en toneladas

### **Caudal según los explosivos**

$$Q = 16,67 \times E \left( \frac{\text{m}^3}{\text{min}} \right)$$

E= cantidad de explosivo

## Caudal según la maquinaria

$$Q = 2,83 \times \text{HP} \left( \frac{\text{m}^3}{\text{min}} \right)$$

HP= número de caballos fuerza de los motores. (Alegria, 2015)

La sociedad minera Minervilla tiene una ventilación básica, la misma que consta de tres turbinas, dos que extraen el aire contaminado de los diferentes niveles y la otra turbina es impelente la misma que introduce aire limpio.

### 2.3 Iluminación

En las profundidades algunas de distancias abismales no llega la luz natural, y la artificial, de la flama o la bombilla, ha sido la única que ha alumbrado lo que por millones de años ha permanecido bajo tierra. Las fuentes de luz artificial son las únicas que permiten realizar actividades donde, de lo contrario, reinaría la oscuridad. (Fauzi, 2018)

La iluminación minera plantea desafíos. En las entrañas de la tierra la luz artificial es la única fuente de iluminación. Los equipos deben evitar que el calor que emiten pueda provocar explosiones y estar seguros de poder resistir las condiciones de una mina: presencia de polvo, vibraciones y, en casos, golpes directos. (Fauzi, 2018)

En el interior de la mina, donde existen atmósferas potencialmente explosivas, la utilización de la energía eléctrica necesita estar protegida con total seguridad. Para evitar explosiones o minimizar sus efectos, además de ventilar las minas, se suele utilizar equipos y materiales especialmente diseñados para utilizarse en atmósferas explosivas. (Airfal Internacional, 2013)

Todo el material eléctrico y de iluminación empleado en la mina tiene que estar blindado, capaz de soportar una explosión en su interior y evitar cualquier riesgo de propagación, es lo que se llama material antideflagrante. (Airfal Internacional, 2013)

Las normas de iluminación ayudan a garantizar la seguridad de las instalaciones de iluminación en las minas. Los sistemas de iluminación utilizados en la parte inferior de una mina deben de

cumplir con la normativa ATEX, y así evitar el riesgo de propagación de la explosión. (Airfal Internacional, 2013)

Actualmente, las inversiones para iluminación en las operaciones mineras son muy importantes. Ellas buscan lograr iluminación adecuada, es decir, sin excesos. La inadecuada iluminación en las zonas de trabajo trae consigo mayor consumo de energía, mayor polución lumínica, menor control de brillo y poca iluminación, lo cual sugiere una mayor exigencia visual de los usuarios y, por lo tanto, una mayor fatiga y disminución en la productividad con tendencia a la alta probabilidad de accidentes. (Astete, 2012)

Debemos asegurar una buena asesoría técnica que se refleje en el campo con los niveles de excelencia en luminancia dictados por las normas vigentes. Debe evitarse la iluminación a “ojo de buen cubero “. Las fuentes de luz seleccionadas tienen que ser las adecuadas para el tipo de actividad y no “lo que se tenga a la mano “, en donde las potencias -en vatios- a utilizarse mantengan el equilibrio en el consumo de energía. (Astete, 2012)

La selección de las fuentes se realizará en función al área a alumbrar buscando una luminaria que cumpla no solamente en el aspecto constructivo (según la IEC-598), sino que tenga la fotometría adecuada. A través del cálculo luminotécnico respectivo se puedan apreciar los resultados buscados: luminancias mínimas, medias y máximas, uniformidades, luminancias horizontales -a la altura del plano de trabajo seleccionado- y las verticales, potencia instalada total, consumo de energía por metro cuadrado, entre otros. (Astete, 2012)

Todos estos valores permitirán realizar buenos análisis de iluminación y contribuirán a seleccionar la luminaria para elegir mejor la altura del montaje de las mismas, la distancia calculada entre ellas, etc. Esto significa un ahorro económico al ajustar todas las variables antes que se hagan los trabajos de campo. (Astete, 2012)

Es relevante que una luminaria cumpla con los factores de seguridad en el ámbito constructivo. También hay que tener en cuenta este componente al identificar el tipo de labor en cualquier operación minera, llámese tajo abierto o socavón. (Astete, 2012)

Otro punto importante, emparentado con la seguridad en el trabajo, es la presencia de riesgos ineludibles en ciertas actividades por la labor del trabajador con cierto tipo de minerales, escape de gases y vapores que, en contacto con el oxígeno pueden producir mezclas de concentración explosiva. (Astete, 2012)

El objetivo de seguridad en cualquier actividad, y con mayor razón en operaciones mineras, se debe concretar a favor de la salud y la vida de las personas al igual que la integridad de los bienes ante posibles riesgos, que puedan producirse por el uso de corriente eléctrica. (Astete, 2012)

Existen luminarias en el mercado que tienen características especiales de fabricación y garantizan absoluta seguridad. Estos dispositivos pueden trabajar en operaciones mineras aún ante la presencia de atmósferas de gas explosivo de manera continua o por períodos prolongados. (Astete, 2012).

Finalmente, es fundamental saber seleccionar la luminaria para el trabajo y que tenga las garantías específicas para desenvolverse sin contratiempos en las labores y sin riesgo de explosión. Insistimos en que una eficaz asesoría técnico-económica es un componente clave para tomar buenas decisiones. (Astete, 2012).

Uno de los implementos indispensables para el trabajo en las operaciones mineras subterráneas son las lámparas para cascos. No podía ser de otra manera, pues no existen condiciones de iluminación natural en los frentes de trabajo ni en las galerías donde transita el personal. (Revista Seguridad Minera de Perú, 2012)

Sin interesar la magnitud de las empresas mineras y de sus operaciones subterráneas, todas ellas requieren de lámparas que se adapten al tipo de labor a realizar y las condiciones ambientales del área de trabajo. Claro está que no es lo mismo utilizar este dispositivo sólo para visitar por un breve lapso una labor minera o para trabajar jornadas completas. También es diferente utilizarlo en pequeñas galerías como en amplísimos socavones. Tampoco lo es si se utiliza en zonas secas o en interior de mina con abundante escurrimiento de agua. (Revista Seguridad Minera de Perú, 2012)

Según la Enciclopedia de Seguridad y Salud en el Trabajo, existen dos fuentes de iluminación en minería subterránea: fijas y móviles. Sobre la primera se señala que “la tendencia en materia de iluminación de minas es utilizar fuentes de iluminación más eficientes, del tipo de las de descarga de alta intensidad (HID), vapor de mercurio, haluro metálico, y sodio a alta presión y a baja presión”. En el caso de fuentes móviles, “se utilizan lámparas de casco fluorescentes, en su mayoría de filamento de tungsteno alimentadas con batería (bien de tipo ácido de plomo o bien de níquel-cadmio)”. (Revista Seguridad Minera de Perú, 2012)

A partir de ambas fuentes, la variedad de tipos de lámparas es amplia y su selección debe permitir un trabajo eficiente al operador. Es imprescindible esta herramienta para trabajar con confianza a lejos de la superficie. En ese sentido, seguir puntualmente las recomendaciones del fabricante, para el buen uso y mantenimiento, es una tarea que deben cumplir quienes se responsabilizan de suministrar el casco minero en cada jornada. (Revista Seguridad Minera de Perú, 2012)

El Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería de Perú señala que las lámparas a emplearse deben estar “en perfecto estado de funcionamiento y protección debiendo garantizar una intensidad luminosa mayor o igual a 2500 lux a 1.2 metros de distancia en interior mina durante toda la guardia, con un mínimo de doce horas continuas de uso”. (Revista Seguridad Minera de Perú, 2012)

### **Importancia de la iluminación**

La iluminación en interior mina debe ser en buena cantidad y calidad. La cantidad de luz es importante para poder llevar a cabo cualquier trabajo minero. Si aumenta la iluminación, la claridad del lugar también aumentará. La calidad de la luz está relacionada con el brillo, difusión, dirección y su uniformidad. ( Revista Seguridad Minera de Perú, 2012)

La iluminación debe proporcionar a los trabajadores un ambiente seguro en interior mina. Es importante mencionar que cerca del 40% de accidentes mineros en la minería subterránea peruana es producida por los desprendimientos de roca, muchos de los cuales han sido atribuidos a la mala iluminación. ( Revista Seguridad Minera de Perú, 2012)

Una buena iluminación permite efectuar una inspección visual correcta del lugar. Gracias a ella, puede observarse el techo, cajas y frente de la labor minera, detectando la existencia de fracturas y rocas sueltas, igualmente el color de las rocas y los lugares donde se procederá al desate de rocas respectivo. ( Revista Seguridad Minera de Perú, 2012)

Una mala iluminación durante las horas de trabajo provoca fatiga en el trabajador, es decir, un sentimiento de molestia, cansancio o dolor, esencialmente desagradable, de carácter psicológico, mas no de naturaleza física. La mala iluminación obliga al trabajador a tener que acercarse con frecuencia al objeto de trabajo, provocando la fatiga, lo que podría causar algún accidente. ( Revista Seguridad Minera de Perú, 2012)

Las empresas mineras incluyen en sus reglamentos internos de seguridad disposiciones para los trabajadores para la correcta utilización de las lámparas mineras.

- Las lámparas mineras de casco son parte del equipo de protección personal, la cual es individual e intransferible, siendo proporcionada por la empresa.
- Ningún trabajador ingresará a la mina sin previamente haber recogido su lámpara, la cual deberá ser canjeada por una ficha de metal, que servirá para verificar su ingreso y permanencia en interior mina.
- Al concluir su labor en interior mina, el trabajador deberá entregar la lámpara minera en la casa-lámpara, canjeándola por la ficha de metal.
- El trabajador de interior mina es responsable por el debido uso y conservación de la lámpara minera durante su jornada.
- La lámpara minera es de uso obligatorio y deberá estar en buenas condiciones. El trabajador nunca deberá apagarla cuando se encuentre en interior mina.
- Por ningún motivo el trabajador deberá caminar ni trabajar con la lámpara minera apagada.
- El trabajador minero nunca deberá dirigir el flujo luminoso de su lámpara minera directamente a la cara (ojos) del compañero, pues lo cegaría por unos instantes.
- Al cruzarse con un equipo móvil (volquetes, scoop, etc.) en interior mina, el trabajador deberá colocarse en el refugio oficial, dirigiendo el flujo luminoso de su lámpara al suelo y no a la cara del conductor.
- La lámpara minera siempre deberá estar en la porta lámpara ubicado en el casco minero. El trabajador minero nunca deberá llevarla en las manos o colgada en el cuello.
- Nunca se deberá ingresar a las labores con la lámpara en regulares o malas condiciones.
- Si la lámpara comienza a tener problemas de iluminación en interior mina, de inmediato deberá informar a su compañero, para salir con él a la superficie y reportar la anomalía.
- Si por alguna circunstancia se apagara la lámpara en interior mina (caminando o trabajando), el trabajador no deberá moverse hasta la llegada de su compañero, quien lo llevará de inmediato a la superficie.
- Los trabajadores por ningún motivo deberán alterar, modificar, perjudicar o malograr algún mecanismo de las lámparas.
- Los motoristas pueden utilizar la luz de la lámpara de mina como señales bajo el siguiente esquema: Mover de pared a pared en forma horizontal: Parar el convoy; Mover subiendo y bajando en forma vertical: Acercarse hacia la señal; Darle vueltas en círculo: Alejarse de la señal; Tapar y destapar la luz: Reducir la velocidad. El motorista debe repetir las señales para hacer entender que las ha comprendido. (En base al reglamento minero)

- Los equipos utilizados en interior mina (scoop, locomotoras, volquetes, etc.), así como las instalaciones (estaciones eléctricas, polvorines, bodegas, etc.), deberán contar con la iluminación exigida en los reglamentos respectivos. ( Revista Seguridad Minera de Perú, 2012)

El equipo de iluminación deberá contar con un programa de mantenimiento para operar con eficiencia. Una constante capacitación sobre la iluminación en minas subterráneas aumentará los conocimientos del trabajador, evitando futuros accidentes. ( Revista Seguridad Minera de Perú, 2012)

La sociedad minera Minervilla cuenta únicamente con iluminación personal, con excepción de la zona donde opera el winche, que cuenta con alumbrado estacionario.

## **2.4 Evacuación de agua**

Las fallas naturales o las grietas producidas por las explotaciones rompen la continuidad de los mantos impermeables y son el camino de entrada de las aguas, pero el agua más corriente en las minas profundas procede de niveles acuíferos subterráneos, aunque excepcionalmente pueda una grieta dar entrada a aguas superficiales directamente. (Lopez, 2015)

La mayoría de las rocas son impermeables y las grietas que en ellas se produzcan suelen impermeabilizarse pronto. Naturalmente las rocas porosas son un peligro, y las calizas, al formar cavidades con almacenamiento de aguas, también. En las minas de sales el peligro del agua es mucho mayor y por ello se dejan fuertes macizos e incluso se rellenan con relleno hidráulico para cerrar el paso a posibles entradas de agua. Las medidas para evitar o disminuir la entrada de aguas en la mina pueden realizarse dentro de la mina o exteriormente a ella; entre las medidas de exterior está el estudio detallado de la hidrología superficial y subterránea, con el fin de regular o impermeabilizar los ríos, arroyos, etc. (Lopez, 2015)

Desecar zonas pantanosas y drenarlas, captar mantos acuíferos con pozos y sondeos a menos costo que el desagüe a gran profundidad. Las medidas de interior pueden ser: el revestimiento o encubado de pozos, el relleno, los macizos de protección, la cementación y los cierres y diques para aislar las aguas; todas ellas entrañan múltiples dificultades y al final siempre hay una parte importante de agua que hay que bombear al exterior. (Lopez, 2015)

### **Los efectos perceptibles del agua en minas subterráneas**

Son múltiples e incluyen muchos que son comunes con los problemas que se presentan en cielo abierto. De forma resumida, se expone una relación de los mismos, sin que la lista de potenciales efectos quede circunscrita exclusivamente a ella:

- Inundaciones repentinas a gran escala, que pueden incluso llegar a parar la producción y requieren, en cualquier caso, la dedicación de muchos recursos para su eliminación.
- Reducción de los rendimientos de las unidades de carga y transporte al circular sobre pisos embarrados y por mayor formación de baches.
- Incrementos de la corrosión de sistemas.
- Reducción de la vida útil del sostenimiento, especialmente si éste es de madera. Consecuentemente, esto da lugar a un incremento del deterioro de túneles y obras subterráneas, así como reducción de la vida útil de estas obras.
- Producción de daños en las instalaciones y empleo de costosos equipos de control y evacuación.
- Reducción de la productividad de maquinaria y personal como consecuencia de entornos húmedos.
- Incrementos de los costos de mantenimiento al aumentar el porcentaje de averías originadas por la acción abrasiva del barro, corrosión de la humedad y efecto de esta sobre el equipo eléctrico. Además, el agua actúa como lubricante en los cortes de los neumáticos con la roca.
- Necesidad de instalación eléctrica/ electrónica con mejor protección frente a la humedad y la corrosión.
- Reducción de la cohesión de muchos tipos de rocas. • Incremento de la migración y contaminación por materiales finos.
- Incremento de los costos de voladura, al obligar al uso de explosivos resistentes al agua, imposibilitándose muchas veces la utilización de explosivos tipo ANFO, que requieren el desaguado previo de los barrenos, y acudiéndose a la utilización de explosivos encartuchados. (Muñoz, 2015)

Existen varios tipos de enfermedades y son:

- La infección de la piel conocida como “pie de atleta, es una infección de la piel de dicha zona producida por hongos. El contagio se produce por contacto, con escamas de piel que contienen a los hongos o directamente con hongos presentes en superficies húmedas. El uso del calzado de seguridad, muy poco permeable y de medias de fibras sintéticas aumenta la transpiración del pie favoreciendo y manteniendo el proceso infeccioso. (Díaz, 2009)
- Esquistosomiasis: Esta anomalía es causada por parásitos que penetran la piel de las personas que se están lavando o bañando en fuentes de agua contaminado, provocando infecciones que dañan el hígado, los intestinos, los pulmones y la vejiga, entre otros órganos. (Oxfam Intermón, 2017)
- Xerosis: Más conocido como piel seca o sequedad en la piel, la xerosis cutánea es un problema que se acentúa en invierno a causa del frío o los cambios bruscos de temperatura. No obstante, en muchas ocasiones, no es el factor ambiental el que desencadena el problema y son enfermedades diferentes o determinados tratamientos los que, como efecto secundario, provocan este trastorno. En todos los casos, el resultado es el mismo: tirantez, aspereza, piel escamosa, piel flocular, picor y sensibilidad cutánea. (Todo Dermo, 2014)

### **Medidas para evitar el agua**

Las medidas para evitar o disminuir la entrada de aguas en la mina pueden realizarse dentro de la mina o exteriormente a ella; entre las medidas de exterior está el estudio detallado de la hidrología superficial y subterránea, con el fin de regular o impermeabilizar los ríos y arroyos, desecar zonas pantanosas y drenarlas, captar mantos acuíferos con pozos y sondeos a menos costo que el desagüe a gran profundidad. (Pizarro, 2009)

Las medidas de interior pueden ser: el revestimiento o encubado de pozos, el relleno, los macizos de protección, la cementación y los cierres y diques para aislar las aguas; todas ellas entrañan múltiples dificultades y al final siempre hay una parte importante de agua que hay que bombear al exterior. Lo verdaderamente peligroso son los rompimientos súbitos de fuertes

avenidas o inundaciones directas, que pueden anegar toda la mina y ponerla en peligro. (Pizarro, 2009)

Las lluvias sólo repercuten en minas de poca profundidad y normalmente con un retraso de unos meses, se puede considerar que a profundidades mayores de 500 metros no afecta a la curva de desagüe. La circulación del agua en el subsuelo es lenta, menor de 3 metros por hora. De aquí la importancia de diseñar una buena red de desagüe, que en definitiva lo que persigue es la eliminación del agua de las minas por dos procedimientos:

- Tomando medidas para que no entre en ella, mediante la creación de canales perimetrales, impermeabilización e incluso desvíos de cauces.
- Bombeándola fuera de la mina. (Pizarro, 2009)

### **Bombeo y desagüe en minas subterráneas**

La capacidad de bombeo requerida en las minas subterráneas varía considerablemente. En algunas minas, debe depurarse el agua usada y ser reciclada para atender las necesidades operativas del resto de instalaciones y reducir los costes. En otras, por el contrario, se han de bombear millones de litros de agua cada día de cada año, es indudable que el tamaño e infraestructura de la mina va a ser un factor muy a tener en cuenta y, desde luego, los grandes avances que han ido apareciendo para esta actividad. El agua que tiene que ser extraída de las minas no es H<sub>2</sub>O pura, contiene también:

- Partículas sólidas, entre las que se incluyen finos procedentes de la perforación, grandes partículas abrasivas y varios tipos de lodos que pueden resultar dañinos para los equipos que se utilicen para su extracción.
- Productos químicos, que se encuentran disueltos en el agua de mina, estos productos producen un agua altamente corrosiva que igualmente puede afectar gravemente a los equipos de bombeo. (Pizarro, 2009)

