



**UNIVERSIDAD DEL AZUAY**  
**FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA EN MINAS**

**Análisis de procesos operativos subterráneos que inciden en  
la productividad y plan de mejora en la mina “Pique  
Curipamba” Portovelo – El Oro**

**Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:  
INGENIERO EN MINAS**

**Autores:**

**PAMELA CAROLINA ROMERO OCHOA**  
**JAIME ANDRÉS SISALIMA CUENCA**

**Director:**

**CARLOS FEDERICO AUQUILLA TERÁN**

**Cuenca-Ecuador**

**2019**

## DEDICATORIA

A Dios por darme la oportunidad de llegar a donde estoy ahora, a mi padre René que con gran esfuerzo y sacrificio ha sido mi respaldo y apoyo, durante este proceso, inculcándome que todo sacrificio tiene su recompensa y a pesar de cualquier obstáculo que se presentara saber que podía refugiarme en él.

A mi hermana Paola por su apoyo incondicional y voz de aliento, por creer que podía lograr todo lo que me propusiera y sobrino Julián, que con su amor han sido mi fortaleza.

A mi abuelita Leonor, ejemplo de bondad por sus innumerables e invaluables enseñanzas.

A mi prima Ashley que, a pesar de la distancia, ha compartido conmigo los altos y bajos durante esta etapa.

**Pamela Romero Ochoa**

El presente trabajo de titulación va dedicado primeramente a Dios, a mis padres Ángel y Yolanda por ser mi apoyo incondicional, por sus mensajes de aliento, por guiar mi camino, por ser mi motivación y creer siempre en mí.

A mi abuelita Blanca Romero (+), por ser mi ángel, quien siempre estuvo orgullosa de la decisión que tome y por ser un ejemplo para luchar por mis sueños y nunca rendirme.

A Andrea Alvarado, persona que se ha convertido en un pilar fundamental de mi vida, por sus consejos y por su amor incondicional.

**Jaime Andrés Sisalima**

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos a nuestros padres por el apoyo incondicional que nos han brindado durante todo el transcurso de nuestra vida universitaria.

A la Ing. Yadira Guzmán por darnos apertura en su empresa minera Pique Curipamba, en la cual pudimos realizar nuestro trabajo de titulación y de manera especial al señor Manuel Romero Loayza, quien es jefe de mina, por su ayuda para poder realizar las actividades interior mina.

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.

A todas las personas y amigos que nos han brindado su apoyo durante este proceso de formación personal y profesional.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTOS .....	ii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS .....	ix
ÍNDICE DE ANEXOS.....	x
RESUMEN .....	xi
ABSTRACT.....	xii
INTRODUCCION.....	1

### Capítulo I

#### GENERALIDADES E INFORMACION PRELIMINAR

1. Descripción de la zona .....	3
1.1 Ubicación Geográfica .....	3
1.2 Acceso y vías de comunicación .....	4
1.3 Clima y vegetación.....	5
1.3.1 Clima.....	5
1.3.1.1 Tropical Seco.....	6
1.3.1.2 Pre Montano .....	6
1.3.1.3 Andino.....	6
1.3.2 Vegetación .....	7
1.4 Relieve .....	7
1.5 Hidrografía.....	8
1.6 Hidrogeología.....	8
1.7 Geología.....	9
1.7.1 Geología Regional.....	9
1.7.1.1 Rocas Metamórficas. ....	9
1.7.1.2 Grupo Saraguro .....	10
1.7.1.3 Unidad Portovelo.....	10
1.7.1.4 Rocas Intrusivas.....	10
1.7.2 Geología Local.....	11
1.8 Estructura y geometría de la mina .....	13
1.8.1 Mineralización .....	14
1.9 Medioambiente: base y descripción medio ambiental.....	15
1.9.1 Impactos y niveles de contaminación del entorno natural .....	16

1.10 Reservas .....	16
1.11 Método de explotación.....	17
1.11.1 Factores geomecánicos .....	18
1.12 Maquinarias y equipos .....	19
1.13 Ciclo de minado.....	22

## **Capítulo II**

### **MARCO TEÓRICO**

2.1 Minería subterránea .....	23
2.2 Método de explotación .....	24
2.2.1 Método Sublevel Stopping- Subniveles .....	24
2.2.1.1 Principios .....	25
2.2.1.2 Descripción del sistema de explotación.....	27
2.3 Perforación y Voladura.....	29
2.3.1 Perforación.....	29
2.3.2 Voladura .....	30
2.4 Carguío y transporte. ....	30
2.5 Ventilación.....	32
2.5.1 Ventilación primaria.....	32
2.5.2 Ventilación secundaria .....	32
2.6 Evacuación de agua .....	33
2.7 Fortificación.....	34
2.8 Seguridad industrial minera. ....	34
2.8.1 Equipo de protección personal (EPP) .....	35
2.8.2 Iluminación.....	36
2.8.3 Orden y limpieza.....	37
2.8.4 Señalética.....	38
2.9 Productividad .....	39
2.9.1 Condiciones Termo ambientales.....	40

## **Capítulo III**

### **CONTROL DE PROCESOS**

3. Descripción de la mina.....	41
3.1 Proceso de Perforación .....	43
3.1.1 Descripción de la operación.....	43
3.1.2 Factores incidentes.....	43

3.1.3 Insumos dentro del proceso.....	44
3.1.4 Control operativo .....	45
3.2 Proceso de voladura.....	45
3.2.1 Descripción de la operación .....	45
3.2.2 Factores incidentes en el proceso.....	46
3.2.3 Insumos dentro del proceso .....	46
3.2.4 Control.....	47
3.3 Proceso de Carguío y Transporte .....	48
3.3.1 Descripción de la operación .....	48
3.3.2 Factores incidentes en el proceso.....	48
3.3.3 Insumos dentro del proceso .....	49
3.3.4 Control.....	50
3.4 Proceso de Instalaciones Subterráneas .....	50
3.4.1 Descripción de la operación .....	50
3.4.2 Factores incidentes en el proceso.....	51
3.4.3 Materiales e insumos requeridos.....	52
3.5 Evaluación de los procesos .....	52
3.5.1 Perforación.....	52
3.5.2 Voladura .....	53
3.5.3 Carguío y transporte.....	53
3.5.4 Instalaciones subterráneas .....	54
3.5.4.1 Instalaciones de agua .....	54
3.5.4.2 Aire comprimido .....	54
3.5.4.3 Ventilación .....	54
3.5.4.4 Iluminación .....	54
3.5.5 Seguridad Minera Industrial .....	55
3.5.5.1 Materiales e insumos requeridos .....	55
3.5.5.2 Plan de seguridad.....	56
3.5.5.3 Plan de acción para las brigadas de primeros auxilios en las instalaciones.....	56
3.5.5.4 Reglamento interno de trabajo .....	56
3.5.5.5 Reglamento interno de Higiene y Seguridad .....	57
3.5.5.6 Plan de acción para la brigada de prevención de incendios, alarmas para emergencias en las instalaciones .....	57