El diseño de la red de bombeo o desagüe de una mina subterránea va a ser muy variable con el transcurso del tiempo, ya que el diseño de una explotación en origen va ser muy definido, pero con el paso del tiempo y con la ampliación del campo de explotación, esta red tendrá que variar ya que comenzará a cambiar tanto la longitud de las galerías como la profundización; por lo tanto, en cada planta habrá un depósito general y de éste en un momento dado será desde donde

se bombeará al exterior, pero puede ser que con el paso del tiempo pueda dejarse de bombear al exterior y pueda servir de depósito secundario para bombear a otro principal y si este se sitúa a una cota inferior sólo por una conducción por gravedad pase el agua del uno al otro. Podemos en cada caso atender a diferentes tipos de bombeo. (Pizarro, 2009)

### **Desagüe principal**

La recogida y extracción de las aguas constituye la instalación de desagüe propiamente dicha. En términos generales el agua se recoge en las galerías, en cunetas practicadas a piso en la base de uno de los hastiales que conforman la galería, lo normal es que vayan hormigonadas y con una pendiente mínima de 1 por 1.000, y dirigida esa pendiente hacia unas galerías colectoras que normalmente están situadas unos 4 metros por debajo del piso de la llamada sala de bombas, incluso se puede recoger el bombeo de otras zonas de la mina y se conduce esta agua a este nivel más bajo de bombeo general. Para determinar el volumen de estas galerías colectoras hay que conocer el sistema de funcionamiento del desagüe, y éste va a depender del caudal de aporte y de si las bombas van a funcionar con o sin interrupción. (Pizarro, 2009)

En principio sería conveniente que las bombas trabajasen a un turno donde haya menor consumo de energía, por lo tanto, el volumen de las galerías necesita una capacidad para recoger el caudal de agua de las restantes horas de desagüe parado. (Pizarro, 2009)

En régimen normal debe haber dos galerías, una en funcionamiento y otra en limpieza y reserva, sabiendo que una de las funciones que cumplen estas galerías es la de servir de decantación para el agua que llega; éstas se disponen simétricas con relación a la sala de bombas y se comunican con ella por posos verticales por los que baja la tubería de aspiración, que termina en una alcachofa rodeada de una envoltura de tela metálica para evitar la entrada de elementos que puedan fastidiar la bomba. (Pizarro, 2009)

Las salas de bombas son galerías ensanchadas y revestidas de hormigón, deben tener un puente grúa para mover las piezas pesadas con la mayor facilidad posible y, sobre todo, deben estar bien ventiladas, ya que los motores que alimentan dichas bombas desprenden mucho calor; lo normal es que se construyan en zonas muy cercanas a los pozos o planos de bajada a la mina, para utilizar la ventilación limpia que entra del exterior y también para la colocación de la tubería de salida al exterior. Las bombas principales de desagüe son prácticamente todas centrífugas y alimentadas con motores eléctricos, son bombas de varios rodets o pisos de presión, cada rodete equivale a 70 o 150 metros de altura de agua; por lo tanto, para el cálculo

de la bomba a colocar en el desagüe principal de la mina habrá que conocer el caudal de aporte, la altura a la que haya que subir el agua al exterior y las pérdidas de carga. (Pizarro, 2009)

### **Desagüe secundario o auxiliar**

Éste es el que se utiliza para enviar el agua a las galerías colectoras principalmente, aunque en algunos casos según el nivel en el que se realiza lo hace directamente al exterior. Es muy variable tanto el caudal como la ubicación, por lo que las dimensiones de estos depósitos van a ser muy variables y no con tanto detalle en su construcción como los anteriormente descritos e igualmente el tipo de bombas utilizadas será muy amplio dentro de las que existen en el mercado dependiendo de la cantidad de agua a desaguar, su calidad, etc.; además de si es conveniente que sean sumergibles, si tienen que estar alimentadas eléctricamente o por aire comprimido. Estos equipos pueden ser atendidos por alguna persona o incluso se pueden accionar de forma automática mediante la colocación de un sistema de control de nivel. (Pizarro, 2009)

A continuación, vamos a ver una serie de posibilidades o casos y soluciones que se puedan dar:

- Bombeo por etapas con bombas pequeñas, que normalmente son sumergibles, y que se utilizan para mantener el agua fuera de los frentes de trabajo y para el transporte a estaciones de bombeo secundarias o principales, siempre en el mismo nivel; éstas no requieren más que un pequeño sumidero para la captación del agua y pueden ser alimentadas tanto con corriente eléctrica como aire comprimido. • Bombeo entre niveles. Se emplean bombas sumergibles para el bombeo de uno a varios niveles, a la estación de bombeo principal más cercana o puede darse el caso de que según a la profundidad que esté situada se bombee directamente al exterior.
- Drenaje de pozos y lugares de trabajo. Por cuestiones de trabajo y mantenimiento, no se construyen estaciones de bombeo complicadas tanto en los fondos de pozos y planos como en otro tipo de labores, sino que se constituyen unas estaciones de bombeo que pueden funcionar sin recibir atención durante periodos de tiempos más largos que en el caso de instalaciones fácilmente accesibles. La capacidad de bombeo requerida varía según las circunstancias, debido a que el lodo se acumula en el fondo sin drenaje natural, es por lo que se utilizan bombas especialmente construidas para trabajar con este material.
- Es importante también comentar que, dentro de la infraestructura de la mina, y según vaya evolucionando el campo de explotación, es conveniente integrar un depósito de

almacenamiento de aguas para uso en las mismas labores de interior, bien sea para riegos en los frentes o para alimentar máquinas que precisan dicho elemento para su funcionamiento o refrigeración. Este depósito se ubicará en una zona intermedia, a donde se bombeará el agua y luego mediante una conducción de tuberías bajará por gravedad a las zonas de uso. (Pizarro, 2009)

En la sociedad minera Minervilla cuenta con un sistema de bombeo en el nivel 1 y 2, con una bomba neumática y una eléctrica, respectivamente. Para el nivel cero (línea base) existe un canal de drenaje, facilitando así la evacuación de las aguas.

## **2.5 Perforación y voladura**

### **2.5.1 Perforación**

La perforación es la primera operación en la preparación de una voladura. Su propósito es abrir en la roca huecos cilíndricos denominados taladros y están destinados a alojar al explosivo y sus accesorios iniciadores. (Valverde, 2007)

El principio de la perforación se basa en el efecto mecánico de percusión y rotación, cuya acción de golpe y fricción producen el astillamiento y trituración de la roca. (Valverde, 2007)

La perforación se hace con el objetivo de arrancar o volar la máxima cantidad de roca o mineral situando el explosivo en el lugar apropiado (en este caso el taladro). La finalidad es lograr el objetivo con el mínimo de explosivos que se pueda. (Polo, 2017)

En otras palabras, la perforación se hace con el objeto de volar cierta porción de roca o mineral, ya sea en un frente o en un stope o tajeo. Para ello, primero se analiza la roca y luego se perfora una serie de taladros. De este modo, se podrá usar relativamente poco explosivo para poder volar un gran volumen. (Polo, 2017)

Según lo establece el Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería, las operaciones de perforación subterránea requieren una serie de medidas de seguridad, entre las cuales están: (Polo, 2017)

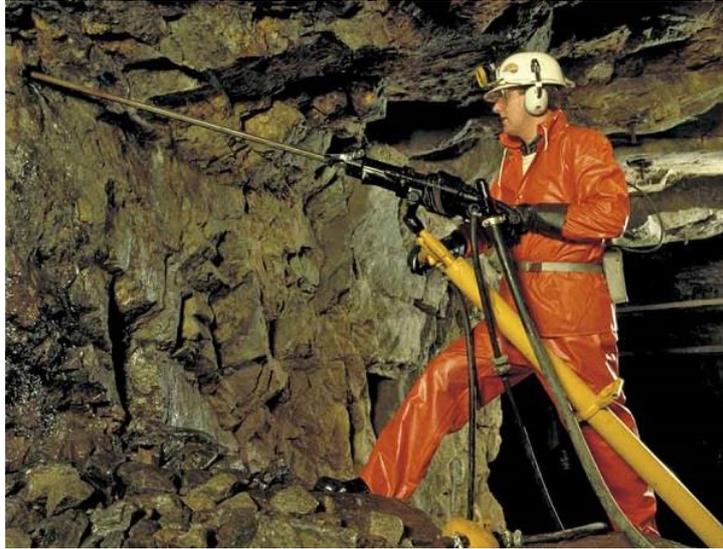


Figura 2. 3 Forma correcta de perforar

Fuente: (Polo, 2017)

Antes de iniciar la perforación se debe ventilar, regar, desatar, limpiar y sostener la labor.

- Revisar el frente para ver si hay tiros cortados o tiros fallados. Si hubiese, se debe recargar los taladros y dispararlos tomando todas las medidas de seguridad del caso. Nunca perforar en o al lado de tiros cortados.
- Asegurarse que los elementos de sostenimiento: postes, sombreros, tirantes, blocks, anillados con madera, entablado, enrejado, pernos de roca, entre otros, no estén removidos por un disparo anterior. Si lo estuviesen, deberán ser asegurados inmediatamente.
- Durante el proceso de perforación, el perforista y su ayudante están en la obligación de verificar constantemente la existencia de rocas sueltas para eliminarlas.
- Al perforar los taladros que delimitan la excavación, techo y hastiales, deben hacerlo en forma paralela a la gradiente de la galería, subnivel, chimenea, cámara y otras labores similares usando una menor cantidad de carga explosiva para evitar sobre roturas en el contorno final.
- La perforación de chimeneas convencionales de más de 20 metros de longitud deberá hacerse utilizando dos compartimentos independientes: uno para el tránsito del personal y otro para el echadero. Se exceptúan las chimeneas preparadas con medios mecánicos. Para casos de chimeneas desarrolladas en “H” el procedimiento debe hacerse comunicándose a sub niveles cada 20 metros. (Polo, 2017)

## **Verificaciones previas**

Antes de iniciar una operación de perforación, el personal a cargo deberá:

Revisar la galería en toda su longitud, lavar con agua la frente del disparo anterior para detectar restos de explosivos, procediendo a eliminarlos, y acuñar los sectores que sean necesarios. (Sernageomin, 2014)

Revisar el equipo de perforación, el nivel de aceite en el pato lubricador y la disponibilidad de agua para la operación. También deberá verificarse que cuenta con todas las herramientas y accesorios necesarios como barrenos, acuñadores y llave extractora de barrenos. (Sernageomin, 2014)

Soplar las mangueras de aire antes de acoplar a la máquina, para evitar que ingresen piedrecillas al interior de la perforadora, y revisar cañerías, uniones, collarines, arranques, coplas (chicago) y mangueras para prevenir posibles fugas de aire. Deberá procederse de manera similar respecto de la red de agua. (Sernageomin, 2014)

Verificar la dirección e inclinación de la labor, la distribución de los tiros en la frente, y ubicar la pata neumática de la perforadora con la inclinación adecuada para lograr el empuje necesario, de tal forma que el trabajador realice el menor esfuerzo posible. (Sernageomin, 2014)

## **Factores de los que dependen la ubicación e inclinación de los taladros**

**Clase de terreno donde se va a perforar.** - Los materiales que constituyen los macizos rocosos poseen ciertas características físicas en función de su origen y de los procesos geológicos posteriores que sobre ellos han actuado. El conjunto de estos fenómenos conduce a un determinado entorno, a una litología particular con unas heterogeneidades debidas a los agregados minerales y a una estructura geológica en un estado tensional característico, con un gran número de discontinuidades estructurales (planos de estratificación, fracturas, diaclasas, juntas, etc.) (Polo, 2017)

**Número de caras libres de la labor.** - En una labor cualquiera se llama cara libre de la zona que se desea volar, a cada uno de los lados que se desea volar, a cada uno de los lados que están libres, es decir, en contacto con el aire. Así, por ejemplo, el frente de una galería, chimenea o pique tendrá una cara libre. (Polo, 2017)

**Grado de fragmentación.** - Se refiere al tamaño que debe tener el material ya volado. En general, cuando más cerca se sitúan los taladros unos de otros, habrá mayor fragmentación. En un tajeo, los taladros verticales producen mayor fragmentación que los horizontales. (Polo, 2017)

**El equipo de perforación.** - Aquí también hay que tener en cuenta la habilidad y destreza del perforista, pues hay ciertos tipos de trazos inclinados que resultan difíciles de perforar. Asimismo, a veces se complica el uso de determinados equipos de perforación, sobre todo en la perforación de arranques y cueles, donde tiene que darles la inclinación correcta. (Polo, 2017)

### **Tipos de perforación**

**Perforación manual.** - Se realiza mediante el empleo de un barreno usado con la finalidad de facilitar su extracción y rotación. El barreno es sostenido por el ayudante, mientras que el otro golpea con una comba, luego se hace girar un cierto ángulo para proseguir con el proceso de perforación. Este proceso también lo realiza una sola persona, dentro de la minería artesanal. (Polo, 2017)

**Perforación neumática.** - Se realiza mediante el empleo de una perforadora convencional. Se usa como energía el aire comprimido para realizar huecos de diámetro pequeño con los barrenos integrales que poseen una punta de bisel (cincel), que se encarga de triturar la roca al interior del taladro. En cada golpe que la perforadora da al barreno y mediante el giro automático hace que la roca sea rota en un círculo que corresponde a su diámetro; produciéndose así un taladro. (Polo, 2017)

**Perforación eléctrica.** - Se realiza empleando energía eléctrica, que un generador lo provee y para ello se emplea una perforadora con un barreno helicoidal, que puede realizar taladros de hasta 90 cm de longitud. El problema principal es el sostenimiento de la perforadora para mantenerla fija en la posición de la perforación. (Polo, 2017)

**Perforación hidráulica.** - Se realiza mediante el empleo de equipos altamente sofisticados, robotizados, de gran capacidad de avance y performance. Utiliza la energía hidráulica para la transmisión, control de fuerzas y movimientos en la perforación. Además, cuenta con un tablero de control computarizado, equipado con un software de perforación donde se grafica el trazo de perforación requerido. La gran ventaja de estos equipos es su gran precisión y paralelismo en la perforación. Por su gran rendimiento, es requerido por la gran minería. (Polo, 2017)

### **Tipos de perforadoras convencionales neumáticas**

**Jack Leg.** - Perforadora con barra de avance que puede ser usada para realizar taladros horizontales e inclinados. Se usa mayormente para la construcción de galerías, subniveles y rampas. Utiliza una barra de avance para sostener la perforadora y proporcionar comodidad de manipulación al perforista. (Polo, 2017)

**Jack Hammer.** - Perforadoras usadas para la construcción de piques, realizando la perforación vertical o inclinada hacia abajo. El avance se da mediante el peso propio de la perforadora. (Polo, 2017)

**Stoper.** - Perforadora que se emplea para la construcción de chimeneas y tajeado en labores de explotación (perforación vertical hacia arriba). Está constituido por un equipo perforador adosado a la barra de avance que hace una unidad sólida y compacta. (Polo, 2017)

En la sociedad minera Minervilla, se utiliza las perforadoras y brocas de la marca ATLAS COPCO; en cuanto a su proceso se realiza de una manera básica, dependiendo del área que se requiera perforar.

#### **2.5.2 Voladura**

La tronadura es la operación que tiene por finalidad el arranque del mineral desde 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. El mejor aprovechamiento se obtiene al aplicar la energía justa y necesaria para generar una buena fragmentación del mineral, evitando daños en las cajas y techo de la labor minera. (Sernageomin, 2014)

La tronadura involucra el uso de explosivos, por lo que las personas encargadas de manipular estos productos deberán necesariamente contar con licencia vigente como manipulador de explosivos, otorgada por la autoridad fiscalizadora. (Sernageomin, 2014)



Figura 2. 4 Proceso de voladura

Fuente: (Maxam, 2017)

### **Actividades previas**

- Aislar convenientemente el área a tronar, desde el momento en que se inicien los preparativos de carguío, colocando las señalizaciones de advertencia que corresponda y suspendiendo toda actividad ajena en el sector comprometido. (Sernageomin, 2014)
- Sólo permitir en el área aislada al personal autorizado e involucrado en la manipulación del explosivo. (Sernageomin, 2014)

**Cebo o prima.-** El cebo o prima es el conjunto formado por un explosivo secundario (dinamita), y un fulminante que se inserta en él, utilizado para iniciar la detonación de la carga explosiva. (Sernageomin, 2014)

**Mecha de seguridad o guía a fuego.-** Tiene por objetivo transmitir al fulminante, el fuego aplicado con un encendedor o fósforo. (Sernageomin, 2014)

La guía consiste en un cordón continuo en cuyo centro se ubica la pólvora, protegido por varias capas de diferentes materiales, como papel impermeabilizante, hilo de algodón, brea, material plástico. (Sernageomin, 2014)

### **Taqueado de los tiros**

- Se prohíbe estrictamente taquear los cebos de tronadura. Éstos deberán ser depositados suavemente en la perforación, y luego proceder a colocar la carga explosiva en el tiro.
- Para el taqueado de los tiros se debe usar arena, tierra, barro u otro mineral incombustible apropiado.
- Para esta operación se debe usar elementos no metálicos.
- No deberá introducirse piedras u otros objetos junto con el material de retacado. (Sernageomin, 2014)

### **Encendido de los tiros y tronadura de la frente**

Antes de efectuar el encendido de los tiros, se debe considerar lo siguiente:

- Los explosivos excedentes deben encontrarse fuera del área y en un lugar seguro. Todas las personas y vehículos deben estar a una distancia segura.
- Proteger todas las vías de acceso a la zona amagada con loros vivos (personas), perfectamente instruidos por el responsable de la Faena u operador a cargo. En casos debidamente justificados, se podrán utilizar loros físicos como “tapados”, barreras o letreros prohibitivos.
- No se procederá a disparar sin una señal de autorización del Encargado de la Faena o de quien lo reemplace.
- Antes de quemar, se deberá verificar que la salida esté expedita y/o exista un lugar seguro de resguardo.
- Los detonadores requeridos para el encendido del disparo no deberán ser unidos al cordón hasta que todas las personas, excepto el disparador y ayudante, se hayan alejado a una distancia segura. (Sernageomin, 2014)

Al realizar el encendido:

- Se debe contar como mínimo con dos personas, cualquiera sea la cantidad de tiros.
- Las tronaduras deben ser avisadas por medios específicos que alerten a los trabajadores tanto la iniciación de los tiros, como la cesación del peligro. (Sernageomin, 2014)

Posterior a la tronadura:

- Los loros físicos y/o humanos serán retirados por la misma persona que los colocó.
- El ingreso del personal a las frentes o rajos debe realizarse, al menos, 30 minutos después de la tronadura.
- El responsable de la tronadura debe revisar la frente tronada para verificar la presencia de tiros quedados. (Sernageomin, 2014)

### **Eliminación de tiros quedados**

- El responsable de la Faena o persona a cargo de la tronadura que detecte un tiro quedado, procederá a detener toda actividad en el lugar, dar aviso a los otros trabajadores y resguardar el área.
- El tiro quedado debe ser eliminado en el turno que se detecte. Si por alguna razón no es posible hacerlo, la persona encargada de la tronadura debe permanecer en el lugar para informar personalmente al otro turno.
- En los tiros quedados, cargados con mezclas explosivas a base de nitratos (ANFO, SANFO), se sacará el taco, se anegará con agua, se colocará un cebo y se tronará. Cuando se trate de tiros quedados cargados con explosivos que no sean en base a nitratos, se debe sacar el taco, dejar el explosivo a la vista, colocar un cebo y luego tronar.
- El cartucho del cebo para iniciar un tiro quedado debe ser de igual o mayor potencia que el utilizado en el cebo original.
- Los restos de explosivos que se encuentran en la marina después de una tronadura, deberán recogerse y eliminarse (quemándolos). (Sernageomin, 2014)

**Avance lineal.** - Lo que se puede lograr, depende mucho de la habilidad del perforista y el paralelismo de los taladros, en algunos arranques la sección del frente, en éste caso del ancho de la sección limita, en otras palabras, la profundidad máxima de voladura que se puede conseguir en un frente con un solo disparo, será igual al ancho de la rampa, galería, crucero, etc. Esta regla cumple para arranques en Cuña, “V”, es porque muchas minas ya no se perfora estos tipos de arranques o trazos como se puede denominar, depende el avance también del siguiente factor:

**Resistencia de la roca.-** Es el esfuerzo que soporta una roca para determinadas deformaciones. Cuando la resistencia se mide en probetas de roca sin confinar, se denomina resistencia a la compresión simple, y su valor se emplea para la clasificación geotécnica de las rocas. La resistencia es función de las fuerzas cohesivas y friccionales del material. (Quiroga, 2015)

Tabla 2. 1 Valores del coeficiente de resistencia de Protodyakonov

<b>Categoría</b>	<b>Descripción</b>	<b>f</b>
Excepcional	Cuarcita basaltos y rocas de resistencia excepcional	20
	Granito, areniscas, silíceas y calizas muy competentes	15-20
Resistencia media	Caliza, granito algo alterado y areniscas	8-6
	Areniscas medias y pizarras	5
	Lutitas, areniscas flojas y conglomerados friables	4
	Lutitas y esquistos, margas compactas	3
Resistencia baja	Calizas y lutitas blandas, margas, areniscas friables, gravas y bolos cementados, morrenas	2
	Terrazas, lupitas fisuradas y rotas, gravas compactadas y arcillas pre consolidadas	1.5
Resistencia muy baja	Arcillas y gravas arcillosas	1.0
	Suelos vegetales, turbas y arenas húmedas	0.6
	Arenas y gravas finas, derrubios	0.5
	Limos, loess, fangos, etc.	0.3

Fuente: (Montalar, 2009)

En la sociedad minera Minervilla, la voladura se realiza a través de un circuito normal utilizando mecha lenta en cada tiro, dependiendo del número de perforaciones planificadas.

## 2.6 Carguío y transporte

Dentro de las operaciones mineras la actividad de manejo y gestión de minerales, es una de los más incidentes en el costo de operación general, principalmente por la gran cantidad y variabilidad de recursos involucrados en ella. (Maldonado, 2015)

Gran parte de las innovaciones tecnológicas apuntan a esta actividad, tanto por la importancia de ella en el costo de operación como en la cantidad de etapas involucradas. La gestión en el manejo de minerales, o de materiales en general, busca optimizar los recursos para lograr un objetivo simple, pero a la vez complejo que es el traslado de un material desde un punto a otro cumpliendo con ciertas exigencias de calidad y cantidad en un período de tiempo definido y al mínimo costo. (Maldonado, 2015)

### **El carguío y sus funciones**

El carguío se basa en la carga de material mineralizado del yacimiento para conducirlo ya sea al chancado, stock de mineral o botaderos de estéril. (Saavedra, 2017)

### **Procedimientos**

El carguío involucra el desarrollo de una serie de funciones para que se lleve el proceso a cabo con seguridad y normalidad.

1. **Planificación de la mina.** - En esta etapa se definen los sectores de cargas, las direcciones de carguío y los destinos de los materiales de acuerdo a sus respectivas leyes de clasificaciones y tonelajes definidas previamente.
2. **Operación de la mina.** - En esta etapa es la función que se responsabiliza del manejo y organización de los equipos de carga en la mina.
3. **Operador del equipo de carguío.** - Es la persona que está directamente a cargo de la operación de carga de su equipo. (Saavedra, 2017)

### **Tiempo de ciclo**

El tiempo de ciclo corresponde al tiempo que el equipo de carguío demora en ir al lugar de extracción de mineral o estéril y transportarlo al sitio de descarga incluye además el tiempo ocupado en maniobras realizadas en esta operación. (Saavedra, 2017)

El tiempo de ciclo está compuesto por los tiempos fijos y los tiempos variables. Los primeros dependen de las condiciones bajo las cuales opera el equipo. Los tiempos variables además de depender de las condiciones de trabajo, varían según la longitud de los tramos a recorrer y la velocidad que en éstos se desarrolle. (Saavedra, 2017)

### **Antes del carguío**

Todo equipo de transporte, auxiliar o camionetas, que se acerque al equipo de carguío debe avisar, vía radio, al operador del cargador y disminuir la velocidad. (Saavedra, 2017)

El operador del cargador debe estar siempre preocupado de tener a la vista los equipos que circulan alrededor. En relación con los camiones que esperan el turno para ser cargados, éstos deben estar dispuestos de acuerdo con instrucciones del jefe de operaciones. Previo a la carga, el camión debe estar en posición neutral y con el freno de estacionamiento activado. (Saavedra, 2017)

Cabe destacar que el cargador frontal no debe ser utilizado como tractor para labores de nivelación de pisos u otra propia de un equipo auxiliar. (Saavedra, 2017)

### **Durante el carguío**

El operador de la pala debe descargar el material de manera de no dañar la tolva del camión; por lo tanto, es importante no tirar la carga ni dejarla caer en forma brusca. (Saavedra, 2017)

El operador del cargador no debe cargar rocas de un tamaño mayor al del balde que puedan impedir un correcto carguío y, además, dañarlas tolvas de los camiones y las chancadoras al llegar a la planta. En caso de existir material grueso, es recomendable cargar primero el material fino a objeto de formar una capa de protección. Es importante evitar que el balde o cualquier parte del cargador frontal tengan contacto con algún sector del camión, para así evitar posibles daños a los equipos o a las personas. Una vez finalizado el carguío, el operador del cargador debe avisar al operador del camión para que salga del área. Este aviso se realiza mediante comunicación radial, bocinas u otros medios previamente establecidos (Saavedra, 2017)

### **Las máquinas de carguío**

Están destinadas a la mecanización del proceso de carguío de los medios de transporte. Las máquinas de carguío cumplen dos funciones básicas:

1. Tomar o recoger el material
2. Traspasar el material al siguiente medio para su transporte, alzando el material hasta la altura requerida. (Saavedra, 2017)

### **Clasificación**

Las máquinas de carguío se clasifican de acuerdo a los siguientes aspectos:

- Por la forma de tomar el material; por arriba, por los costados, por abajo
- Por el tipo de mecanismo tomador del material; pala, rastrillo, rodillo con paletas, brazos rotatorios.
- Por la forma de traspaso del material; directa, escalonada.

- Por el medio de movimiento de la máquina; sobre ruedas neumáticas, sobre rieles, sobre orugas.
- Por el principio de acción del órgano tomador o recogedor del material; continuo, discontinuo (Saavedra, 2017)

### **El transporte y sus funciones**

El transporte consiste en el traslado de material mineralizado y/o estéril desde el yacimiento hacia los posibles destinos, ya sea el chancado, stock de mineral o botaderos de estéril. Las funciones involucradas en el proceso de transporte son las siguientes:

1. **Planificación de la mina.** - Está a cargo de la definición de las rutas de transporte y del destino de los materiales de acuerdo con leyes de clasificación y tonelajes definidas previamente. (Saavedra, 2017)
2. **Operación de la mina.** - Función responsable de los equipos de transporte en la mina, así como de supervisar el entorno relacionado con la operación, ya sea en el sector de carga, en la ruta y/o en las zonas de descarga. La operación minera está a cargo de:
  - Un jefe de operaciones, quien asigna equipos y operadores en los turnos respectivos. En faenas a gran escala es apoyado por un sistema de despacho que controla de una forma global la producción, complementado por un proceso de optimización continua a través de sistemas computacionales interconectados, presentes en todos los equipos.
  - Operador del equipo de transporte, quien está directamente a cargo de la operación de transporte y de su equipo, el cual debe revisar siempre antes y después de la jornada de trabajo (turno). (Saavedra, 2017)
3. **Procedimientos operacionales.** - Para una operación segura, eficiente y ambientalmente limpia, los procedimientos operacionales y/o de procesos de mejoramiento continuo de carguío y transporte deben ser conocidos y aceptados por todas las personas relacionadas directa o indirectamente con la operación minera. (Saavedra, 2017)

### **Equipos de transporte**

Los equipos de transporte tienen por principal función desplazar el material extraído por el equipo de carguío hacia un punto de destino definido por el plan Minero. Pueden tener un

camino fijo, como es el caso de trenes que requieren el tendido de líneas férreas, o bien pueden desplazarse libremente por cualquier camino, como es el caso de los camiones. Además, se pueden dividir en unidades discretas, como es el caso de camiones y trenes, o equipos de transporte de flujo continuo. (Saavedra, 2017)

### **Secuencia del carguío y transporte**

El objetivo del carguío y transporte es retirar el material tronado de la frente y transportarlo adecuadamente a su lugar de destino, lo cual se puede resumir en la siguiente secuencia:

- Preparación de la zona de trabajo.
  - Posicionamiento de equipos.
  - Retirar el material volado desde la frente de trabajo (carguío).
  - Traspaso del material al equipo de transporte dispuesto para el traslado.
  - Transporte del material a su lugar de destino (planta, acopio, botaderos, etc.).
  - Descarga del material.
  - Retorno del equipo de transporte al punto de carguío (si es que se requiere su retorno).
- (Seguridad Minera, 2017)

La secuencia se cumple hasta que haya sido retirado el material requerido del frente. Este proceso productivo es el más influyente en los costos de operación (45% al 65% del costo mina), por lo que es de gran importancia garantizar un ambiente de operación apto para lograr los mejores rendimientos de los equipos involucrados, tanto en la parte física (material, equipos, mantención, disponibilidad e insumos, etc.), como en la parte humana (operadores, mantenedores y jefes de turno, etc.). (Seguridad Minera, 2017)

En la sociedad minera Minervilla, el carguío en el nivel 1 es manual, su transporte es mediante vagones empujado por cierto personal, para el nivel 2 el carguío es mediante una pala neumática, su transporte al igual que el nivel uno. Posteriormente este material es transportado a través del winche hasta llegar al nivel cero (línea base), donde la locomotora se encarga de trasladar el material fuera de la mina.

## 2.7. Seguridad minera

### Equipo de protección personal (EPP):

Los equipos de protección personal son propiedad de las empresas, como cualquier máquina o herramienta. Las empresas los proporcionan a los trabajadores expuestos a riesgos para que éstos protejan su salud durante su trabajo. (Pinto, 2016)

- Los EPP no eliminan el riesgo, sólo lo reducen. Por eso es indispensable que los trabajadores mantengan una actitud preventiva y los utilicen en forma correcta y oportuna.
- Los EPP brindan seguridad y no comodidad. Por ello es muy importante que los trabajadores los acepten, se comprometan en el buen uso de ellos y se hagan responsables de su propia seguridad.
- La duración de los elementos de protección depende del uso y de las condiciones de trabajo. Considerando esto, los trabajadores deben cuidar sus protectores, usándolos correctamente y guardándolos cuando no los empleen.
- El uso, limpieza y mantenimiento de cada protector debe efectuarse de acuerdo a las instrucciones del fabricante.
- Los equipos de protección personal son de uso individual.
- No se debe alterar ningún elemento de protección personal, perforándolo, cortándolo, pintándolo o limpiándolo con solventes. (Pinto, 2016)

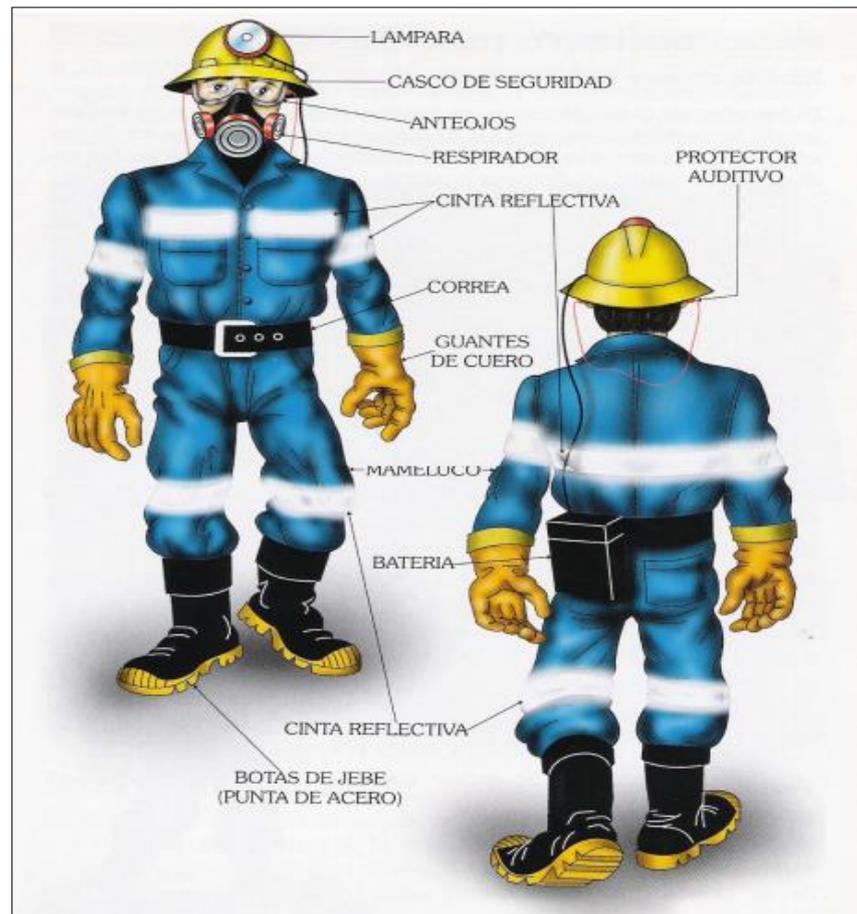


Figura 2. 5 Equipo de protección personal

Fuente: (Aspectos de seguridad salud e higiene minera)

### Casco de seguridad

En minería habitualmente se usa el casco de seguridad identificado en la Norma Chilena 461 como de clase A, Tipo II, que protege contra impactos, lluvia, llamas y salpicaduras de sustancias ígneas. Este casco además tiene ciertas condiciones dieléctricas. (Pinto, 2016)

Después del ensayo de resistencia al impacto debe soportar:

- 15.000 volts con una fuga máxima de 8mA.
- Hasta 20.000 volts sin que se rompa el dieléctrico.
- Este protector debe contar con porta lámpara, porta cordón y barbiquejo.
- El casco debe usarse de modo que brinde el máximo de protección contra impactos. - La suspensión debe ajustarse al tamaño de la cabeza.

- El barbiquejo también debe quedar ajustado y cómodo.
- Debe estar bien colocado. No corresponde llevarlo con la visera hacia atrás ni inclinado.
- Para limpiarlo sólo se debe utilizar jabón suave y agua. (Pinto, 2016)

### **Anteojos de seguridad**

Muchos accidentes de trabajo que ocurren en la minería afectan los ojos. Esto podría evitarse con el simple hábito de usar anteojos de seguridad, que impiden la proyección de partículas sólidas o líquidas a los ojos. (Pinto, 2016)

El riesgo de proyección de partículas sólidas y líquidas se presenta en todas las actividades, en trabajos de desarrollo, producción, ingeniería, geología, mantenimiento, contratistas, etc. (Pinto, 2016)

Los trabajadores que emplean herramientas o máquinas neumáticas deben utilizar anteojos de seguridad con protección lateral. (Pinto, 2016)

### **Protectores auditivos**

Los tapones y las orejeras pueden proteger el sistema auditivo de los trabajadores expuestos a niveles peligrosos de ruido y son excelentes si se han seleccionado considerando las características del ruido existente en los lugares de trabajo y las características de los protectores auditivos. (Pinto, 2016)

Para lograr una adecuada protección es indispensable que estén limpios, en buen estado y sean bien colocados y utilizados. (Pinto, 2016)

Cuando no necesite su protector, manténgalo bien guardado para que no se ensucie ni deteriore. (Pinto, 2016)

### **Tapones**

Los tapones pueden ser pre moldeados, los cuales generalmente son reutilizables, y moldeables que generalmente son desechables. (Pinto, 2016)

Los tapones deben colocarse con las manos limpias, insertándolos en el conducto auditivo externo, con un suave movimiento oscilatorio y giratorio, al tiempo que se tira la oreja hacia arriba y hacia atrás para enderezar el canal auditivo. (Pinto, 2016)

Los tapones moldeables, se moldean con los dedos índice y pulgar hasta formar un cilindro, luego cada uno se inserta con un suave movimiento oscilatorio y giratorio, al tiempo que se tira la oreja hacia arriba y hacia atrás para enderezar el conducto auditivo. Luego se deja que el tapón se expanda en el canal auditivo, manteniéndolo presionado con el dedo índice durante treinta segundos. (Pinto, 2016)

### **Protector respiratorio**

El protector que se emplea habitualmente es un purificador de aire con filtros de alta eficiencia contra gases y polvo. (Pinto, 2016)

El uso permanente y correcto de este protector evita la “silicosis”, una enfermedad profesional irreversible y altamente incapacitante. (Pinto, 2016)

El protector debe hacer un buen sello sobre la cara, para ello es indispensable estar bien afeitado. (Pinto, 2016)

Importante:

Mantenga limpio su protector. Lávelo periódicamente con agua y jabón. Recuerde que los filtros no deben mojarse. Antes de usarlo, revise cuidadosamente:

- Las bandas de sujeción.
- Las válvulas de inhalación.
- La válvula de exhalación.
- Las empaquetaduras.
- Y verifique que el cuerpo del protector no esté dañado ni deformado.
- Cambie los filtros colmatados oportunamente. El filtro no debe quedar suelto ni apretado exageradamente, un exceso de fuerza puede deteriorar el respirador.
- Después de cambiar filtros o al inicio de cada jornada, cuando se ponga su protector, haga las pruebas positiva y negativa de hermeticidad, para verificar que el protector está en buen estado y bien colocado. (Pinto, 2016)

### **Guantes**

Los guantes de cuero protegen de la abrasión, pinchazos y laceraciones. Su defecto es que al mojarse se ponen rígidos. Otro guante de amplio uso es el de PVC que tiene similares cualidades al de cuero y es impermeable. (Pinto, 2016)

Las manos son la parte del cuerpo más afectada por los accidentes de trabajo. Están permanentemente expuestas a riesgos:

- A contactos con herramientas cortantes o punzantes.
- Manipulando materiales y herramientas que pueden ocasionar golpes o deterioro de la piel.
- En contacto con agua, lubricantes, explosivos, suciedad, etc. (Pinto, 2016)

### **Botas de seguridad**

Las botas de seguridad tienen puntera de acero que protege la punta del pie de golpes por la caída de objetos o tropiezos. (Pinto, 2016)

También poseen suela antideslizante, que da mayor adherencia contra el suelo y evita resbalones y caídas. (Pinto, 2016)

Las botas son impermeables, y son las adecuadas para trabajar en lugares con agua. Es conveniente limpiarlos diariamente, quitar el barro o suciedad y lustrarlos. Esto mantendrá la flexibilidad del cuero, el zapato será más cómodo y preservará la vida útil del calzado. (Pinto, 2016)

### **Lámpara**

Lámpara, vital para la seguridad del minero, le permite trabajar bien y estar atento a los riesgos. Para ello debe estar bien cargada y en buen estado de funcionamiento. (Pinto, 2016)

En la empresa minera Minervilla, constan en su gran mayoría con los EPPS para cada una de las actividades que realizan los trabajadores, viendo su seguridad en cada uno de ellos.