3.5.5.7 Manual de procedimiento para el manejo, uso, transporte, almacenamiento y carga de explosivos .....	57
3.5.5.8 Manual de procedimiento en caso de atrapamiento y derrumbe ..	57
3.5.5.9 Mapa de evacuación .....	57
3.5.5.10 Mapa de Riesgos.....	58
3.5.5.11 Orden y limpieza .....	60
3.6 Interpretación de Resultados .....	60
3.6.1 Tabulación de Resultados.....	60
3.6.2 Gráficas de Resultados.....	62

## **Capítulo IV**

### **PLAN DE MEJORA**

4.1 Plan de mejora para Perforación .....	65
4.1.1 Traslado de máquinas de perforar en galerías .....	65
4.1.2 Armado y preparación de la máquina de perforación .....	65
4.1.3 Operación de la máquina de perforar .....	66
4.1.4 Limpieza de barrenos perforados.....	67
4.1.5 Diseño de malla de perforación .....	67
4.1.5.1 Zona A - Cuele .....	69
4.1.5.2 Zona B - Barrenos de ayuda.....	70
4.1.5.3 Zona C - Corona .....	70
4.1.5.4 Zona E - Pateras.....	71
4.1.5.5 Zona D – Contorno .....	71
4.2 Plan de Mejora de Voladura .....	73
4.2.1 Trazado de la malla de perforación.....	73
4.2.2 Traslado de explosivos al frente de voladura .....	73
4.2.3 Cebado.....	74
4.2.4 Carguío de barrenos .....	74
4.2.5 Secuencia de disparo y encendido .....	75
4.3 Plan de mejora de Carguío y Transporte .....	77
4.3.1 Carga y descarga.....	77
4.3.2 Transporte de material desde interior mina .....	78
4.4 Plan de Mejora de Instalaciones Subterráneas .....	79
4.4.1 Instalación de aire comprimido y agua .....	79
4.4.2 Ventilación.....	80

4.4.2.1 Determinación de caudal de aire requerido dentro de mina.....	80
4.4.2.2 Instalación de mangas de ventilación .....	82
4.5 Iluminación .....	83
4.6 Resultados .....	84
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	85
BIBLIOGRAFÍA .....	89
ANEXOS .....	93

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Ubicación geográfica de la zona de estudio .....	3
Figura 1.2 Datos generales de la concesión .....	4
Figura 1.3 Vías de acceso a la concesión " San Juan" .....	5
Figura 1.4 Temperatura máxima y mínima durante todo el año .....	6
Figura 1.5 Parte de la vegetación del cantón Portovelo .....	7
Figura 1.6 Parte de la vegetación del cantón Portovelo .....	8
Figura 1.7 Mapa Hidrogeológico del Distrito Minero Portovelo. ....	9
Figura 1.8 Geología Regional de la zona de estudio .....	11
Figura 1.9 Mapa de Geología Local de la zona de Zaruma y Portovelo.....	13
Figura 1.10 Bocamina .....	14
Figura 1.11 Perforadora YT 27(ATLASCopco).....	20
Figura 1.12 Carro minero sobre llantas.....	20
Figura 1.13 Winche utilizado interior mina. ....	21
Figura 1.14 Compresor utilizado en la mina. ....	21
Figura 1.15 Ciclo de minado .....	22
Figura 2.1 Descripción del proceso de explotación por medio de este método. ....	25
Figura 2.2 Forma correcta de perforar .....	29
Figura 2.3 Colocación de explosivos en la malla de perforación. ....	30
Figura 2.4 Transporte del material hacia el exterior de la mina.....	31
Figura 2.5 Equipo de Protección Personal adecuada .....	36
Figura 3.1 Vista Isométrica de las labores subterráneas .....	41
Figura 3.2 Ciclo de minado .....	42
Figura 3.3 Trabajo de perforación .....	43
Figura 3.4 Preparación de Voladura .....	46
Figura 3.5 Trabajo de carga y transporte interior mina .....	48
Figura 3.6 Dimensiones e instalaciones subterráneas del túnel .....	51
Figura 3.7 Mapa de evacuación .....	58
Figura 3.8 Mapa de Riesgos .....	59
Figura 3.9 Desechos arrojados dentro de la mina.....	60
Figura 3.10 Relación producción - rendimiento.....	62
Figura 3.11 Relación producción – voladura .....	63
Figura 3.12 Relación producción - carguío y transporte.....	63
Figura 3.13 Relación temperatura - eficiencia .....	64
Figura 4.1 Dimensiones de la nueva malla de perforación .....	68
Figura 4.2 Malla de perforación .....	72
Figura 4.3 Secuencia de disparo y encendido de la malla de perforación .....	76

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Coordenadas del área minera .....	4
Tabla 1.2 Impactos generados en el proceso de producción .....	16
Tabla 1.3 Densidad .....	18
Tabla 1.4 Resistencia a la compresión simple.....	18
Tabla 2.1 Disminución de eficiencia de trabajo .....	40
Tabla 3.1 Ciclo de minado .....	42
Tabla 3.2 Equipos y materiales utilizados para el proceso de perforación .....	44
Tabla 3.3 Tiempos empleados dentro de la perforación .....	45
Tabla 3.4 Control de perforación.....	45
Tabla 3.5 Materiales e insumos utilizados en el proceso de voladura .....	47
Tabla 3.6 Tiempos empleados en el proceso de voladura.....	47
Tabla 3.7 Voladuras y explosivos.....	47
Tabla 3.8 Equipos y materiales utilizados para carguío y transporte .....	49
Tabla 3.9 Tiempos empleados en carguío y transporte.....	50
Tabla 3.10 Control carguío y transporte .....	50
Tabla 3.11 Materiales procesos auxiliares .....	52
Tabla 3.12 Equipos de protección personal .....	55
Tabla 3.13 Producción - Rendimiento (Perforación).....	60
Tabla 3.14 Producción - Rendimiento (Voladura) .....	61
Tabla 3.15 Producción - Rendimiento (Carguío y Transporte).....	61
Tabla 3.16 Temperatura - Eficiencia .....	62
Tabla 4.1 Datos generales .....	68
Tabla 4.2 Cálculos generales.....	69
Tabla 4.3 Cálculos Zona A - Cuele.....	69
Tabla 4.4 Cálculos para segundo cuadro.....	69
Tabla 4.5 Cálculos para tercer cuadro.....	69
Tabla 4.6 Cálculos generales Zona B - Ayudas .....	70
Tabla 4.7 Cálculos - Ayudas .....	70
Tabla 4.8 Cálculos generales Zona C - Corona.....	70
Tabla 4.9 Cálculos Zona C - Corona .....	71
Tabla 4.10 Cálculos generales Zona E - Pateras .....	71
Tabla 4.11 Cálculos Zona E - Pateras.....	71
Tabla 4.12 Cálculos generales Zona D - Contorno.....	72
Tabla 4.13 Cálculos Zona D - Contorno .....	72
Tabla 4.14 Evaluación de perforación .....	76
Tabla 4.15 Total de explosivos.....	77
Tabla 4.16 Índices de análisis.....	77
Tabla 4.17 Maquinaria .....	81
Tabla 4.18 Resultado de planes .....	84

## ÍNDICE DE ANEXOS

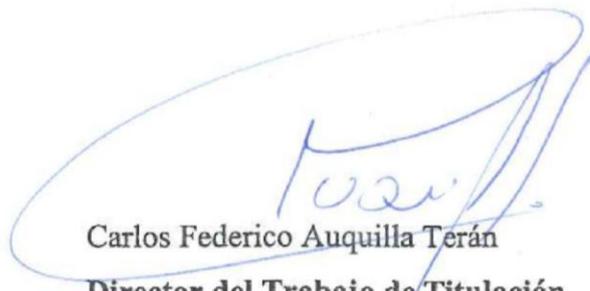
ANEXO 1 Control diario de perforación .....	93
ANEXO 2 Plan de seguridad.....	96
ANEXO 3 Plan de acción para las brigadas de primeros auxilios en las instalaciones .....	106
ANEXO 4 Reglamento interno de higiene y seguridad .....	110
ANEXO 5 Plan de acción para la brigada de prevención de incendios, alarmas para emergencias en las instalaciones .....	110
ANEXO 6 Manual de procedimiento para el manejo, uso, transporte, almacenamiento y carga de explosivos .....	116
ANEXO 7 Manual de procedimiento en caso de atrapamiento y derrumbe.....	125

**RESUMEN****ANÁLISIS DE PROCESOS OPERATIVOS SUBTERRÁNEOS QUE  
INCIDEN EN LA PRODUCTIVIDAD Y PLAN DE MEJORA EN LA MINA  
PIQUE CURIPAMBA, PORTOVELO – EL ORO**

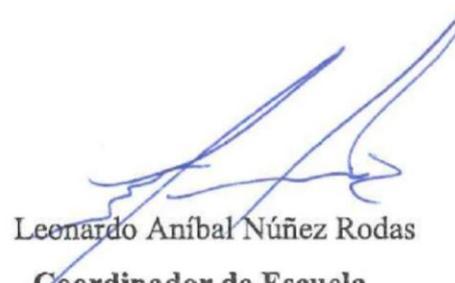
El presente trabajo de titulación parte del análisis de la situación actual de la mina “Pique Curipamba”, identificando los factores incidentes en la productividad, para realizar un control y plan de mejora dentro de los siguientes aspectos: Perforación, Voladura, Carga y Transporte, Instalaciones Subterráneas y Seguridad Minera Industrial. Dichas actividades son esenciales para el desarrollo de la minería subterránea, considerando que inciden directamente en los procesos mineros de producción.

De esta manera, el proceso investigativo y de campo determinó que los planes de mejora propuestos, generarán una optimización en cuanto a recursos y eficiencia del personal, con el consiguiente incremento en la productividad.

**Palabras claves:** perforación, voladura, carga, transporte, seguridad, productividad.



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



**Leonardo Aníbal Núñez Rodas**  
**Coordinador de Escuela**



**Pamela Carolina Romero Ochoa**  
**Autor**



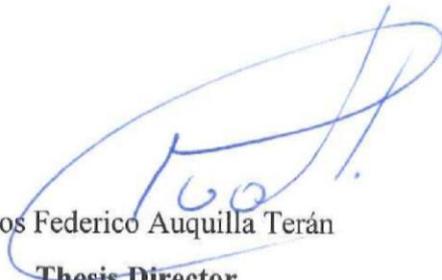
**Jaime Andrés Sisalima Cuenca**  
**Autor**

## ABSTRACT

### ANALYSIS OF UNDERGROUND OPERATING PROCESSES THAT IMPACT ON PRODUCTIVITY AND THE IMPROVEMENT PLAN OF THE PIQUE CURIPAMBA MINE, PORTOVELO - EL ORO

This degree work starts from the analysis of the situation of the “Pique Curipamba” mine to identify the factors affecting productivity and carry out a control and an improvement plan within the following aspects: drilling, blasting, loading and transport, underground facilities and industrial mining safety. These activities are essential for the development of underground mining, considering that they directly affect mining production processes. The research and field process determined that the proposed improvement plans will generate an optimization of resources and will increase staff efficiency with a consequential increment in productivity.