### **Orden y limpieza**

Numerosos accidentes y lesiones que se achacan a otras causas tienen su origen en el poco orden y falta de limpieza. El desorden produce tropiezos, resbalones, caídas, incendios, entre otros. Son numerosos los accidentes que se producen por golpes y caídas como consecuencia de un ambiente desordenado, materiales colocados fuera de lugar y acumulación de desperdicios (Garzón, 2016).

Se establece las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo, regula la obligatoriedad de mantener los locales de trabajo limpio y ordenado, con el siguiente tenor literal:

- Las zonas de paso, salidas y vías de circulación de los lugares de trabajo y, en especial, las salidas y vías de circulación previstas para la evacuación en casos de emergencia, deberán permanecer libres de obstáculos de forma que sea posible utilizarlas sin dificultades en todo momento.
- Los lugares de trabajo, incluidos los locales de servicio, y sus respectivos equipos e instalaciones, se limpiarán periódicamente y siempre que sea necesario para mantenerlos en todo momento en condiciones higiénicas adecuadas. A tal fin, las características de los suelos, techos y paredes serán tales que permitan dicha limpieza y mantenimiento. Se eliminarán con rapidez los desperdicios, las manchas de grasa, los residuos de sustancias peligrosas y demás productos residuales que puedan originar accidentes o contaminar el ambiente de trabajo.
- Las operaciones de limpieza no deberán constituir por sí mismas una fuente de riesgo para los trabajadores que las efectúen o para terceros, realizándose a tal fin en los momentos, de la forma y con los medios más adecuados. (Ardanuy, 1998)

### **Señalética**

La señalización es una información y, como tal, un exceso de la misma puede generar confusión. (Lizana, 1997)

Las situaciones que se deben señalar son, entre otras:

- El acceso a todas aquellas zonas o locales en los que por su actividad se requiera la utilización de un equipo o equipos de protección individual.
- Las zonas o locales que, por la actividad que se realiza en los mismos o bien por los equipos o instalaciones que en ellos existan, requieren para su acceso que el personal esté especialmente autorizado (señalización de advertencia de los peligros de la instalación y/o señales de prohibición de uso a personas no autorizadas).

- Señalización en todo el centro de trabajo, que permita a todos sus trabajadores conocer las situaciones de emergencia y/o las instrucciones de protección en su caso. (La señalización de emergencia puede ser también mediante señales acústicas y/o comunicaciones verbales, o bien en las zonas donde la intensidad del ruido ambiental no lo permita o las capacidades físicas auditivas del personal estén limitadas, mediante señales luminosas).
- La señalización de los equipos de lucha contra incendios, las salidas y recorridos de evacuación y la ubicación de primeros auxilios se señalarán en forma de panel, tal como establece el Real Decreto. La señalización de los equipos de protección contra incendios (sistemas de extinción manuales) se deben señalar para su fácil y rápida localización y poder ser utilizados en caso necesario.
- Cualquier otra situación que, como consecuencia de la evaluación de riesgos y de las medidas implantadas (o de la no existencia de las mismas), así lo requiera. (Lizana, 1997)

Para que toda señalización sea eficaz y cumpla con su finalidad debe emplazarse en el lugar adecuado a fin de que:

- Atraiga la atención de quienes sean los destinatarios de la información.
- Dé a conocer la información con suficiente antelación para que pueda ser cumplida.
- Sea clara y con una interpretación única.
- Informe sobre la forma de actuación en cada caso concreto.
- Ofrezca la posibilidad real de cumplimiento. (Lizana, 1997)

La señalización debe permanecer en tanto persista la situación que la motiva y eliminarse cuando desaparezca la situación que la motivó. (Lizana, 1997)

Los medios y dispositivos de señalización deben ser mantenidos y supervisados de forma que en todo momento conserven sus cualidades intrínsecas y de funcionamiento. (Lizana, 1997)

Debe establecerse un programa de mantenimiento y revisiones periódicas para controlar el correcto estado y aplicación de la señalización y que garantice que se proceda regularmente a su limpieza, reparación y/o sustitución, así como a la supervisión de su aplicación, teniendo siempre en cuenta cualquier modificación de las condiciones de trabajo. (Lizana, 1997)

La señalización en sí no constituye ningún medio de protección ni de prevención, sino que complementa la acción preventiva evitando los accidentes al actuar sobre la conducta humana. (Lizana, 1997)

Los colores de seguridad podrán formar parte de una señalización de seguridad o constituirlos por sí mismos. En la tabla 2.2 se muestran los colores de seguridad, su significado y otras indicaciones sobre su uso:

Tabla 2. 2 Significado de los colores de seguridad

<b>COLOR</b>	<b>SIGNIFICADO</b>	<b>INDICACIONES Y PRECISIONES</b>
Rojo	Señal de Prohibición	Comportamiento peligroso
	Peligro- Alarma	Alto, parada, dispositivos de desconexión de emergencia. Evacuación.
	Material y equipos de lucha contra incendios	Identificación y localización.
Amarillo o Anaranjado	Señal de Advertencia	Atención, precaución. Verificación.
Azul	Señal de Obligación	Comportamiento o acción específica
		Obligación de utilizar un equipo de protección individual.
Verde	Señal de salvamento o de auxilio	Puertas, salidas, pasajes, material, puestos de salvamento o de socorro, locales.
	Situación de Seguridad	Vuelta a la normalidad

Fuente: (Lizana, 1997)

En la sociedad minera Minervilla, tiene señalética adecuada en el nivel cero (línea base), a diferencia de los otros niveles, que no cuenta con la misma.

## **Acuñadura**

La acuñadura es la actividad destinada a detectar y hacer caer de manera controlada las rocas que se encuentren ligeramente desprendidas del techo o cajas de una labor minera. (Sernageomin, 2014)

Esta actividad es obligatoria y permanente en las zonas agrietadas, así como el control de los riesgos al realizar la acuñadura. El personal que desarrolla esta actividad debe estar entrenado, de manera que sepa dónde y cómo ubicarse y cómo manejar eficientemente las herramientas para realizar esta labor. (Sernageomin, 2014)

Toda galería que no esté fortificada, debe ser inspeccionada periódicamente para evaluar sus condiciones de estabilidad y requerimientos de “acuñadura”, debiendo realizarse de inmediato las medidas correctivas ante cualquier anomalía detectada. (Sernageomin, 2014)

La caída de pequeñas piedras que alertan sobre posibles desprendimientos de rocas de mayor tamaño, se denomina goteo o graneo. Por su parte, la caída de rocas de mayor tamaño, generalmente en forma de láminas que se desprenden de la frente, techo o cajas en galerías subterráneas, o también de la cara de los bancos en minería a rajo abierto, se denomina planchón. (Sernageomin, 2014)

Las herramientas diseñadas para acuñar se llaman “barretillas de seguridad”, “llaucas” o “acuñadores”. Sus dimensiones mínimas son de 1,2 metros para el trabajo en chimeneas, de 1,8 metros para labores de realce y de 2,4 metros para otras labores, con un máximo de 4,5 metros. (Sernageomin, 2014)

Las barretillas deben tener buena resistencia a los golpes y estar fabricadas de fierro duro, aluminio o fibra de vidrio. No está permitido el uso de coligues en la acuñadura de galerías subterráneas, como tampoco reemplazar este elemento por otros como cucharas de carguío, brocas, picotas, palas o el uso de las manos. (Sernageomin, 2014)



Figura 2. 6 Forma correcta de realizar la acuñaadura

Fuente: (Jorge Villarroel , 2018)

Antes de acuar, debe considerarse lo siguiente:

- Se debe determinar la zona a acuar probando la firmeza del techo y costados golpeando la roca con uno de los extremos de la barretilla.
- Se debe comenzar por la parte fresca (roca firme), de manera que el sonido metálico o fuerte vibración de la barretilla que ocurre en este caso, pueda diferenciarse del sonido apagado y poca o ninguna vibración cuando se golpea roca suelta.
- La revisión del estado de la labor y su acuñaadura debe efectuarse con un mínimo de dos personas.
- Al acuar un determinado sector, se debe prohibir el paso de personas o vehículos hasta que el sector se encuentre seguro, colocando barreras o letreros avisando esta medida.
- Se debe verificar en la zona de acuñaadura la existencia de instalaciones eléctricas o cañerías de aire comprimido o agua, las que deberán protegerse por la eventual caídas de planchones sobre ellas. (Sernageomin, 2014)

En la sociedad minera Minervilla, la acuñaadura (desquinche) se realiza de manera visual y muy frecuente se realiza el desquinche correcto.

## **Ruido**

La industria minera, que incluye diferentes actividades tales como operaciones de minado y metalúrgicas, cubre una variedad inmensa de fuentes de ruido, muchos de los cuales tienen una naturaleza compleja. Están involucrados diversos tipos de maquinaria, los que pueden contener frecuencias bajas o altas predominantemente, así como componentes tonales, los que pueden ser impulsivos y también presentar patrones de sonido desagradables. (Falch, 2011)

En la industria minera el 40% de los trabajadores se encuentran expuestos a niveles de ruido de riesgo durante más de la mitad de su jornada laboral; en el sector de construcción, este porcentaje es del 35%. La pérdida de la audición es una de las enfermedades profesionales más comunes, prevenirla está en manos de los encargados de la seguridad e integridad de los trabajadores de empresas donde el ruido es una constante. (Comaudi, 2017)

## **Tipos de Ruido**

**Ruido Continuo.** - Se presenta cuando el nivel de presión sonora es prácticamente constante durante el periodo de observación (a lo largo de la jornada de trabajo). Por ejemplo: el ruido de un motor eléctrico. (Contreras, 2015)

**Ruido Intermitente.** - En él que se producen caídas bruscas hasta el nivel ambiental de forma intermitente, volviéndose a alcanzar el nivel superior. Por ejemplo: el accionar un taladro. (Contreras, 2015)

**Ruido de Impacto.** - Se caracteriza por una elevación brusca de ruido en un tiempo inferior a 35 milisegundos y una duración total de menos de 500 milisegundos. Por ejemplo: arranque de compresores. (Contreras, 2015)

Para el caso de ruido continuo, los niveles sonoros, medidos en decibeles con el filtro "A" en posición lenta, que se permitirán, estarán relacionados con el tiempo de exposición según la siguiente tabla: (Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores en Ecuador, 2012)

Tabla 2. 3 Cantidad de decibeles por jornada

<b>Nivel Sonoro/dB (A-lento)</b>	<b>Tiempo de exposición por jornada/hora</b>
85	8
90	4
95	2
100	1
110	0,25
115	0,125

Fuente: (Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores en Ecuador, 2012)

Realizar monitoreo temporal de niveles de presión sonora sirve para detectar a tiempo cualquier anomalía en los niveles típicos de un sector de trabajo de la mina o la planta. Por ejemplo, los niveles de ruido al interior de cabinas de camiones, palas y de todo equipo móvil, aumentan velozmente en el tiempo a raíz de que el sellado hermético de ésta se deteriora debido a las vibraciones inducidas por el movimiento mismo del equipo, perdiendo así, el nivel de aislación en decibeles mencionadas en el manual del equipo. (Otelo, 2010)

Centrado principalmente en la protección directa del trabajador. Este debe fortalecerse en caso que el procedimiento de control de fuentes o de medios sea insuficiente. Los elementos de protección auditiva juegan un rol importante en esta etapa; el personal de higiene y seguridad debe seleccionar el protector adecuado para el tipo de ruido presente en los distintos lugares de trabajo. El programa se complementa con la información entregada por las mediciones de dosimetrías de ruidos y las de seguimiento audio métrico. (Otelo, 2010)

Al personal, cuyos exámenes audio métricos muestren una tendencia a hipoacusia, suele trasladársele de puesto de trabajo a sectores menos ruidosos; esta es una medida típica de un programa de conservación auditiva. (Otelo, 2010)

Es de absoluta importancia informar a los trabajadores de los riesgos que se adquieren al estar sometido a los altos niveles de ruido, enseñarles a usar correctamente el protector adecuado, hacerlos reflexionar sobre las limitaciones que genera una hipoacusia, solicitarles información sobre molestias en sus labores generadas por el agente y escuchar sus quejas causadas por altos los altos niveles de ruido en distintos sectores. En resumen, es de responsabilidad de ambas

partes (trabajador y empresa) lograr comunicación fluida y oportuna. El personal encargado de seguridad debe estar continuamente capacitándose con profesionales calificados en tema. (Otelo, 2010)

## **CAPÍTULO III**

### **CONTROL OPERATIVO**

A continuación, se describe cada uno de los procesos que se realizan en interior mina en la sociedad minera Minervilla que son los siguientes: ventilación, iluminación, evacuación de aguas, seguridad, perforación, carguío y transporte. Al conocer cada uno de estos procesos se realizó una evaluación y se planteó un plan de mejora, con la finalidad de obtener resultados que favorezcan tanto a los trabajadores como a la Sociedad.

#### **3.1 Ventilación**

##### **Evaluación del proceso**

El sistema de ventilación de la sociedad minera consta de tres turbinas que cumplen el trabajo de la siguiente manera:

La primera turbina es expelente, con una potencia 15HP que se encuentra en el nivel cero (línea base), la cual se apaga después de cumplir con el ciclo programado de dos horas. La segunda turbina es impelente, con una potencia de 7.5 HP se encuentra en el nivel 1(a 40 m de línea base), se apaga después del tiempo programado de 3 horas y la última turbina es expelente, con una potencia de 7,5 HP, se apaga cumpliendo las dos horas programadas en el nivel 2.

Las dos turbinas que extraen el aire del nivel cero (línea base) y del nivel dos (a 90 m de línea base), mediante una chimenea es transportada hasta llegar a la parte posterior de la montaña, donde se encuentra una boca mina que únicamente es para el uso de las mangueras.

Para la manguera que introduce aire fresco, es transportado desde la boca mina del nivel cero (línea base), hasta llegar al nivel uno (a 40 m de línea base).

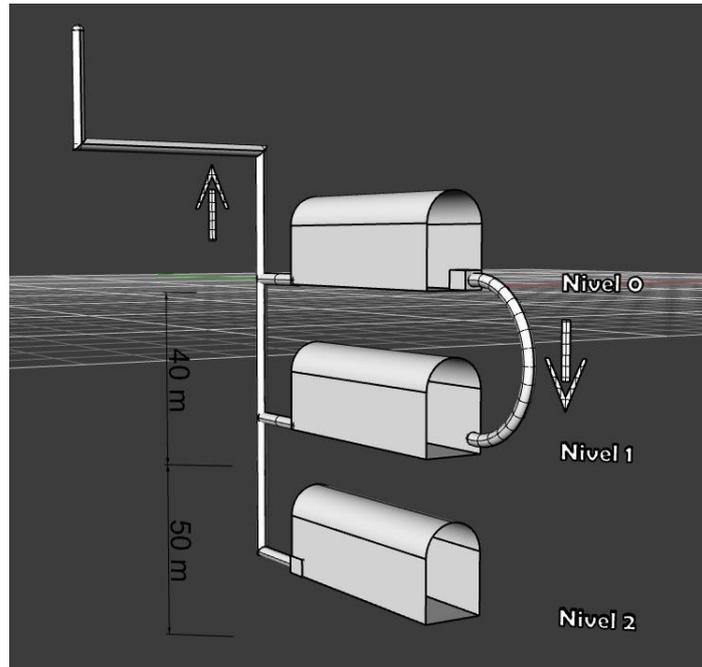


Figura 3. 1 Modelo de ventilación de la mina Minervilla

### Interpretación de resultados

A través varias observaciones y toma de datos en varios turnos, se observó que el problema está enfocado en el nivel dos (a 90 m de línea base) porque existe una gran cantidad de gas (ver figura 3.2), donde los trabajadores están expuestos en un periodo de tiempo largo y la turbina que expele dicho aire de este nivel, no es suficiente.

En uno de los turnos, en la zona donde se encuentra el winche, se observó que luego de realizar la voladura se acumula gran cantidad de gas en este lugar, y esto es perjudicial para la persona que se maneja la máquina.



Figura 3. 2 Gas en interior mina

Hay fallas en la ventilación, el más importante es la falta de abastecimiento de aire a los diferentes niveles en forma especial al nivel 2, ya que no cuenta con un caudal óptimo que requiere la mina.

### **3.1.1 Plan de mejora**

Basado en la teoría y la información que se obtuvo en la mina, se pudo realizar los cálculos para ver la cantidad de aire necesario tomando en cuenta el personal, producción, maquinaria y la cantidad de explosivos que se utiliza diariamente.

#### **Determinación de caudal de aire requerido dentro de mina**

Al realizar estos cálculos, se obtendrá un caudal que mantendrá la mina en óptimas condiciones, incluyendo lo que hoy en día es la construcción del pozo.