**Keywords:** drilling, blasting, loading, transport, safety, productivity.



Carlos Federico Auquilla Terán

**Thesis Director**



Leonardo Aníbal Núñez Rodas

**Faculty Coordinator**



Pamela Carolina Romero Ochoa

**Author**



Jaime Andrés Sisalima Cuenca

**Author**




Translated by  
Ing. Paúl Arpi

Romero Ochoa Pamela Carolina; Sisalima Cuenca Jaime Andrés.  
Trabajo de Titulación

Ing. Carlos Federico Auquilla Terán

Octubre, 2019

**ANÁLISIS DE PROCESOS OPERATIVOS SUBTERRÁNEOS QUE  
INCIDEN EN LA PRODUCTIVIDAD Y PLAN DE MEJORA EN LA MINA  
PIQUE CURIPAMBA, PORTOVELO – EL ORO**

**INTRODUCCION**

El distrito minero aurífero Zaruma - Portovelo fue descubierto y trabajado desde el Imperio Inca; la extracción del oro se realizaba en el río Amarillo. En 1876 se inician los trabajos de exploración y en 1880 la primera explotación subterránea en pequeña escala. En 1896 se inicia los trabajos a cargo de la compañía SADCO hasta los años 1950. A partir de 1978 el área minera queda en manos del Estado; en la actualidad la minería es trabajada por mineros artesanales e informales y empresas de pequeña escala (Albuja, 2017).

Hoy en día el Distrito minero Zaruma-Portovelo es considerado como uno de los principales yacimientos productores de polimetálicos del país, pero la carencia de estudios técnicos y el trabajo empírico realizado por industrias dedicadas a minería artesanal y pequeña minería restringen el aprovechamiento efectivo del recurso mineral (Albuja, 2017).

La industria minera en el distritito, en su mayoría, carece de parámetros técnicos en labores de exploración y/o explotación; en la zona existen concesiones para realizar pequeña minería y minería artesanal, este tipo de extracción impide la realización de estudios mineros desde el punto de vista técnico. El conocimiento empírico predomina para la toma de decisiones, además no se disponen de datos concisos que proporcionen certeza para determinar la factibilidad de realizar trabajos de exploración y/o explotación en futuras labores mineras. (Albuja, 2017).

Toda labor desarrollada en la actividad minera debe ser trabajada con tecnologías limpias y adecuadas que permitan extraer el mineral de interés mediante el uso de métodos, insumos mineros, maquinaria y procesos eficientes de buena calidad que garanticen la salud y seguridad de sus trabajadores (Mejía, 2019).

Mediante el análisis de las operaciones subterráneas se generará una mejor optimización de los procesos, por este motivo se realizará un diagnóstico a la Empresa Minera “PIQUE CURIPAMBA”, para así mejorar el sistema operativo en cuanto a sus procesos: perforación, voladura, carguío y transporte, y operaciones auxiliares, obteniendo una mejor producción y sin dejar de lado la seguridad de los empleados.

A lo largo del desarrollo del estudio planteado se busca identificar todas las falencias que afecten directa o indirectamente a los procesos, implementando un plan de mejora para cada proceso incidente en la producción con una nueva propuesta de diseño, es decir plantear diversos planes que sean adaptables a la condición actual que presenta la empresa sin involucrar gastos excesivos, asegurando un incremento en la productividad.

## CAPITULO I

### GENERALIDADES E INFORMACION PRELIMINAR

#### 1. Descripción de la zona

##### 1.1 Ubicación geográfica

La zona de estudio se encuentra ubicada en Portovelo, cantón de la provincia de El Oro, es el primer centro minero y patrimonio cultural del Ecuador.

Ubicado en las estribaciones de la Cordillera Occidental de los Andes, al pie de la cordillera de Vizcaya y bañada por el río Amarillo, está situada al sur este de la provincia de El Oro, a 105 km. de su capital Machala, abarca un área de 35 km. cuadrados. La altitud del cantón varía entre los 600 y los 3000 msnm; ocupa las siguientes coordenadas: latitud Norte 9594200 – 9578900; longitud Este 680900 – 650500 (López R. , 2018).



Figura I.1 Ubicación geográfica de la zona de estudio

La mina “Pique Curipamba” se encuentra ubicada al sureste del país, en el sector Pampa de Oro en la concesión “San Juan”.

El área se encuentra delimitada por el polígono conformado por las coordenadas UTM PSAD 56 que se especifican en la tabla 1.1

Tabla I.1 Coordenadas del área minera

Puntos	Coordenadas Polígono		Superficie (ha)
	X	Y	
PP	654200	9589535	8
1	654399	9589535	
2	654200	9589136	
3	654399	9589136	

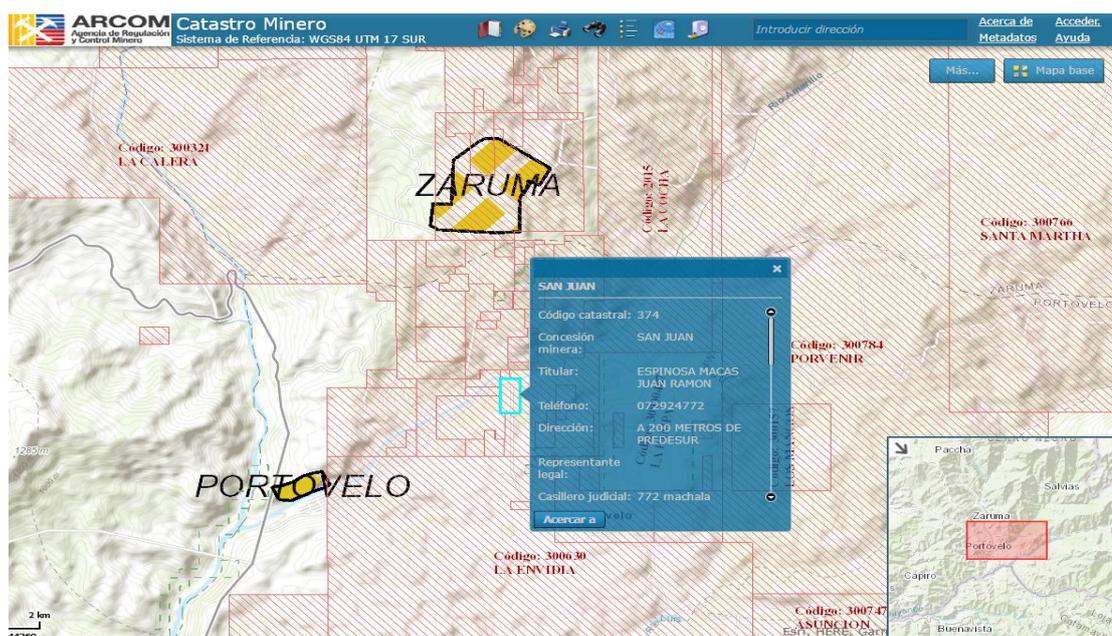


Figura I.2 Datos generales de la concesión

Fuente: (ARCOM, 2019)

## 1.2 Acceso y vías de comunicación

El acceso a este distrito minero se lo puede hacer por las rutas: desde la costa por una vía de primer orden por Machala-Piñas-Portovelo. Por la sierra desde una vía primer orden Cuenca-Girón-Pasaje.