**Caudal según el número de trabajadores**

$$Q1 = f \times N \left( \frac{\text{m}^3}{\text{min}} \right)$$

En donde:

**f** = Volumen de aire necesario por persona  $(3 \frac{\text{m}^3}{\text{min}})$

**N**= Número de personas trabajando

$$Q1 = (28 \text{ personas}) * (3 \frac{\text{m}^3}{\text{min}})$$

$$Q1 = 84 \frac{\text{m}^3}{\text{min}}$$

**Caudal según la producción**

$$Q2 = u \times T \left( \frac{\text{m}^3}{\text{min}} \right)$$

En donde:

**u** = 1 a 1.7  $(\frac{\text{m}^3}{\text{min}})$

**T** = producción diaria en toneladas

$$Q2 = (1,25) * (20 \text{ Ton})$$

$$Q2 = 25 \frac{\text{m}^3}{\text{min}}$$

### Caudal según la maquinaria

En interior mina se trabaja con las siguientes maquinas:

Tabla 3. 1 Máquinas en interior mina

DESCRIPCIÓN	# MAQUINAS
Perforadoras	3
Bombas	3
Turbinas	3
Locomotora	1
Blower	1
Winche	1
<b>Total</b>	12

$$Q3 = k \times n \left( \frac{\text{m}^3}{\text{min}} \right)$$

Donde:

**K**= Volumen necesario por cada operador (3 m<sup>3</sup>/min)

**N**= Número de equipos operando

$$Q3 = \left( 3 \frac{\text{m}^3}{\text{min}} \right) * (12 \text{ maquinas})$$

$$Q3 = 36 \frac{\text{m}^3}{\text{min}}$$

### Caudal según la cantidad de explosivos

$$Q_4 = 16,67 \frac{\text{m}^3}{\text{min}} * E \text{ (kg)}$$

Donde:

**E**= Cantidad de explosivos en la voladura en Kg

$$Q_4 = (16,67 \frac{\text{m}^3}{\text{min}}) (1\text{kg})$$

$$Q_4 = 16,67 \frac{\text{m}^3}{\text{min}}$$

- a) Es muy importante que el caudal que ingrese a los diferentes niveles, sea basado en la información real de la mina; por esta razón se recomienda que utilicen los caudales obtenidos anteriormente, así se mantendrá en óptimas condiciones la ventilación de la mina.
- b) Se recomienda la implementación de una turbina impelente tomando en cuenta la distancia de la labor minera y así se elegiría un diámetro adecuado para la manga de ventilación.
- c) Para las zonas donde son curvas, se requiera poner codos en las mangas de ventilación, para así evitar que se rompan o que disminuya la cantidad de aire que este circulando.
- d) Es muy importante dar un mantenimiento en las mangas de ventilación, para poder ventilar el lugar donde sea requerido.
- e) Mediante la trayectoria de ventilación hacia un lugar deseado, por lo general existen pérdidas de aire, una recomendación indispensable es que se realicen inspecciones continuas para evitar dicha pérdida.

A través de esta propuesta de plan de mejora, se obtendrá una adecuada ventilación, basándose en la necesidad de cada uno de los empleados, para un buen desempeño y una mejor calidad de trabajo.

## 3.2 Iluminación

### Evaluación del proceso

En la mina no existe iluminación fija, la única parte donde se encuentra un alumbrado estacionario, es en la zona donde opera el winche, aunque se pudo observar que no existe una protección a prueba de explosión como son las rejillas.

Todo trabajador antes de comenzar su labor diaria en mina subterránea, adquiere en bodega su respectiva lámpara con marca KL5M, puede trabajar más de 16 horas teniendo su carga completa, teniendo así una vida útil de más de 30000 horas para su iluminación individual. Este modelo es uno de los más adecuados porque tiene un alcance de iluminación de 7000 Lux ~ 11000 lux en 1 m, está diseñada propiamente para minería subterránea ya que son a prueba de explosión.

#### 3.2.1 Plan de Mejora

- a) Implementar un alumbrado estacionario certificado con protección a prueba de explosión en niveles, subniveles y en la vía de acceso a cada nivel. La ubicación de la lámpara debe estar a una distancia de 15 a 20 metros. El material que se puede utilizar para la iluminación en la mina, tiene que ser LED porque garantiza la seguridad, esto genera un gran ahorro energético de un 75%. Para el alumbrado colectivo debe ser alimentado por una red eléctrica de baja tensión (110W-220V), es importante que estén aisladas y protegidas. Los interruptores se tienen que ubicar fuera de mina en una caseta de seguridad.
- b) Según el Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo (Art. 56 numeral 1) del Ecuador: “Todos los lugares de trabajo y tránsito deberán estar dotados de suficiente iluminación natural o artificial, para que el trabajador pueda efectuar sus labores con seguridad y sin daño para sus ojos.” (Terreros, 2015)
- c) Tiene que ser capaz de soportar una explosión para poder evitar una propagación, por esta razón es importante que esté elaborado con material antideflagrante.
- d) Realizar una inspección de luces mínimo una vez por mes.
- e) Se recomienda al personal encargado de cada turno, velar para que sus trabajadores tengan iluminación personal.

Al tomar en cuenta este plan de mejora, se puede obtener una iluminación adecuada para cada uno de los niveles, facilitando así el desempeño de los trabajadores.

### 3.3 Evacuación de aguas

#### Evaluación del proceso

La evacuación de aguas es otro de los aspectos a tomar en cuenta, por esta razón en la sociedad minera cuenta con canal de drenaje o cuneta desde el ingreso de la mina, se encuentra pegada a la pared derecha, con una profundidad, ancho y pendiente que faciliten el desagüe. (Ver figura 3.3). Para la evacuación de aguas del nivel 1 y 2 no se cuenta con cunetas, pero disponen de un sistema de bombeo neumático y eléctrico, respectivamente.

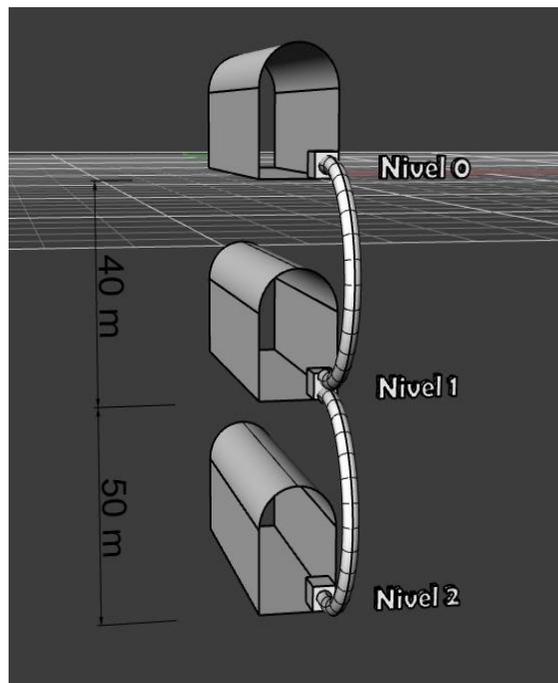


Figura 3. 3 Sistema de bombeo



Figura 3. 4 Canal de drenaje Nivel 0 (línea base)

### **Interpretación de resultados**

En el nivel 2 (a 90m de línea base) no existen cunetas para la evacuación de aguas, pero cuenta con un sistema de bombeo eléctrico con una potencia de 7,5 HP en la zona 112, esta agua es bombeada hasta el nivel 1 (a 40 m de línea base) con una altura de 50 metros. En el nivel 1 al igual que el nivel 2 (a 90 m de línea base) no consta de canales de drenaje, por esta razón se acumula mucha agua (ver figura 3.4) y eso dificulta el transporte de los vagones, pero cuenta con un sistema de bombeo neumático en la zona 890, que se encuentra entre la Tolva #1 y Tolva #2. Esta cantidad de agua tanto del nivel 1 (a 40 m de línea base) y nivel 2 (a 90 m de línea base), es bombeada hasta el nivel 0 (línea base). Para finalizar recorre una distancia de 500 metros hasta llegar a la bomba neumática que se encuentra en boca mina, para poder realizar el sistema de recirculación.



Figura 3. 5 Acumulación de agua Nivel 1

### **Enfermedades por contacto con el agua**

La infección más conocida de la piel es el “pie de atleta“, como se mencionó anteriormente es una enfermedad que se produce por el contacto con superficies húmedas que contengan este hongo. Los trabajadores usan un calzado de seguridad poco permeable, medias de fibras sintéticas y en algunos casos no usan medias, esto aumenta la posibilidad de obtener este hongo.

Por lo general cada trabajador al culminar su jornada de trabajo, se ensucia sus brazos y manos, suelen lavarse con el agua que se encuentra en interior mina, les pone en riesgo porque pueden existir bacterias como es la Esquistosomiasis, es el más común que se encuentra en el agua.

#### **3.3.1 Plan de mejora**

- a) Construir canales de drenaje en los niveles 1 y 2 para que no exista gran acumulación de agua y por tanto esto facilitaría el transporte de material y aumentaría la producción.
- b) En el nivel 1 (a 40 m de línea base), se recomienda prender la bomba neumática de agua en periodos más frecuentes, evitando así la acumulación de agua.
- c) En las bombas de los diferentes niveles, se debe añadir una rejilla, para que no permita el paso del material hacia las mangueras de transporte, ya que estas perjudican la conducción de agua hacia el lugar donde se va a realizar la perforación.

- d) En cuanto a las mangueras se debe tener un mantenimiento, ya que en ocasiones se encontraban en mal estado, ya sean trizadas o rotas.
- e) Usar un calzado que sea permeable en su totalidad y así evitar el contacto del agua con los pies, también es importante usar medias que no sean de material sintético.
- f) Capacitar al personal sobre el agua que se encuentra en interior mina, no tener contacto con ella porque puede tener alguna bacteria.

### **3.4 Seguridad**

#### **Evaluación del proceso**

##### **3.4.1 Equipo de protección personal (EPP)**

En minería subterránea se presentan riesgos que pueden ocasionar accidentes a los trabajadores, en la sociedad minera en cada inicio de jornada, el supervisor de bocamina revisa si los empleados estén con su respectivo EPP, como es:

- Casco MSA
- Linterna WISDOM KL5M
- Guantes JACKSON G40
- Botas
- Mascarilla 3m M7502
- Tapones auditivos 3M 1273

#### **Interpretación de resultados**

Cierto personal no dispone de vestuario adecuado para laborar dentro de mina. Otro de los inconvenientes es el calzado que utilizan, pueden tener rendimientos y protección inapropiados.

Para el personal que labora en perforación no consta de vestuario apto para realizar su función, ya que este no se encuentra impermeabilizado. (Ver figura 3.6)



USO DE SAQUILLO  
PARA PROTEGERSE  
DEL AGUA

Figura 3. 6 Perforación del frente de trabajo

#### 3.4.1.1 Plan de mejora

- a) Reemplazar los EEP's que se encuentran en mal estado, para así mantener la seguridad y velar por la vida de cada uno de los trabajadores.
- b) Entregar el vestuario con material reflectivo o foto luminiscente a todo el personal, facilitando así la visualización de cada trabajador.
- c) Usar botas de seguridad que tengan accesorios metálicos tales como las puntas de acero, estas garantizan seguridad porque son resistentes al impacto, también debe poseer suela antideslizante para evitar resbalones y caídas.
- d) Los perforistas y ayudantes deben usar trajes impermeables para protegerse del agua, reduciendo el tiempo que está expuesto al agua, evitando alguna enfermedad.
- e) Los trabajadores deben tener una buena higiene personal como es el cabello corto, barba corta y no portar accesorios como anillos, cadenas, pulseras u otro tipo de objetos que permitan realizar bien sus actividades.
- f) Se debe implementar los anteojos de seguridad para las labores de los perforistas y ayudantes de perforación, quienes son más propensos al daño de su visión por partículas sólidas. Para los trabajadores que emplean herramientas o máquinas neumáticas deben usar anteojos con protección lateral. Esto ayudará para que los trabajadores protejan sus ojos y no tengan problemas de visión en un futuro.

- g) Cada trabajador debe informar a su supervisor si su casco sufre alguna caída o golpe, si sucede esto el casco disminuye su resistencia y debe ser reemplazado de inmediato o caso contrario no resistirá en otra situación que sea realmente grave.
- h) Realizar afiches y reuniones de socialización en los cuales se indiquen el uso correcto de los equipos de protección personal.

### 3.4.2 Orden y limpieza

#### Interpretación de resultados

La suciedad y el desorden son enemigos de la seguridad, calidad y productividad, por tal motivo se realizó una evaluación general de estos aspectos.

Existen botellas plásticas en el suelo que día a día cada trabajador lleva consigo para hidratarse. En algunas zonas se encuentra material de trabajo en desorden y sin uso alguno.

En los turnos de perforación, en el momento de cargar el explosivo, se cayó el nitrato, como es frágil se rompe y se pudo observar que existe material botado ya de turnos anteriores. (Ver figura 3.7)



Figura 3. 7 Desperdicio de nitrato

### **3.4.2.1 Plan de mejora**

- a) Implementar puntos de hidratación en lugares estratégicos para que tengan mejores condiciones de trabajo, facilitando el desempeño de sus labores.
- b) Instalar tachos de basura en lugares adecuados que no ocasionen riesgos para los trabajadores y así obtener un sitio limpio.
- c) Realizar una campaña de orden y limpieza para el material obsoleto y no necesario que se encuentra en algunas zonas dentro de mina, depositando en un lugar adecuado, dando así una mayor seguridad para todo el personal.
- d) Incentivar a los trabajadores a ser limpios y ordenados para que tengan mejores hábitos de trabajo.

### **3.4.3 Señalética**

#### **Evaluación del proceso**

No existe señalización en algunas zonas como son: tolvas, buzones, escaleras y vías de acceso a los diferentes niveles.

En los únicos lugares que se encuentran con una señalética adecuada es el winche y donde se encuentran turbinas de ventilación.

La señalización de emergencia no se encuentra bien distribuida para que los empleados puedan evacuar de una manera adecuada.

Dentro de la mina no existen equipos de lucha contra incendios, recorrido de evacuación, y botiquín de primeros auxilios.

Para ciertas zonas, no existe la señalética conforme como dice la ley, sino solamente se ha utilizado spray.

La señalética no tiene un buen mantenimiento ya que algunos letreros se encuentran con lodo, lo cual limita su visualización.

El acceso a diferentes zonas no cuenta con la señalética necesaria.



Figura 3. 8 Señalética de la mina

### 3.4.3.1 Plan de mejora

- a) Realizar una adecuación de la señalética en los diferentes lugares dentro de la mina, así ayudado al personal que pueda guiarse y saber los sitios de riesgo como es la caída de roca.
- b) Colocar más letreros de las zonas de evacuación y primeros auxilios para cuando se de algún tipo de siniestro tengan claro el personal cual son los pasos a seguir.
- c) Tener un mejor mantenimiento de la señalética, dentro de un tiempo determinado, para que así permanezcan limpias y puedan dar la información correspondiente.
- d) La señalética que se implemente debe ser clara y que tenga una interpretación única.

### 3.4.4 Ruido

#### Evaluación del proceso

Los trabajadores que laboran en la perforación, están expuestos a ruido excesivo.

En el Ecuador, el Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo (Art. 55, ítem 7), dice: un trabajador con la cantidad de dB que se muestra en la tabla 3.2, podrá trabajar máximo 2 horas por jornada. Mediante un seguimiento de tres turnos de perforación, los perforadores y los ayudantes, no se exponen a más de dos horas de ruido, pero se pudo observar que los ayudantes de perforación tienen diferente protector auditivo.

Con la ayuda del departamento médico, los trabajadores se sometieron a exámenes audiométrico, con el fin de detectar precozmente un desplazamiento permanente del umbral de audición. Estos exámenes se realizarán periódicamente para así poder detectar si existen problemas con el personal y ver una posible solución.

#### Interpretación de resultados

Mediante un sonómetro, se realizó varias mediciones de ruido en un turno de perforación y se obtuvo la siguiente información.

Tabla 3. 2 Medición de ruido

<b>HORA</b>	<b>NPS (Decibeles)</b>
10:32:17	101,9
10:32:30	64,7
10:31:36	95.1
10:36:29	114.9
10:36:47	114,7
10:37:01	82.7
<b>Promedio</b>	97.57

#### **3.4.4.1 Plan de mejora**

- a) Es indispensable que para los ayudantes de perforación se les brinde un protector auditivo igual que para los perforistas, ya que están expuestos a la misma presión de ruido.
- b) Una de las cosas de absoluta importancia es que al personal que trabaja en la zona de perforación, informar sobre los riesgos que adquieren al estar expuestos a altos niveles de ruido como es la hipoacusia.
- c) Llevar puestos los equipos de protección personal auditiva siempre que se esté operando la perforadora para así minimizar de alguna manera el ruido.
- d) Realizar turnos rotativos, esto permitirá disminuir la exposición de ruido a los trabajadores.

A través de esta propuesta, se obtendrá como resultado que los trabajadores no tengan problemas auditivos a corto y a largo plazo.

#### **3.4.5 Desquinche**

##### **Evaluación del proceso**

La fortificación es un factor de gran importancia para una minería subterránea y es más sencilla para faenas de corta vida como es en esta sociedad minera.

No usan una fortificación alguna debido a que la resistencia de la roca es muy alta, por esta razón realizan inspecciones para evaluar las condiciones de estabilidad y requerimientos de desquinche. Los trabajadores se confían realizando una revisión visual.

##### **3.4.5.1 Plan de mejora**

- a) El mayor porcentaje de los accidentes es cuando, los trabajadores solo realizan una revisión visual de la zona, cuando se debería realizar un desquinchamiento después de la voladura.
- b) Es indispensable que los trabajadores que estén encargados de esta tarea, sepan la posición para el desquinche, y colocarse a una cierta distancia del lugar donde caerá material. (figura 3.9)



Figura 3. 9 Forma correcta de realizar el desquinche

Fuente: (Jorge Villarroel , 2018)

Mediante esta propuesta se obtendrá un lugar seguro para laborar, reduciendo así los accidentes que ocasionan las caídas de roca.

### 3.5 Perforación

#### Evaluación del proceso

Las máquinas de perforación y las brocas que utilizan son de la marca ATLAS COPCO.

Los ayudantes de perforación utilizan otro tipo de guantes que son aptos para sus condiciones de trabajo, son de textura más gruesa para poder sostener la varilla al momento en cual está realizando los taladros.

Se realizó tres turnos de perforación:

- **Frente:** Se realizó una adecuada perforación
- **Desbanque:** Se realizó una adecuada perforación

- **Techo:** Como normas de seguridad el perforista incumplió al perforar sin guantes y el ayudante al no usar su protector respiratorio. Al perforar el techo, es muy peligroso por la caída de roca sobre el perforista.

En los tres turnos, usaron saquillos y plásticos para protegerse del agua (Ver figura 3.10).

En el momento de cargar el explosivo, se cayó el nitrato, como es frágil se rompió y se pudo observar que existía material botado ya de turnos anteriores.

Las mallas de perforación que realizan depende de la experiencia cada uno de los perforistas, existe un ejemplo en la cual se pueden guiar o realizar el mismo.

En uno de los turnos se observó que había poca agua para lavar el frente del disparo anterior y así detectar restos de explosivos, también no había la suficiente fuerza por ello no pueden realizar adecuadamente los taladros necesarios.

En un turno se pudo ver que mientras el perforista realizaba la perforación, el ayudante cargaba los explosivos, no está admitido realizar las dos actividades al mismo tiempo.

No existe la ventilación correspondiente, ya que luego del turno anterior quedan dentro una gran cantidad de gases tóxicos por lo cual no es un buen ambiente de trabajo.

En el momento de culminar con el número de perforaciones necesarias por turno, se carga sin limpiar los barrenos con aire.



Figura 3. 10 Realizando la perforación

### **Interpretación de resultados**

Al hacer un control de tiempos, en tres turnos de diferentes perforistas, se obtuvo la siguiente información:

#### **Perforación – frente**

**Turno de la noche:** 02/04/2019

**Nombre del perforista:** Franklin Olivero.

**Nombre del ayudante de perforación:** Ilirio Loor.

**Lugar:** Nivel 2(a 90 m de línea base) -tajo 7 (sur)

**Hora de inducción de seguridad:** 19:35

**Ingreso del personal:** 20:02

**Inicio labor:** 21:14

**Fin labor:** 23:41

**Salida del personal:** 01:57

Posterior a la llegada del lugar de trabajo se comenzó armar las mangueras para lo cual tuvieron varios inconvenientes ya que las mismas se habían roto y por este motivo se tardaron, enseguida a esto comenzaron a mojar el frente de trabajo pero hubo otro inconveniente, que fue el agua, ya que no tenía la suficiente presión y se taponaba con arena por este motivo no llegaba hacia el lugar que se iba a realizar la labor, dificultando la perforación, luego de esto se instaló la máquina, comenzaron a retirar el material suelto, a continuación de esto se inició la perforación utilizando un barra de 1.20 m donde se realizaron 53 perforaciones.

Tabla 3. 3 Tiempo de perforación de frente

<b>RESULTADOS</b>	<b>TIEMPO (min)</b>
Tiempo promedio por perforación	2:33
Tiempo total de perforación	121:66

### **Perforación - Techo**

**Turno del día** 07/04/2019

**Nombre del perforista:** Wilfrido Figueroa.

**Nombre del ayudante de perforación:** Ramiro Jaime.

**Lugar:** nivel 2 (a 90 m de línea base) 048

**Hora de inducción de seguridad:** 07:05

**Ingreso del personal:** 07:29

**Inicio labor:** 08:30

**Fin labor:** 11:38

**Salida del personal:** 12:15

Al momento de llegar al lugar de trabajo, se inspecciono el lugar a ver si hay roca suelta, luego acomodaron la manguera de aire y de agua. Posteriormente comenzaron a perforar, el ayudante de perforación coloco la emulsión cuando iban las 30 perforaciones. Cuando se llegó a la perforación #58, el barreno se quedó atascado, dificultando completar el número de perforaciones indicadas por el encargado.

Tabla 3. 4 Tiempo de perforación de techo

<b>RESULTADOS</b>	<b>TIEMPO (min)</b>
Tiempo promedio de perforación	1:38
Tiempo total de perforación	81:48

**Perforación desbanque****Turno en el día** 06/04/2019**Nombre del perforista:** Diego Muñoz.**Nombre del ayudante de perforación:** Ángel Montaña.**Lugar:** Nivel 1 (a 40m de línea base) tajo 6 (sur)**Hora de inducción de seguridad:** 07:10**Ingreso del personal:** 07:45**Inicio de labores:** 08:51**Fin de labores:** 11:24**Salida del personal:** 13:45

Al llegar al lugar donde se va realizar la perforación del desbanque, comenzaron armar las mangueras y la máquina de perforación, posteriormente comenzaron a perforar utilizando una barra de 1.20 m. Los trabajadores decidieron realizar 26 perforaciones porque existían 14 perforaciones del turno anterior.

Tabla 3. 5 Tiempo de perforación de desbanque

<b>RESULTADOS</b>	<b>TIEMPO (min)</b>
Tiempo promedio de perforación	1:96
Tiempo total de perforación	49:35

El objetivo de tomar los datos de estos turnos de perforación es para ver los tiempos que se demoran al llegar a su área de trabajo y al completar su tarea encargada por el jefe de mina. El tiempo que utilizan las perforadoras al realizar los 60 taladros no es más de dos horas, se pudo observar que no es necesario prender las turbinas el momento que empieza la jornada.

Mediante este control se observó que en su mayoría los perforistas no cumplen con la tarea encargada y dando informe erróneo al jefe de mina.

### 3.5.1 Plan de mejora

- a) Todo perforista y su ayudante deben usar anteojos para la protección del agua y de partículas sólidas, también es importante ordenar a los trabajadores que se coloquen los guantes de cuero para su debida protección.
- b) Los ayudantes de perforación deben llevar el mismo tipo de protección auditiva de los perforistas, porque los que utilizan ahora no son suficientemente bueno para esa cantidad de ruido que está expuestos, como ya se mencionó anteriormente esto evitará problemas auditivos a corto y largo plazo.
- c) Los nitratos que se han caído accidentalmente, se deben reportar y recoger del sitio donde se perforó, para que los supervisores decidan qué hacer con ese material, para así tener un lugar de trabajo limpio y ordenado.
- d) Los barrenos que se han usado, se debe subir mediante el winche hasta la línea base, con esto se evitaría que el trabajador realice un esfuerzo que le pueda ocasionar una caída.
- e) En el momento de perforación, es muy importante tener abundante agua, por esto se recomienda que se revise las mangueras donde se transporta, porque se llega acumular lodo y esto impide la llegada de agua en diferentes zonas.
- f) No se deben realizar trabajos de perforación cuando se esté cargando explosivos, ya que estarían expuestos a muchos peligros como puede ser una explosión.
- g) Antes de cargar, los barrenos deberán ser soplados con aire para limpiarlos, esto sería para evitar los tiros quedados.
- h) Para efectuar el taqueo de cebos de tronadura, no se debe usar elementos metálicos, ya que estos pueden ocasionar una explosión.
- i) Lo más óptimo para tener un lugar adecuado de trabajo en cuanto a ventilación sería que se deje por más tiempo las turbinas de ventilación.
- j) Se debe verificar que se realice bien el desquinchamiento de rocas ya que en varios sitios se encuentran rocas flojas, que pueden ocasionar accidentes graves y muerte.
- k) Las turbinas se deberían prender luego que los perforistas se encuentren en interior mina, así evitando que se gaste energía.

- 1) Por el tiempo que se demoran en utilizar la perforadora, lo recomendado sería establecer un horario que no se encuentre con hora pico así disminuyendo el costo en energía eléctrica.

### **3.6 Carguío y transporte**

#### **Evaluación del proceso**

En la mina, existen dos niveles en los cuales se realiza de diferente manera su carguío y transporte, en el nivel 1 (a 40 m de línea base) es manual y en el nivel 2 (a 90 m de línea base) es neumático. Se obtuvo datos de dos turnos de cada nivel, para posteriormente ver sus tiempos de viaje y la cantidad de material que transportan.

#### **3.6.1 Carguío y transporte manual del Nivel 1**

##### **Interpretación de resultados**

Mediante dos turnos, se obtuvo la siguiente información:

##### **Turno 1**

**Fecha:** 07/04/2019

**Hora de inducción:** 07:04

**Ingreso del personal:** 07:21

**Inicio de labores:** 07:32

**Final de labores:** 13:03

**Salida del personal:** 13:16

Se comenzó con las labores que fueron encomendadas por el personal encargado, siendo de 30 viajes desde el buzón número 6 que correspondía al mineral y del buzón número 3 de la lupita que correspondía a caja, al principio se demoraron un poco más ya que había demasiada agua cerca de la bomba y era más difícil empujar el vagón de  $\frac{3}{4}$  ton.

Tabla 3. 6 Tiempo de carga y transporte del Nivel 1- turno 1

<b>RESULTADOS</b>	<b>TIEMPO (min)</b>
Tiempo promedio por viaje	11:38
Tiempo total de viajes	341:48

**Turno 2****Fecha:** 11/04/2019**Hora de inducción:** 07:32**Ingreso del personal:** 07:48**Inicio de labores:** 08:07**Final de labores:** 12.45**Salida del personal:** 13:02

El transporte del nivel #1, consiste en empujar los vagones mediante tres personas, realizando la tarea encomendada por el personal encargado que son 30 viajes hacia la tolva asignada que en este caso fue de la tolva 7 y en su gran mayoría de la tolva 6. Y de igual manera que el turno 1, tuvo dificultad por la cantidad de agua que se encuentra en este nivel.

Tabla 3. 7 Tiempo de carga y transporte del Nivel 1 - turno 2

<b>RESULTADOS</b>	<b>TIEMPO (min)</b>
Tiempo promedio por viaje	6:72
Tiempo total de viajes	334

Al realizar estos dos turnos, la información obtenida nos ayudó a ver el tiempo promedio que se demoran en cargar y transportar el material hacia los buzones y observar si tienen la correcta forma de realizar estas dos actividades.

**3.6.1.1 Plan de mejora**

- a) En el nivel 1 (a 40 m de línea base) se recomienda instalar rieles, para facilitar el transporte de los vagones, con esto se disminuirá el tiempo por cada viaje, se aumentará el número de viajes y por lo tanto agilizará la producción.

### 3.6.2 Carguío y transporte neumático del Nivel 2

#### Interpretación de resultados

#### Turno en el día

**Fecha:** 11/04/2019

**Hora de inducción:** 07:00

**Ingreso del personal:** 07:10

**Inicio de labores:** 07:25

**Final de labores:** 12:35

**Salida del personal:** 12:45

Se comenzó con las labores realizando 18 viajes en un vagón de 2.5 ton, en este nivel el personal es el encargado de empujar los vagones a través de los rieles. El carguío es a través de la pala neumática, así siendo eficiente en tiempos.

Tabla 3. 8 Tiempo de carga y transporte del Nivel 2

<b>RESULTADOS</b>	<b>TIEMPO (min)</b>
Tiempo promedio de carga	4:38
Tiempo promedio de descarga	11:33
Tiempo total	311

Al realizar este turno, la información obtenida nos ayudó a ver el tiempo promedio que se demoran en cargar y transportar el material hacia los buzones y observar si tienen la correcta forma de realizar estas dos actividades.

Esta información nos ayudó a ver que la pala neumática es más eficiente, obteniendo una mejor producción.

#### 3.6.2.1 Plan de mejora

- a) En el nivel 2 (a 90 m de línea base) se recomienda que tenga una ventilación adecuada para el personal que labora en esta zona, ya que luego de la explotación permanecen gases concentrados en el lugar y no es un adecuado ambiente de trabajo.

### **3.6.3 Winche**

#### **Evaluación del proceso**

Para obtener información sobre el transporte del material de los diferentes niveles hacia el winche, se realizó dos turnos los cuales fueron uno en la mañana y otro en la noche, para así tener en cuenta el tiempo que se demora en cada de uno de los viajes ya sea vacío o cargado.

#### **Interpretación de resultados**

En los dos turnos, luego de la hora de la jornada diaria, se observó que el gas tóxico subió hasta el lugar de trabajo y no es apto para la persona que se encuentra ahí.

En este lugar se encuentra una gran cantidad de ruido y la protección auditiva que utilizan no es adecuada para el trabajador.

La máquina no está en óptimas condiciones para que se realice el trabajo diario.

Posteriormente se observó el tiempo en el que demora cada viaje, dependiendo del material que transporta, en los siguientes cuadros se detalla.

#### **Turno del día**

**Fecha:** 01/04/2019

**Ingreso del personal:** 07:04

**Inicio de labores:** 07:29

**Final de labores:** 18:27

**Salida del personal:** 18:31

Al momento de llegar al lugar donde se encuentra el winche se comienza a retirar material, limpiar el balde y coloca aceite, se tiene que esperar que el personal baje hasta los diferentes niveles, para poder comenzar a transportar el material acumulado del turno anterior.

Tabla 3. 9 Tiempo de viaje del winche en el turno diurno

<b>RESULTADOS</b>	
Tiempo promedio de viaje W-1	4 (min)
Tiempo promedio de viaje W-2	7:75 (min)
# viajes de mineral	24
# viajes de caja	17

**Turno en la noche****Fecha:** 03/04/2019**Ingreso del personal:** 19:10**Inicio de labores:** 21:23**Final de labores:** 00:41**Salida del personal:** 01:05

Al momento de llegar al lugar donde se encuentra el winche, recibió indicaciones del operador del turno anterior, se esperó que terminen de barrenar para poder transportar los insumos, como fue en el turno del día, que se esperó que los trabajadores se dirijan hacia los diferentes niveles para poder transportar el material.

Tabla 3. 10 Tiempo de viaje del winche en el turno nocturno

<b>RESULTADOS</b>	
Tiempo promedio de viaje W-1	5:36 (min)
Tiempo promedio de viaje W-2	7:40 (min)
# viajes de mineral	0
# viajes de caja	27

A través de estos dos turnos, se tomó el tiempo de cada viaje y con el tipo de material que transporta, así obteniendo como resultado que la persona que labora en la parte del winche debe ingresar antes que todo el personal, para así transportar los insumos necesarios para las actividades en los diferentes niveles.

### **3.6.3.1 Plan de mejora**

- a) Se debe realizar un mantenimiento periódico del winche para tener un mejor funcionamiento y por ende una mejor producción.
- b) Hay que realizar una tapa ya sea de madera, cartón o metal al ingreso del lugar donde se encuentra el winche ya que luego de la detonación de cada de uno de los tajos el gas sube y se concentra en este lugar, por lo cual no es un buen ambiente para que la persona realice sus labores
- c) La persona que labora en este lugar debe utilizar un mejor tipo de protección auditiva, porque existe una mayor concentración de ruido, así evitando problemas auditivos a largo plazo.

### 3.6.4 Locomotora

#### Evaluación del proceso

Luego de que la materia es transportada desde los niveles inferiores hacia el nivel 0 (línea base), mediante la locomotora este material es transportado hacia el exterior de la mina, realizando un total de 10 viajes por turno.

#### Interpretación de resultados

Cuando se carga material en los vagones, se observó que cae mucho material debido a que la compuerta del buzón está arqueada y en el momento que se quiere cerrar se dificulta porque queda material estancado, esto les lleva un aproximado de 5 minutos para recoger el material que está en el piso.

En una parte del camino, se descarriló la locomotora, la razón fue la falta de un perno en la unión de los rieles (ver Figura 3.11), como pesa mucho, dificulta volver a encarrilar y toma un tiempo aproximado de 20 minutos, para que vuelva a realizar otro viaje. En la parte de las tolvas existe mucho lodo y esto facilita a que se descarrilen los vagones.



Figura 3. 11 Mal estado de pernos en el riel

**Fecha:** 06/04/2019

**Inicio de labores:** 06:49

**Final de labores:** 12.21

Como tarea diaria que deben hacer los trabajadores que manejan la locomotora, es realizar 10 viajes de material, tanto de mineral como de caja.

En la siguiente tabla se puede observar más detalladamente la información de cada viaje:

Tabla 3. 11 Tiempo de carga y transporte de la locomotora

<b>RESULTADOS</b>	
Tiempo promedio de entrar	6:96 (min)
Tiempo promedio de cargar vagón 1	0:36 (min)
Tiempo promedio de cargar el vagón 2	0:2 (min)
Tiempo promedio de cargar el vagón 3	1:05 (min)
Tiempo promedio de cargar el vagón 4	0:22 (min)
Tiempo promedio de cargar el vagón 5	0:26 (min)
Tiempo promedio de cargar el vagón 6	1:52 (min)
Tiempo promedio de salir	6:011 (min)
Tiempo promedio de viaje mineral	48 (min)
Tiempo promedio de viaje	27:58 (min)
Cantidad de material de caja	50 ton
Cantidad de material de mineral	50 ton

### 3.6.1.2 Plan de mejora

- a) Los rieles son muy importantes para el funcionamiento de la locomotora, se recomienda dar mantenimiento de los rieles, incluyendo los pernos.
- b) Retirar el lodo que se encuentra en la parte donde se cargan los vagones y así dejar libre a los rieles, se evitará la pérdida de tiempo.
- c) Es importante para evitar la caída de material, cambiar o arreglar las compuertas de los buzones.

Al realizar esta propuesta, se disminuyen los tiempos muertos; por lo tanto, aumentaría el número de viajes y lo más importante aumentaría la producción.

Tabla 3. 12 Resumen de las actividades que se realizan en la SM Minervilla y su plan de mejora

<b>ACTIVIDAD</b>	<b>SITUACION DE LA EMPRESA</b>	<b>PLAN DE MEJORA</b>
Ventilación	Solo tiene una turbina impelente y no abastece el aire para toda la mina.	Implementación de una turbina impelente, tomando en cuenta con los datos calculados.
	Existe gran cantidad de gas en el nivel dos.	
	Falta de mantenimiento en las mangueras de ventilación.	Añadir codos en las mangueras de ventilación, evitando que se rompan y disminuya el transporte del aire.
Iluminación	En las galerías, niveles y vías de acceso a cada nivel, no existe iluminación fija.	Implementar un alumbrado estacionario con una distancia de 15 a 20 metros.
	Solo existe iluminación en la parte donde se opera el winche y no existe protección a prueba de explosión.	Implementar una protección al alumbrado, que sea prueba de explosión.
Evacuación de aguas	En el nivel 1 y 2 no existen cunetas para la evacuación de aguas.	Construir canales de drenajes en los niveles 1 y 2.
	Existe lodo y algunas en mal estado en las mangueras que transportan el agua para la máquina de perforación.	Mantenimiento en las mangueras que transportan agua.
Seguridad (EPP)	Cierto personal no dispone de vestuario adecuado para laborar dentro de mina.	Entregar el vestuario con material reflectivo para el personal faltante.

	Para el personal que labora en perforación no consta de vestuario apto para realizar su función, ya que este no es impermeable.	Los perforistas y ayudantes deben usar trajes impermeables para protegerse del agua.
	Calzado inapropiado.	Usar botas de seguridad que tengas accesorios metálicos tales como punta de acero.
	Falta de anteojos de seguridad para las labores de los perforistas y ayudantes.	Implementar los anteojos de seguridad para el personal requerido.
Seguridad (Orden y limpieza)	Existen botellas plásticas en interior mina.	Instalar recipientes de basura y puntos de hidratación, en lugares estratégicos de la mina.
	Existe material de trabajo en desorden y sin uso alguno.	Incentivar a los trabajadores a ser más ordenados y limpios.
	Existe nitrato botado de turnos anteriores.	Realizar campañas de orden y limpieza para el material en desuso.
Seguridad (Señalética)	No existe señalética las algunas zonas como son tolvas, buzones, escaleras y vías de acceso.	Colocar más letreros en las zonas de evacuación y primeros auxilios.
	La señalética existente no tiene un buen mantenimiento.	Tener un mejor mantenimiento de la señalética.

Seguridad (Ruido)	Los ayudantes de perforación tienen diferente protector auditivo.	A los ayudantes de perforación se les debe brindar un mejor protector auditivo.
Seguridad (Desquinche)	El personal encargado de desquinchar, se confían solo realizando una revisión visual.	Enseñarles o recordarles las posiciones correctas de desquinche, evitando así caídas de roca.
Perforación	Falta de agua para realizar la perforación.	Mantenimiento de mangueras.
	Se carga los explosivos mientras se sigue perforando.	Esperar que se termine de perforar el frente y así se pueda cargar los explosivos.
	Se carga los explosivos sin limpiar los barrenos.	Antes de cargar, los barrenos deberán ser soplados con aire para limpiarlos.
Carguío y transporte	No existen rieles en el Nivel 1.	Instalar rieles para facilitar el transporte del material.
	El winche no está en óptimas condiciones para que realice su trabajo diario.	Realizar un mantenimiento periódico del winche, para un mejor funcionamiento y dar seguridad.
	Cae mucho material en las compuertas de los buzones.	Cambiar o arreglar la compuerta de los buzones.