Para llegar a la mina desde el centro de Portovelo o parque de Portovelo se toma la Avenida del Ejército unos 700 m hasta llegar al Cuerpo de Bomberos, se ingresa a la derecha por la vía que va a la parroquia Salatí cerca de 1km.

La vía de acceso es totalmente de asfalto y el campamento de la mina se ubica fácilmente al momento de llegar.



Figura I.3 Vías de acceso a la concesión " San Juan"

**Fuente:** (Google Earth, 2019)

## 1.3 Clima y vegetación

### 1.3.1 Clima

En el Cantón Portovelo existen dos estaciones definidas: el verano que cubre los meses de junio a noviembre y el invierno que se da entre los meses de diciembre y mayo. Posee una temperatura cálida húmeda, en las zonas altas la temperatura es de 5° a 15°; en las zonas bajas fluctúa entre los 21° a 28° y la humedad fluctúa entre el 40 al 50%. La precipitación mínima mensual encontrada fue de 118 y la máxima 125 mm. Con una acumulada anual de 1.325 mm (López R. , 2018). En el cantón Portovelo se encuentran 3 tipos de pisos climáticos: Tropical seco, pro montano y andino.

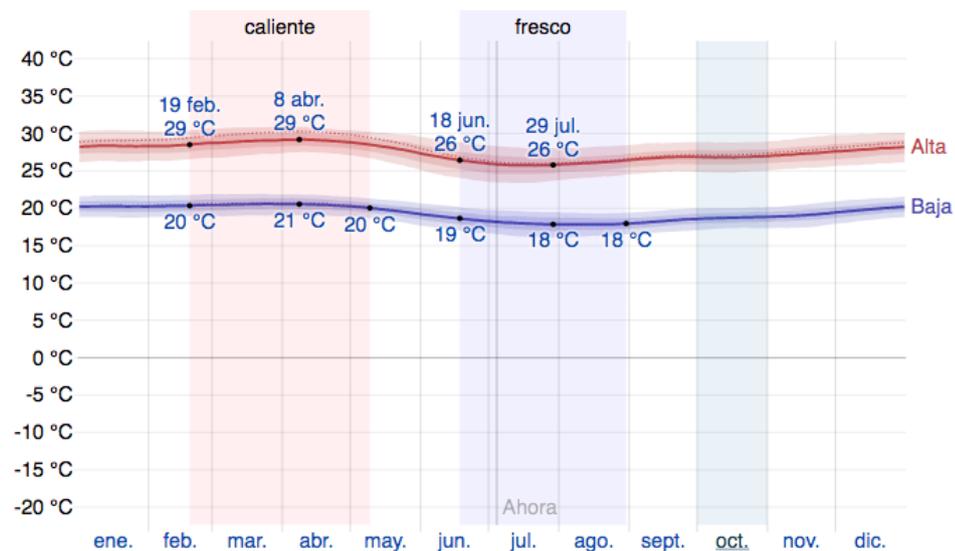


Figura I.4 Temperatura máxima y mínima durante todo el año

Fuente: (The Weather Channel, 2019)

### 1.3.1.1 Tropical seco

Los sectores que se encuentra en este tipo climático son: La ciudad de Portovelo, los valles del Río Calera, Playas del Río Pindo, Río San Luis, Río Salatí, Río Ambocas, Hacienda El Tablón. La producción principal en este piso climático es fundamentalmente el mango y maní. (600 msnm – 1.000 msnm) (López P. , 2014)

### 1.3.1.2 Pre montano

En este piso se encuentra las siguientes cabeceras parroquiales de: Salatí, Curtincápac, Morales y sus barrios (1.000 – 1.500 msnm) zona en donde se produce especialmente la caña de azúcar y el café (López P. , 2014).

### 1.3.1.3 Andino

En este piso climático existen únicamente las haciendas de producción ganadera. (1.500 a 2.500 msnm). Además, en esta zona se encuentran los sitios arqueológicos muy importantes como: Nudillo, Plan Grande, Pueblo Viejo, Corral de Piedra, Payana (López P. , 2014).

### 1.3.2 Vegetación

La vegetación se encuentra relacionada con la geología y topografía, siendo escasa en las áreas de afloramiento de las rocas metamórficas del grupo Tahuin al sur de la zona. Las rocas volcánicas del grupo Celica soportan suelos fértiles que llevan una vegetación más rica. La vegetación en la parte baja (vega del río) es caracterizada por arbustos y gramíneas que disfrutan de la humedad y fertilidad de la plana aluvial, la vegetación de las laderas está compuesta de pastizales. Los bosques nativos remanentes y los del monte alto son caracterizados por una gran diversidad de especies y sirven como bosques protectores del área (Carrión, 2010).



Figura I.5 Parte de la vegetación del cantón Portovelo

### 1.4 Relieve

El relieve en el sector de Portovelo es accidentado que varía entre los 600 y 1.600 msnm. Hacia el norte de Zaruma asciende bruscamente hasta alcanzar la cordillera de Chilla con 3.500 msnm (Carrión, 2010).

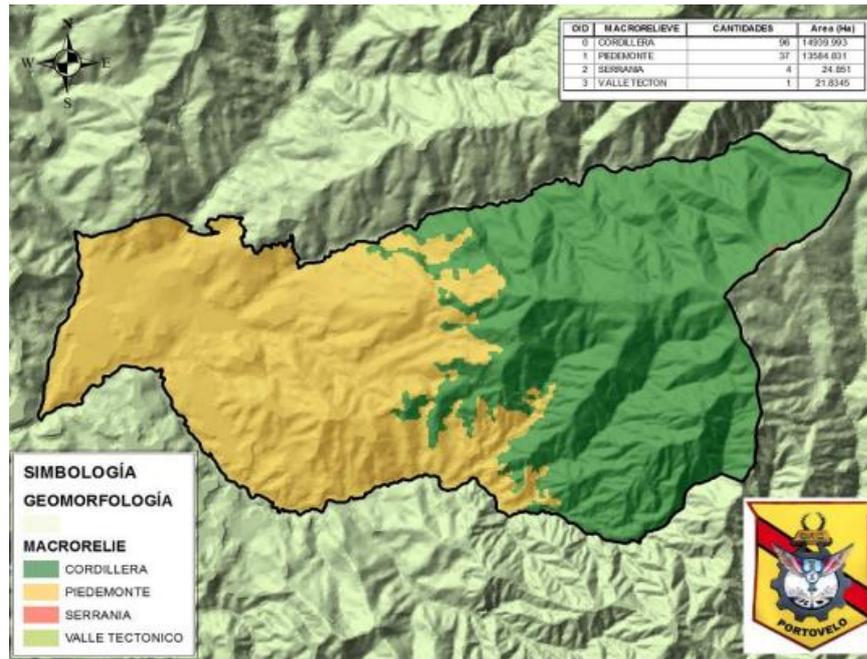


Figura I.6 Parte de la vegetación del cantón Portovelo

Fuente: (GAD Municipal de Portovelo,2018)

## 1.5 Hidrografía

La cuenca del río Puyango con sus ríos tributarios La Calera, Amarillo y Pindo, ocupa una gran extensión cuyas fuentes se encuentra en los cerros, a 30 km al noreste de los poblados de Portovelo-Zaruma. Los tramos inferiores de la cuenca, primero denominado río Pindo y luego más abajo río Puyango, se ensancha hacia el suroeste, llega al Perú a 55 km de ambos pueblos mineros, y alcanza finalmente el mar hacia el Oeste (Carrión, 2010).

## 1.6 Hidrogeología

En el sistema hidrogeológico del sector, la zona saturada está condicionada a las grietas que sirven de conductos en el seno del macizo rocoso y es un acuífero de tipo fisurado-libre-interior. Los niveles freáticos están, en términos generales a los 5 m de la superficie. Los socavones situados a cotas menores se convierten en prácticamente galerías de desfogue por lo que los niveles freáticos se vuelven también más bajos ya que el agua descende por estas galerías (Salazar, 2019).

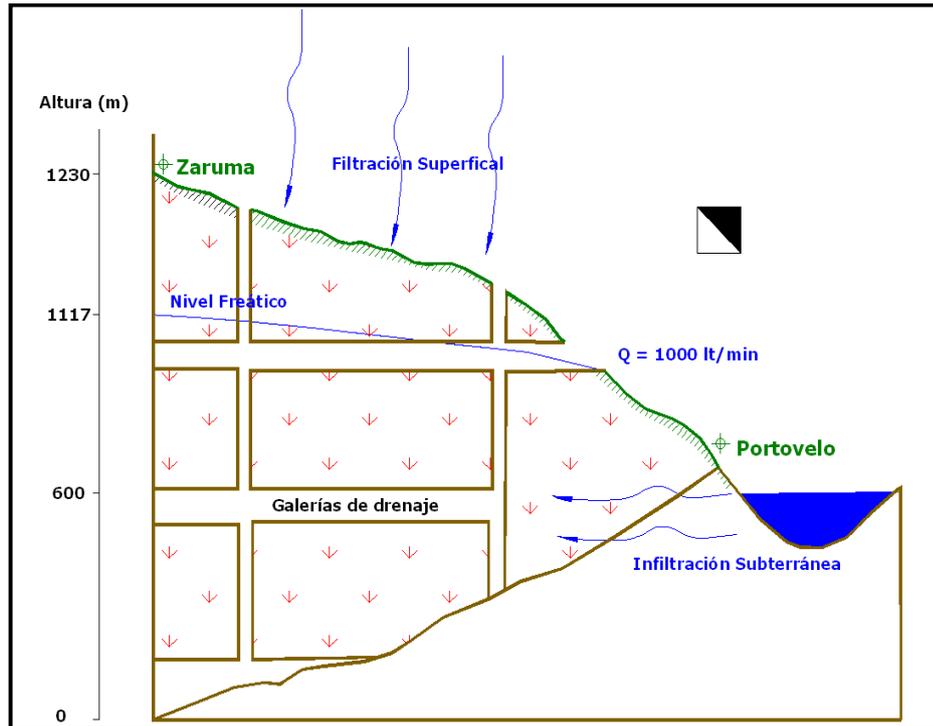


Figura I.7 Mapa Hidrogeológico del Distrito Minero Portovelo.

Fuente: (DGGM,2018).

## 1.7 Geología

### 1.7.1 Geología regional

Desde el punto de vista geológico-estructural el distrito minero de Portovelo se encuentra formado por una secuencia volcánico-alcalino dominado por andesitas (Unidad Portovelo), que forma una parte del Grupo Saraguro dominado por tobas dacíticas a riolíticas de edad Terciario Medio (Oligoceno) e intruido por stocks subvolcanicos de riolitas y cuerpos de granodiorita de edad Oligoceno Tardío y Mioceno Temprano. El principal rasgo estructural de la región es la Falla Piñas Portovelo, lo cual separa el Grupo Saraguro del Complejo Metamórfico El Oro (Carrión, 2010).

#### 1.7.1.1 Rocas metamórficas.

Interpretadas como la continuación al Norte del Complejo Metamórfico El Oro, probablemente subyacen la mayor parte del área. Estas rocas, aunque extensamente

ocultas por rocas volcánicas más jóvenes al NE del sistema de Fallas Jubones, ocurren en ventanas erosionales, tales como San Pablo de Cebadas, Manu y en el río San Luis. Predominan rocas meta-sedimentarias incluyendo algunas de bajo grado (sub esquisto verde), tales pizarras y conglomerados con clivaje. Sin embargo, gneises, algunos graníticos conteniendo granate, ocurren en Manu y San Pablo de Cebadas, a lo largo de rocas de bajo grado. Cerca de El Cisne hay una profunda declinación del grado metamórfico hacia el Este, donde estratos con andalucita y biotita pasan a turbiditas no metamorfizadas (Carrión, 2010).