	Se descarrilaron los vagones por exceso de lodo.	Retirar el lodo que se encuentra en la parte donde se cargan los vagones.
	Se descarriló la locomotora por falta de pernos.	Se recomienda dar mantenimiento en rieles y pernos.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

- Para la ventilación se realizaron cálculos de caudales de aire, según los parámetros recomendados, obteniéndose un caudal óptimo de 142,37 m<sup>3</sup>/min para interior mina, siendo evidente que la actual turbina impelente no abastece.
- En iluminación no existe alumbrado fijo en galerías, niveles y vías de acceso a cada nivel, por esta razón se identifica como un peligro inminente para el personal.
- En evacuación de aguas no existen canales de drenaje en los niveles 1 y 2, esto afecta al transporte del material, por lo que disminuye el número de viajes y afecta directamente a la producción.
- El desarrollo de la perforación es intermitente, ya que no existe un flujo de agua constante que llegue al equipo, además no se evacuan los residuos de los barrenos, dificultando en lo posterior el taqueo.
- Al momento de hacer la conexión de los explosivos a través de la mecha lenta, se hace un encendido individual de los barrenos.
- Para el transporte no existen rieles en el nivel 1, esto dificulta el traslado del material ya que se utiliza vagones montados sobre ruedas y los trabajadores los empujan manualmente, causando pérdidas de tiempo y energía.
- En cuanto al carguío, las compuertas de los buzones están en mal estado y esto ocasiona caída de material.
- En seguridad son varios aspectos negativos que se han podido determinar, entre ellos, la falta de uso de EPP por parte de los trabajadores, que podrían ocasionar probables afecciones a su salud y potenciales peligros de accidentes fatales, así como también la deficiente señalética al interior mina.

## Recomendaciones

- En ventilación se debe incrementar una turbina impelente con la finalidad de complementar la existente.
- En iluminación se propone implementar un alumbrado estacionario, propio para una mina subterránea, en el cual las bombillas deben estar a una distancia de 15 a 20 metros entre ellas.
- Para la evacuación de agua, se deben construir canales de drenaje en los niveles 1 y 2, estos deben ser excavados en la parte inferior derecha de ellos, es decir bajo las tuberías de agua y ventilación.
- En perforación se recomienda dar mantenimiento a las mangueras de agua y lo más importante es instruir a los trabajadores de esta área que se deben limpiar los barrenos antes de cargar los explosivos.
- La iniciación de la voladura debe ser a través de una sola mecha lenta y un fulminante que detone el cordón detonante para todos los barrenos cargados.
- En el caso del transporte para el nivel 1, se deben instalar rieles para facilitar el traslado de los vagones y dar el correspondiente mantenimiento.
- En el caso del carguío, se deben cambiar las compuertas de los buzones para evitar la caída de material.
- En la seguridad ocupacional, se propone entregar el EPP para cada trabajador y según la función de trabajo de cada uno, dependiendo de los peligros a los que están expuestos, así como la colocación de señalética en todos los niveles y áreas en interior mina.

## BIBLIOGRAFIA:

- Abarca, J. A. (31 de JULIO de 2015). Minería Subterránea. Obtenido de <https://www.bnamericas.com/ES/NOTICIAS/MINERIA/MINERIA-SUBTERRANEA>
- Airfal Internacional. (05 de mayo de 2013). La iluminación de las minas subterráneas. Obtenido de <https://www.airfal.com/luminarias-atex-noticias/iluminacion-minas-subterranas-2174/>
- Alegria, E. V. (2015). Ventilacion de Minas. CURANILAHUE.
- Angelica, T. A. (2015). Diseño de una estrategia de gestión en seguridad y salud ocupacional. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/7938/1/TESIS%20DEFINITIVA.pdf>
- Ardanuy, T. P. (1998). Orden y limpieza de lugares de trabajo . Obtenido de [https://www.insst.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/401a500/ntp\\_481.pdf](https://www.insst.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/401a500/ntp_481.pdf)
- Aspectos de seguridad salud e higiene minera. (s.f.). Obtenido de [http://geco.mineroartesanal.com/tiki-download\\_wiki\\_attachment.php?attId=1358](http://geco.mineroartesanal.com/tiki-download_wiki_attachment.php?attId=1358)
- Astete, A. G. (05 de diciembre de 2012). Iluminación en operaciones mineras exige seguridad. Obtenido de <http://www.revistaseguridadminera.com/operaciones-mineras/iluminacion-en-operaciones-mineras-exige-seguridad/>
- Cárdenas, L. (2018). Analisis y Optimizacion de costos de produccion. Obtenido de <http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/8419/1/14139.pdf>
- Comaudi. (2017). MEDICIÓN DE RUIDO INDUSTRIAL EN MINERÍA Y CONSTRUCCIÓN. Obtenido de <https://www.comaudi-industrial.com/blog/medicion-de-ruido-industrial-en-mineria-y-construccion/>
- Contreras, J. (12 de junio de 2015). Impacto sonoro en minas subterranas. Obtenido de <https://es.slideshare.net/jojacoar/impacto-ambiental-49296994>
- Díaz, M. R. (abril de 2009). Salud y seguridad. Obtenido de [https://www.oitcinterfor.org/sites/default/files/salud\\_seg\\_mineria.pdf](https://www.oitcinterfor.org/sites/default/files/salud_seg_mineria.pdf)
- Enami, E. (2018).
- Escudero, V. (Septiembre de 2014). Metodo de Corte y Relleno ascendente . Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/239729066/150890657-Metodo-de-Corte-y-Relleno-Ascendente>
- Falch, E. (16 de agosto de 2011). Ruido minero. Obtenido de <https://es.slideshare.net/maicol1383/ruido-minera>

- Fauzi, H. (20 de marzo de 2018). iluminación en la minería. Obtenido de <https://www.iluminet.com/luz-profundidades-iluminacion-mineria/>
- Gallardo, S. A. (2008). Guia Metodologica de Seguridad Para Proyectos de Ventilacion de Minas. Santiago de Chile.
- Garcés, R. H. (Abril de 2014). HUMEDAD Y TEMPERATURA EN LA MINERÍA SUBTERRÁNEA. Obtenido de <http://www.emb.cl/hsec/articulo.mvc?xid=390>
- Garzon, J. R. (30 de abril de 2016). Obtenido de [https://prezi.com/-2-q39cxc1y\\_/el-orden/](https://prezi.com/-2-q39cxc1y_/el-orden/)
- Jorge Villarroel . (Enero de 2018). Fortificación en la Minería 2. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=tkJ8ILxmv2s>
- Lizana, C. P. (Abril de 1997). Señalización . Obtenido de <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Normativa/GuiasTecnicas/Ficheros/senal.pdf>
- Lopez, M. (11 de Noviembre de 2015). Obtenido de <https://es.slideshare.net/elpumarebel/desague-de-minas>
- Maldonado, Y. (05 de ABRIL de 2015). carga y transporte mineria. Obtenido de <https://es.slideshare.net/ymaldonadoo/230965139-1carguioytransportesubterraneo1>
- Maxam. (Mayo de 2017). Obtenido de [http://www.mumi.es/media/Default%20Files/MUMI/Diptico\\_CarbonInterior.pdf](http://www.mumi.es/media/Default%20Files/MUMI/Diptico_CarbonInterior.pdf)
- Minervilla, E. p. (2016).
- Montalar, E. (06 de Diciembre de 2009). La clasificacion Geomecánica. Obtenido de <https://enriquemontalar.com/clasificacion-geomecanica-de-protodyakonov/>
- Muñoz, H. A. (15 de mayo de 2015). Drenaje de mina subterránea. Obtenido de <https://es.slideshare.net/ProfesorUPV/drenaje-de-mina-subterranea>
- Otelo, P. (26 de ENERO de 2010). El manejo de los ruidos en la minería. Obtenido de <http://www.mch.cl/reportajes/el-manejo-de-los-ruidos-en-la-mineria/>
- Oxfam Intermón. (2017). Enfermedades transmitidas por el agua contaminada. Obtenido de <https://blog.oxfamintermon.org/enfermedades-transmitidas-por-el-agua-contaminada/>
- Pinto, N. (2016). Prevención de Riesgos. Obtenido de <https://www.achs.cl/portal/trabajadores/Capacitacion/CentrodeFichas/Documents/equipos-de-proteccion-personal-en-minas-metalicas-subterraneas.pdf>
- Pizarro, A. (1 de mayo de 2009). El agua en la mina. Obtenido de <https://issuu.com/malacate/docs/aguamina/3>
- Polo, N. (27 de OCTUBRE de 2017). Medidas de seguridad en perforación subterránea y superficial. Obtenido de <http://www.revistaseguridadminera.com/operaciones-mineras/medidas-de-seguridad-en-la-perforacion-minera-subterranea-y-superficial/>
- Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores. (2012). Art. 55. Ruidos y Vibraciones. Obtenido de <http://www.trabajo.gob.ec/wp->

content/uploads/downloads/2012/12/Reglamento-de-Seguridad-y-Salud-de-los-Trabajadores-y-Mejoramiento-del-Medio-Ambiente-de-Trabajo-Decreto-Ejecutivo-2393.pdf

- Rivera, J. P. (2 de Octubre de 2015). Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/283397638/Tipos-de-Ventilacion-de-Minas>
- Quiroga, M. A. (26 de octubre de 2015). Mecanica de rocas. Obtenido de <https://es.slideshare.net/MIRIANASCUAQUIROGA/resistencia-y-deformabilidad-de-roca>
- Saavedra, M. F. (20 de JULIO de 2017). carguio y transporte. Obtenido de <https://es.slideshare.net/MatiasFigueroaSaaved/carguio-y-transporte>
- Sanchez, J. B. (21 de octubre de 2014). Corte y relleno ascendente. Obtenido de <https://es.slideshare.net/jemypaloma9/corte-y-relleno-ascendente>
- Revista Seguridad Minera de Perú. (12 de septiembre de 2012). Acerca de la lámpara minera. Obtenido de <http://www.revistaseguridadminera.com/operaciones-mineras/acerca-de-la-lampara-minera/>
- Revista Seguridad Minera de Perú. (12 de noviembre de 2012). Iluminación del trabajo en el socavón. Obtenido de <http://www.revistaseguridadminera.com/operaciones-mineras/iluminan-el-trabajo-en-el-socavon/>
- Seguridad Minera. (20 de MARZO de 2017). Cómo se relaciona el carguío y transporte con el resto de actividades para la extracción del mineral. Obtenido de <http://www.revistaseguridadminera.com/operaciones-mineras/el-carguio-y-transporte-y-su-relacion-con-otras-etapas-de-la-explotacion/>
- Sernageomin. (MAYO de 2014). Fortificacion y Acuñaamiento. Obtenido de <http://www.sonami.cl/site/wp-content/uploads/2016/03/7.fortificacion-acunadura.pdf>
- Sernageomin. (MAYO de 2014). GUÍAS DE OPERACIÓN PARA LA PEQUEÑA MINERÍA. Obtenido de <http://www.sonami.cl/site/wp-content/uploads/2016/03/6.perforacion-y-tronadura.pdf>
- Siber Ventilación. (2016). La alergia a la humedad. Obtenido de <https://www.siberzone.es/blog-sistemas-ventilacion/la-alergia-a-la-humedad-origen-y-efectos-sobre-nuestra-salud/>
- Todo Dermo. (17 de noviembre de 2014). Xerosis, el mal de muchas enfermedades y tratamientos. Obtenido de <https://www.correofarmaceutico.com/tododermo/enfermedades-de-la-piel/xerosis-cutanea-o-piel-seca-enfermedades-farmacos-provocan.html>
- Valverde, D. A. (JUNIO de 2007). PERFORACIÓN EN MINERIA SUBTERRANEA. Obtenido de [http://geco.mineroartesanal.com/tiki-download\\_wiki\\_attachment.php?attId=1198](http://geco.mineroartesanal.com/tiki-download_wiki_attachment.php?attId=1198)

Vargas, E. (2009). Sernageomin. Obtenido de  
[http://sitiohistorico.sernageomin.cl/pdf/presentaciones-geo/Ventilacion-en-minas-subterraneas\(ErickVargasSernageomin\).pdf](http://sitiohistorico.sernageomin.cl/pdf/presentaciones-geo/Ventilacion-en-minas-subterraneas(ErickVargasSernageomin).pdf) .

VentDepot. (12 de junio de 2001). Ventilacion. Obtenido de  
<http://www.ventdepot.com/mexico/temasdeinteres/ventilacion/definicion/>

**ANEXOS**

Anexo 1 Proceso de voladura



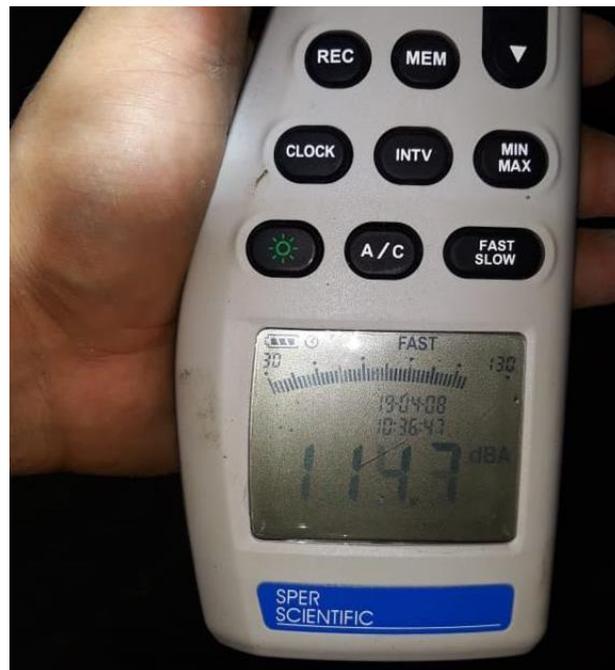
Anexo 2 Tubería de ventilación



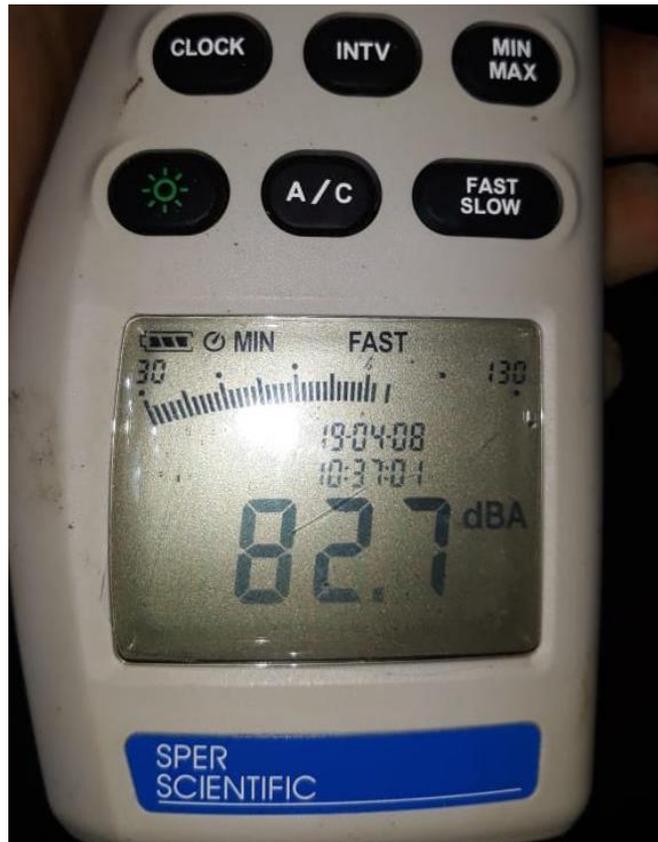
Anexo 3 Bomba eléctrica del nivel 2



Anexo 4 Medición del ruido de la perforadora (valor más alto)



Anexo 5 Medición del ruido en la perforadora (valor más bajo)



**Perforación**

Perforación - frente

Anexo 6 Datos del tiempo de perforación

# PERFORACIÓN	T. DE PERFORACIÓN
1	0:01:32
2	0:01:56
3	0:01:34
4	0:01:38
5	0:01:21
6	0:01:17
7	0:02:07
8	0:02:44
9	0:01:08
10	0:01:23
11	0:02:59
12	0:02:36
13	0:01:26
14	0:03:49
15	0:01:47
16	0:03:37
17	0:01:57
18	0:03:08
19	0:01:23
20	0:02:40
21	0:02:27
22	0:02:25
23	0:01:20
24	0:02:38
25	0:01:24
26	0:02:50

# PERFORACIÓN	T. DE PERFORACIÓN
27	0:01:26
28	0:02:58
29	0:01:31
30	0:02:34
31	0:02:24
32	0:02:19
33	0:02:35
34	0:02:22
35	0:02:42
36	0:02:20
37	0:03:01
38	0:03:39
39	0:03:24
40	0:01:24
41	0:03:56
42	0:02:14
43	0:04:18
44	0:02:05
45	0:01:55
46	0:02:07
47	0:02:37
48	0:03:19
49	0:02:16
50	0:02:54
52	0:01:59
53	0:02:15
<b>TOTAL, DE</b>	<b>2:01:40</b>

**Perforación - techo**

Anexo 7 Datos del tiempo de perforación

# PERFORACIÓN	T. DE PERFORACIÓN
1	0:01:21
2	0:01:49
3	0:01:39
4	0:02:59
5	0:01:37
6	0:01:11
7	0:01:13
8	0:01:23
9	0:02:19
10	0:01:26
11	0:01:34
12	0:02:11
13	0:01:52
14	0:01:36
15	0:01:18
16	0:01:15
17	0:01:20
18	0:01:27
19	0:01:06
20	0:01:26
21	0:01:13
22	0:01:22
23	0:01:18
24	0:00:59
25	0:00:52
26	0:01:26
27	0:01:32
28	0:00:50
29	0:01:22
30	0:00:41

# PERFORACION	T. DE PERFORACIÓN
31	0:01:03
32	0:01:34
33	0:01:04
34	0:01:02
35	0:01:23
36	0:01:26
37	0:01:03
38	0:01:24
39	0:00:57
40	0:01:11
41	0:01:35
42	0:01:44
43	0:01:22
44	0:01:26
45	0:01:12
46	0:01:08
47	0:01:16
48	0:02:02
49	0:01:17
50	0:00:57
52	0:01:08
53	0:00:52
54	0:01:16
55	0:01:11
56	0:01:18
57	0:01:19
58	0:01:44
59	0:01:26
60	0:01:32
<b>TIEMPO TOTAL</b>	<b>1:21:29</b>

**Perforación- desbanque**

Anexo 8 Datos del tiempo de perforación

# PERFORACIÓN	T. DE PERFORACIÓN
1	0:01:57
2	0:01:47
3	0:01:47
4	0:001:56
5	0:02:47
6	0:02:17
7	0:02:30
8	0:02:08
9	0:01:24
10	0:01:58
11	0:01:12
12	0:01:24
13	0:01:26
14	0:01:12
15	0:01:56
16	0:02:42
17	0:02:35
18	0:01:12
19	0:02:51
20	0:02:38
21	0:02:29
22	0:01:32
23	0:01:50
24	0:01:23
25	0:02:01
26	0:02:23
<b>TIEMPO TOTAL</b>	<b>0:49:21</b>