#### **1.7.1.2 Grupo Saraguro**

Cubre gran parte del sur de la Cordillera Occidental. El Grupo Saraguro (Baldock, 1982) es redefinido por Dunkley & Gaibor, 1997 como una secuencia de rocas volcánicas subaéreas, calcoalcalinas, intermedias a ácidas, de edad Eoceno medio tardío a Mioceno temprano, el grupo descansa inconformemente sobre, o está fallado contra, la Unidad Pallatanga y rocas metamórficas. Predominan composiciones andesíticas a dacíticas, pero son comunes rocas riolíticas (Carrión, 2010).

#### **1.7.1.3 Unidad Portovelo**

Aflora al norte de la Falla Piñas-Portovelo entre Zaruma y Huertas, en Salvias y en el Río San Luis donde sobreyace inconformemente al basamento metamórfico. Comprende lavas basalto-andesíticas y andesíticas, ricas en cristales (plagioclasa, anfíbol y augita), tobas andesíticas muy meteorizadas y tobas dacíticas. Datos geoquímicos limitados indican una composición andesítica de afinidad calco-alcalina. Estas rocas fueron antes consideradas como parte de la Unidad Celica y/o Formación Piñón, sin embargo, aquí se encuentran relacionadas con el volcanismo oligocénico del Grupo Saraguro (Carrión, 2010).

#### **1.7.1.4 Rocas intrusivas**

Gabros y microgabros con textura común, ocurren como parte de la Unidad Pallatanga. Cuarzo dioritas y granodioritas /tonalitas están ampliamente esparcidas intruyendo las

rocas metamórficas, las formaciones cretáceas, la Unidad Sacapalca y la parte baja del Grupo Saraguro. La intrusión mayor de Paccha que cubre un área de al menos 150 km<sup>2</sup>, y esta localmente foliada, ha sido datada en 16,89 +/- 0,16 Ma (K/Ar). Stocks subvolcanicos de riolita y andesita porfirítica son comunes dentro del Grupo Saraguro y las formaciones más jóvenes (Carión, 2010).

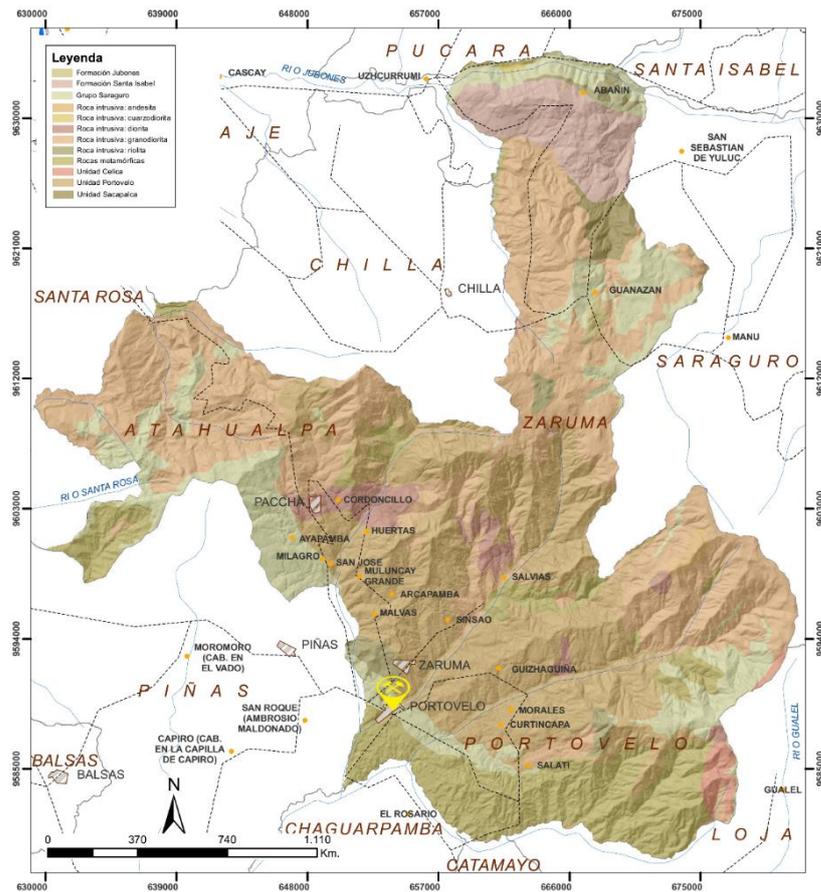


Figura I.8 Geología Regional de la zona de estudio

### 1.7.2 Geología local

Portovelo se encuentra entre 3 formaciones Valle interandino (Chauca), El Oro (amotape) y la cordillera de los antes o cordillera real (López P. , 2014).

La Cordillera Real está formada por un cinturón de rocas metamórficas orientadas en dirección N NE–S SW que corresponden a terrenos de naturaleza alóctona y autóctona desarrollados en diferentes ambientes y separados por grandes sistemas de fallas

regionales. El valle interandino (Chauca), está formado por Granodiorita, diorita, pórfido de edad cenozoica con rocas intrusivas tipo 1 (López P. , 2014).

El Bloque Amotapes-Tahuín (BAT), constituido por rocas graníticas, gneises, micaesquistos y sedimentos epimetamórficos, está conformado por los Grupos Las Piedras y Tahuín, atribuidos respectivamente al Precámbrico y al Paleozoico (López P. , 2014).

A estas formaciones se encuentran asociados rocas ultra-básicas y esquistos glaucofaníticos testigos de un metamorfismo de alta presión. Una edad K-Ar de 132 Ma se obtuvo sobre Estos esquistos azules (Feininger. 1982) pero su significación no es clara. El Bloque Amotapes-Tahuín está limitado, al norte por la dicha "falla de jubones" de dirección EW, al este por la Falla NNE-SSW de Girón que se prolonga hacia el sur por la falla submeridiana de Las Aradas (López P. , 2014).

Estas fallas se consideran como suturas, aunque faltan jalones de rocas ultrabásicas para confirmarlo. Al SE de los afloramientos metamórficos del Macizo de Tahuín, se ubica la cuenca volcánico-sedimentaria cretácica de Celica- Lancones. El estudio de esta cuenca y su relación con el Bloque Amotapes-Tahuín es sumamente importante para comprender las modalidades de la acreción del Bloque Amotapes- Tahuín que ocurrió sea a la época jurásico superior-Cretácico inferior, sea durante el Cretácico superior-Paleoceno (López P. , 2014).



subniveles presentan una geometría más pequeña que la galería principal, esto se debe a las condiciones de la veta y por los carros mineros que circulan en estos niveles.