## Carguío y Transporte

Turno 1 Nivel 1

Anexo 9 Tiempo de viaje nivel 1

# VIAJE	T. IDA	T. DE CARGAR	T. DE VUELTA	T. DESCARGA	MATERIAL
1	0:03:12	0:02:37	0:04:30	0:00:30	MINERAL
2	0:02:45	0:02:29	0:04:47	0:00:56	MINERAL
3	0:02:45	0:02:02	0:04:21	0:06:01	MINERAL
4	0:03:00	0:02:38	0:07:07	0:00:52	MINERAL
5	0:04:00	0:08:45	0:14:15	0:02:07	MINERAL
6	0:02:25	0:01:38	0:03:37	0:00:31	MINERAL
7	0:02:45	0:02:10	0:05:50	0:00:40	MINERAL
8	0:03:10	0:04:00	0:05:20	0:00:34	MINERAL
9	0:02:45	0:02:10	0:04:31	0:04:08	MINERAL
10	0:02:10	0:01:50	0:03:50	0:03:48	MINERAL
11	0:02:15	0:01:30	0:04:20	0:05:10	MINERAL
12	0:02:55	0:03:25	0:06:28	0:04:10	MINERAL
13	0:03:20	0:02:50	0:05:30	0:04:50	MINERAL
14	0:02:10	0:01:55	0:04:10	0:06:10	MINERAL
15	0:02:58	0:02:33	0:05:08	0:05:25	MINERAL
16	0:03:10	0:03:20	0:07:47	0:04:32	MINERAL
17	0:03:20	0:02:50	0:05:10	0:06:13	MINERAL
18	0:02:45	0:02:10	0:05:05	0:05:55	MINERAL
19	0:03:15	0:02:33	0:04:40	0:00:25	MINERAL
20	0:02:10	0:02:26	0:03:30	0:01:00	CAJA
21	0:02:00	0:03:35	0:03:25	0:02:08	CAJA
22	0:01:50	0:01:30	0:02:00	0:01:21	CAJA
23	0:01:10	0:01:15	0:02:20	0:02:07	CAJA
24	0:01:08	0:01:05	0:01:30	0:00:46	CAJA
25	0:01:00	0:00:45	0:01:20	0:00:53	CAJA
26	0:01:10	0:00:52	0:01:30	0:01:38	CAJA
27	0:01:18	0:00:45	0:01:40	0:00:52	CAJA
28	0:01:05	0:00:55	0:01:38	0:00:49	CAJA
29	0:01:01	0:00:42	0:01:17	0:00:17	CAJA
30	0:00:58	0:00:47	0:01:18	0:00:50	CAJA

Turno 2 Nivel 1

Anexo 10 Tiempo de viaje Nivel 1

<b># VIAJE</b>	<b>T. IDA</b>	<b>T. DE CARGAR</b>	<b>T. DE VUELTA</b>	<b>T. DE DESCARGA</b>	<b>MATERIAL</b>
1	0:02:35	0:00:11	0:03:45	0:00:10	MINERAL
2	0:02:51	0:00:07	0:03:47	0:00:11	MINERAL
3	0:02:46	0:00:09	0:03:35	0:00:07	MINERAL
4	0:02:31	0:00:05	0:03:10	0:00:08	MINERAL
5	0:02:36	0:00:16	0:03:13	0:00:06	MINERAL
6	0:02:43	0:00:04	0:03:14	0:00:08	MINERAL
7	0:02:38	0:00:06	0:03:13	0:00:06	MINERAL
8	0:02:13	0:00:03	0:03:39	0:00:06	MINERAL
9	0:02:37	0:00:34	0:03:58	0:00:05	MINERAL
10	0:03:30	0:01:30	0:03:01	0:00:04	MINERAL
11	0:02:18	0:01:07	0:04:04	0:00:06	MINERAL
12	0:02:26	0:00:12	0:03:26	0:00:07	MINERAL
13	0:02:30	0:01:14	0:03:24	0:00:05	MINERAL
14	0:02:26	0:00:04	0:03:57	0:00:06	MINERAL
15	0:03:16	0:00:03	0:03:26	0:00:06	MINERAL
16	0:02:32	0:00:06	0:03:54	0:00:40	MINERAL
17	0:02:20	0:00:05	0:03:28	0:00:06	MINERAL
18	0:02:46	0:00:03	0:03:37	0:00:05	MINERAL
19	0:02:42	0:00:55	0:03:39	0:00:08	MINERAL
20	0:02:34	0:00:06	0:03:12	0:00:09	MINERAL
21	0:02:32	0:00:03	0:03:37	0:00:06	MINERAL
22	0:03:09	0:00:04	0:03:40	0:00:16	MINERAL
23	0:02:49	0:00:07	0:03:54	0:00:07	MINERAL
24	0:03:15	0:00:19	0:03:59	0:00:06	MINERAL
25	0:03:30	0:00:24	0:03:41	0:00:06	MINERAL
26	0:02:41	0:00:55	0:00:00	0:00:00	MINERAL
27	0:02:30	0:00:22	0:03:58	0:00:09	MINERAL
28	0:02:46	0:00:11	0:03:21	0:00:35	MINERAL
29	0:02:43	0:00:12	0:03:25	0:00:09	MINERAL
30	0:02:41	0:00:40	0:04:37	0:00:44	MINERAL

Nivel 2

Anexo 11 Tiempo de viaje Nivel 2

<b>PALA NEUMATICA</b>		
<b># DE VIAJES</b>	<b>TIEMPO DE CARGA</b>	<b>TIEMPO DE DESCARGA</b>
1	0:04:20	0:08:16
2	0:04	0:09:34
3	0:04:07	0:07:54
4	0:04:30	0:11:56
5	0:04:10	0:08:23
6	0:04:09	0:13:24
7	0:04:13	0:11:03
8	0:04:19	0:18:33
9	0:04:29	0:11:20
10	0:04:30	0:08:54
11	0:05:55	0:09:20
12	0:06:01	0:13:35
13	0:04:25	0:12:00
14	0:03:58	0:13:00
15	0:04:21	0:18:45
16	0:10:30	0:03:36
17	0:05:10	0:14:00
18	0:04:26	0:10:28

**Winche**

Turno día

Anexo 12 Tiempo de viaje winche

# VIAJE	NIVEL	T. ESPERA ARRIBA	T. BAJADA VACIO	T. ESPERA	T. SUBIDA CARGADO	T. BAJADA INSUMOS	T. SUBIDA VACIO	CLASE MATERIAL	T. DE VIAJE
1	w-1	0:01:00	0:01:51	0:03:00	0:02:01		-	CAJA	0:07:52
2	W-2			0:01:00	0:02:00	0:01:57	-	BARRENOS	0:04:57
3	2-W			0:03:00	0:02:00			CAJA	0:05:00
4	0-1	0:01:00		0:03:00		0:00:51	-	NITRATO	0:04:51
5	1--2	0:03:00		0:04:00		0:01:02	-	NITRATO	0:08:02
6	2-W			0:02:00	0:01:36		-	OXIGENO-GAS	0:03:36
7	W-0	00:03.00		0:02:00		0:00:28	0:00:14	OXIGENO-GAS	0:02:42
8	W-2	0:01:42	0:02:00	0:03:00	0:02:01			CAJA	0:08:43
9	w-2	0:02:00	0:01:33	0:02:00	0:02:01	-	-	CAJA	0:07:34
10	W-2	0:00:34	0:01:25	0:02:00	0:02:04	-	-	CAJA	0:06:03
11	W-2	0:00:24	0:01:31	0:01:00	0:02:02	-	-	CAJA	0:04:57
12	W-2	0:02:22	0:01:37	0:04:00	0:02:02	-	-	CAJA	0:10:01
13	W-2	0:01:26	0:01:31	0:02:00	0:02:01	-	-	CAJA	0:06:58
14	W-2	0:01:00	0:01:36	0:01:00	0:01:58	-	-	CAJA	0:05:34
15	W-2	0:02:00	0:01:31	0:03:00	0:02:01	-	-	CAJA	0:08:32
16	W-2	0:02:00	0:01:37	0:06:00	0:01:59	-	-	CAJA	0:11:36
17	W-2	0:00:00	0:01:29	0:02:00	0:01:59	-	-	CAJA	0:05:28
18	W-2	0:02:00	0:01:22	0:03:00	0:01:59	-	-	CAJA	0:08:21
19	W-2	0:02:00	0:01:33	0:02:00	0:02:01	-	-	CAJA	0:07:34
20	W-2	0:02:00	0:01:27	0:02:00	0:01:59	-	-	CAJA	0:07:26
21	W-2	0:00:10	0:01:26	0:02:00	0:01:59	-	-	CAJA	0:05:35
22	W-2	0:01:00	0:01:40	0:05:00	0:02:02	-	-	MINERAL	0:09:42
23	W-2	0:00:23	0:01:29	0:03:00	0:02:01	-	-	MINERAL	0:06:53
24	W-2	0:00:26	0:01:28	0:03:00	0:02:01	-	-	MINERAL	0:06:55
25	W-2	0:00:22	0:01:29	0:02:00	0:02:02	-	-	MINERAL	0:05:53
26	W-2	0:00:30	0:01:27	0:03:00	0:02:02	-	-	MINERAL	0:06:59
27	W-2	0:00:33	0:01:29	0:04:00	0:01:59	-	-	MINERAL	0:08:01
28	W-2	0:00:40	0:01:27	0:10:00	0:02:00	-	-	MINERAL	0:14:07
29	W-1	0:00:21	0:00:52	0:03:00	0:01:10	-	-	MINERAL	0:05:23

30	W-1	0:00:24	0:00:48	0:02:00	0:01:06	-	-	MINERAL	0:04:18
31	W-1	0:00:19	0:00:47	0:01:00	0:01:11	-	-	MINERAL	0:03:17
32	W-1	0:00:32	0:00:47	0:02:00	0:01:10	-	-	MINERAL	0:04:29
33	W-1	0:00:33	0:00:49	0:02:00	0:01:10	-	-	MINERAL	0:04:32
34	W-1	0:00:21	0:00:52	0:01:00	0:01:11	-	-	MINERAL	0:03:24
35	W-1	0:00:18	0:00:46	0:02:00	0:01:09	-	-	MINERAL	0:04:13
36	W-1	0:00:17	0:00:45	0:02:00	0:01:11	-	-	MINERAL	0:04:13
37	W-1	0:00:19	0:00:51	0:02:00	0:01:11	-	-	MINERAL	0:04:21
38	W-1	0:00:29	0:00:48	0:02:00	0:01:30	-	-	MINERAL	0:04:47
39	W-2	0:00:28	0:01:27	0:02:00	0:01:30	-	-	PLATAFORMA	0:05:25
40	W-1	0:00:27	0:00:44	0:01:00	0:01:11	-	-	MINERAL	0:03:22
41	W-1	0:00:57	0:00:48	0:02:00	0001:09	-	-	MINERAL	0:03:45
42	W-1	0:01:00	0:00:52	0:01:00	0:01:10	-	-	MINERAL	0:04:02
43	W-1	0:00:20	0:00:52	0:01:00	0:01:10	-	-	MINERAL	0:03:22
44	W-1	0:00:25	0:00:52	0:02:00	0:01:12	-	-	MINERAL	0:04:29
45	W-1	0:00:20	0:00:50	0:01:00	0:01:10	-	-	MINERAL	0:03:20
46	W-1	0:00:24	0:00:47	0:02:00	0:01:09	-	-	MINERAL	0:04:20
47	W-1	0:00:32	0:00:55	0:00:00		-	-	CAJA	0:01:27
48	1--2	0:00:22	0:00:52	0:49:00	0:01:42	-	-	MUESTRAS	0:51:56
49	W-2	0:00:26	-	-	-	0:03:25	-	NITRATO-BARRENOS	0:03:51

Turno noche

Anexo 13 Tiempo de viaje winche

# VIAJE	NIVEL	T. ESPERA ARRIBA	T. BAJADA VACIO	T. ESPERA ABAJO	T. SUBIDA CARGADO	T. BAJADA INSUMOS	T. SUBIDA VACIO	T. PERSONAL	CLASE MATERIAL	T. VIAJE
1	2-W	-	-	0:03:00	0:01:51	-	-	-	AGUA	0:04:51
2	0-1	0:03:00	-	0:01:00	-	0:01:00	-	-	NITRATO	0:05:00
3	1--2	0:01:00	-	1:01:00	-	0:01:02	-	-	NITRATO	1:03:02
4	2-W	-	-	0:02:00	0:01:36	-	-	-	BARRENOS	0:03:36
5	W-1	0:04:00	0:00:59	0:05:00	0:01:05	-	-	-	CAJA	0:11:04
6	W-1	0:01:00	0:00:54	0:02:00	00:01:06	-	-	-	CAJA	0:03:54
7	W-1	0:00:10	0:00:54	0:06:00	0:01:09	-	-	-	CAJA	0:08:13
8	W-1	0:00:10	00:01:01	0:01:00	0:01:09	-	-	-	CAJA	0:02:19
9	W-1	0:00:20	0:00:49	0:01:00	0:01:08	-	-	-	CAJA	0:02:28
10	W-1	0:00:26	0:00:58	0:07:00	0:01:10	-	-	-	CAJA	0:09:34
11	W-1	0:00:35	0:01:10	0:05:00	0:01:11	-	-	-	CAJA	0:07:56
12	W-1	0:00:15	0:01:00	0:01:00	0:01:08	-	-	-	CAJA	0:03:23
13	W-1	0:00:18	0:00:58	0:01:00	0:01:08	-	-	-	CAJA	0:03:24
14	W-1	0:00:26	0:01:02	0:02:00	0:01:07	-	-	-	CAJA	0:04:35
15	W-1	0:00:35	00:01:02	0:03:00	0:01:11	-	-	-	CAJA	0:04:46
16	W-2	0:00:38	0:02:00	0:10:00	0:02:00	-	-	-	CAJA	0:14:38
17	W-2	0:00:23	0:01:54	0:01:00	0:01:58	-	-	-	CAJA	0:05:15
18	W-2	0:02:00	0:01:51	0:02:00	0:02:00	-	-	-	CAJA	0:07:51
19	W-2	0:00:26	0:01:47	0:02:00	0:01:58	-	-	-	CAJA	0:06:11
20	W-2	0:03:00	0:01:56	0:02:00	0:01:59	-	-	-	CAJA	0:08:55
21	W-2	0:03:00	0:02:13	0:01:00	0:02:01	-	-	-	CAJA	0:08:14
22	W-2	0:00:28	0:01:44	0:01:00	0:01:56	-	-	-	CAJA	0:05:08
22	W-2	0:00:13	0:01:41	0:04:00	0:01:56	-	-	-	CAJA	0:07:50
23	W-2	0:00:25	0:02:21	0:02:00	0:01:58	-	-	-	CAJA	0:06:44
24	W-2	0:00:34	0:01:45	0:02:00	0:01:58	-	-	-	CAJA	0:06:17
25	W-2	0:00:28	0:02:01	0:06:00	0:01:57	-	-	-	CAJA	0:10:26
26	W-2	0:01:00	0:02:37	0:03:00	0:02:00	-	-	-	CAJA	0:08:37
27	W-2	0:00:14	0:02:13	0:08:00	0:01:53	-	-	-	CAJA	0:12:20
28	W-2	0:00:17	0:01:42	0:01:00	0:01:59	-	-	-	CAJA	0:04:58
28	W-2	0:00:28	0:02:19	0:01:00	0:01:57	-	-	-	CAJA	0:05:44
30	W-2	0:01:00	0:02:24	0:01:00	0:01:55	-	-	-	CAJA	0:06:19
31	W-2	0:00:37	0:02:23	0:02:00	0:01:57	-	-	-	CAJA	0:06:57
32	W-2	0:00:19	0:02:17	0:01:00	0:01:55	-	-	-	CAJA	0:05:31
33	W-2	0:00:36	0:02:08	0:19:00	0:01:24	-	-	-	BARRENOS	0:23:08

**Locomotora**

Anexo 14 Tiempo de viaje locomotora

# VIAJE	T. ENTRADA	BAGONES	T. CARGA	T. SALIDA	T. ADICIONAL	TIPO DE MATERIAL
1	0:07:11	1	0:00:28	0:05:03		MINERAL
		2	0:00:25			MINERAL
		3	0:00:37			MINERAL
		4	0:00:11			MINERAL
		5	0:00:23			MINERAL
		6	0:00:43			MINERAL
2	0:10:02	1	0:00:14	0:09:12	-	MINERAL
		2	0:00:10		-	MINERAL
		3	0:00:13		-	MINERAL
		4	0:00:27		-	MINERAL
		5	0:00:23		-	MINERAL
		6	0:00:17		-	MINERAL
3	0:07:12	1	0:00:09	0:06:02	-	MINERAL
		2	0:00:05		-	MINERAL
		3	0:00:08		-	MINERAL
		4	0:00:08		-	MINERAL
		5	0:00:10		-	MINERAL
		6	0:00:10		-	MINERAL
4	0:06:07	1	0:00:10	0:05:56	-	MINERAL
		2	0:00:09		-	MINERAL
		3	0:00:10		-	MINERAL
		4	0:00:11		-	MINERAL
		5	0:00:09		-	MINERAL
		6	0:00:59		-	MINERAL
5	0:06:03	1	0:01:11	0:05:46	-	MINERAL
		2	0:00:15		-	MINERAL
		3	0:09:49		-	MINERAL
		4	0:00:21		-	MINERAL
		5	0:00:39		-	MINERAL
		6	0:02:32		-	MINERAL
6	0:07:03	1	0:00:26	0:05:14	-	CAJA
		2	0:00:25		-	CAJA
		3	0:00:06		-	CAJA
		4	0:00:16		-	CAJA
		5	0:00:16		-	CAJA
		6	0:00:11		-	CAJA
7	0:07:02	1	0:00:54	0:05:21	-	CAJA
		2	0:00:14		-	CAJA
		3	0:00:14		-	CAJA
		4	0:00:11		-	CAJA
		5	0:00:13		-	CAJA
		6	0:00:18		-	CAJA
8	0:06:11	1	0:00:06	0:05:28	-	CAJA
		2	0:00:06		-	CAJA
		3	0:00:05		-	CAJA
		4	0:00:08		-	CAJA
		5	0:00:06		-	CAJA
		6	0:00:24		-	CAJA
9	0:05:11	1	0:00:05	0:04:16	-	CAJA
		2	0:00:05		-	CAJA
		3	0:00:07		-	CAJA
		4	0:00:11		-	CAJA
		5	0:00:16		-	CAJA
		6	0:00:23		0:14:00	CAJA
10	0:07:41	1	0:00:05	0:08:56	-	CAJA
		2	0:00:07		-	CAJA
		3	0:00:06		-	CAJA
		4	0:00:05		-	CAJA
		5	0:00:06		-	CAJA
		6	0:09:17		-	CAJA