Figura I.10 Bocamina

### 1.8.1 Mineralización

El Distrito Minero Portovelo abarca los yacimientos de Portovelo, Zaruma, minas nuevas y Ayapamba. Se trata de yacimientos auríferos de tipo argentífero polimetálico, vetiformes, de tipo epitermal constituidos de metales de base de cobre, plomo y zinc y preciosos de oro y plata (Paladines, 1996).

Los filones y vetas están relacionados con procesos de rellenos, con contactos bien definidos y estructuras formadas (Tutiven, 2017).

El yacimiento Portovelo está conformado por 4 estadios de mineralización: Pirita, calcopirita, esfalerita, galena, bornita, tetraedrita, tenantita, oro y plata que corresponden a los minerales primarios de mena, mientras que calcosina y covelina son producto del enriquecimiento secundario. Los minerales de ganga son el cuarzo y la calcita (Paladines, 1996).

El oro nativo no se relaciona, o lo hace muy poco con el cuarzo compacto, denso, masivo con poca oxidación y sulfuros, a diferencia del cuarzo poroso, heterogéneo y manchado de limonita donde se presenta las mayores concentraciones (Paladines, 1996).

### **1.9 Medioambiente: base y descripción medio ambiental**

Se considera como un impacto ambiental la alteración de la calidad del medio ambiente producida por una actividad humana. Los problemas de escala y de incertidumbre van a estar presentes a la hora de determinar los efectos y los impactos ambientales que se producen debidos a una actividad concreta, sobre todo en el caso de los secundarios o los que se manifiestan a medio o largo plazo (Cruz, Gallego, & González, 2008).

La minería subterránea produce efectos ambientales en tres ámbitos distintos: en el depósito y las rocas adyacentes, en los espacios abiertos bajo tierra y en la superficie del terreno. La planificación detallada de las operaciones y la selección acertada de los métodos y técnicas de extracción son un requisito indispensable para el aprovechamiento óptimo de los recursos y contribuyen a limitar los efectos ambientales (GTZ, 1996).

El efecto ambiental más importante de la minería subterránea es la extracción de recursos naturales no renovables. Durante la extracción de materias primas se pierden recursos y se deterioran otras secciones del yacimiento. La mejor forma de contrarrestar estas consecuencias consiste en planificar cuidadosamente las operaciones de extracción, relleno con estéril, etc (GTZ, 1996).

El hombre, las máquinas, las rocas y el clima actúan conjuntamente en el medio subterráneo. Dado que el hombre suele ser el más afectado por esta interacción, debe darse prioridad a las cuestiones relacionadas con la seguridad y la salud de los mineros (GTZ, 1996).

### 1.9.1 Impactos y niveles de contaminación del entorno natural

Para poder identificar los impactos ambientales producidos por cada operación subterránea se debe realizar un análisis entre dichas actividades y los factores ambientales afectados dentro del área de influencia.

A continuación, se ha elaborado una matriz de los potenciales impactos generados por la actividad en la cual describimos cuales son los factores más afectados, los cuales al ser identificados posteriormente servirán para realizar un plan de mitigación.

Tabla I.2 Impactos generados en el proceso de producción

	<b>Impactos</b>
<b>Agua</b>	Modificación del pH.
	Sustancias inorgánicas solubles (metales pesados, sales, azufre).
	Sustancias inorgánicas insolubles (lodos).
	Sustancias orgánicas (Aceites, lubricantes y emulsionantes).
	Escorrentía subterránea.
<b>Aire</b>	Emisión de polvo.
	Emisión de gases.
	Emisión de ruido.
<b>Suelo</b>	Desestabilización de laderas.
	Subsistencia por las labores.
	Perdida de propiedades del suelo.
	Desertización.
<b>Paisaje</b>	Impacto Visual
	Impactos morfológicos

### 1.10 Reservas

La parte alta de la provincia de El Oro es considerada como una zona eminentemente minera, en su territorio cuenta con recursos mineros metálicos (yacimientos de oro, plata, cobre, zinc, etc.) y no metálicos (mármol, sílice, carbón de piedra, arcilla, agregados de construcción, etc.) (Azanza, 2018).

La tecnificación permite aprovechar de mejor manera el material extraído durante su proceso de refinación y el promedio de producción por extracción varía desde 1 o 2 décimos de gramo hasta 5 o más gramos (Azanza, 2018).

Los recursos minerales disponibles que se encuentran en la parte alta y en este caso el cantón Portovelo, dentro de los cuales destaca por su volumen el oro, seguido por la plata, el cobre, etc. Las proporciones de mineral que se vienen explotando con respecto al volumen de yacimiento explotable están en el rango de 13% a 33%, lo que significa que existen enormes reservas aun por explotar (López P. , 2014).

### **1.11 Método de explotación**

De acuerdo con las características que presentan las zonas auríferas del cantón Portovelo, el método de explotación utilizado por la empresa en las áreas de trabajo es subniveles.

La última etapa dentro de un proyecto minero es la explotación, donde se inicia de manera sostenida la alimentación a planta con importantes cantidades de material (Ortíz, 2010).

El método de explotación seleccionado depende principalmente de la forma, tamaño y localización del cuerpo mineralizado. Además, juegan un importante rol, factores económicos, tecnológicos y de seguridad. Dependiendo de la ubicación respecto a la superficie y su forma, se definen principalmente los métodos de explotación (Ortíz, 2010).

Los métodos de explotación subterránea que pueden darse dentro del cantón comúnmente pueden ser de tres tipos dependiendo del tratamiento que se hace de la cavidad que deja la explotación. Se pueden considerar métodos donde, tras la extracción del mineral, la cavidad queda soportada por las paredes del caserón por los pilares, sin un soporte adicional. Otra opción es el uso de algún material para rellenar la cavidad de manera de permitir la continuidad de la operación. Una última alternativa

consiste en sacar mineral al mismo tiempo que el material de menor ley o estéril rellena la cavidad que se ve generada (Ortíz, 2010).

### 1.11.1 Factores geomecánicos

El mineral a explotar en el yacimiento es el oro, para lo cual es importante analizar las características físico-mecánicas del cuerpo mineralizado, además de su esteril.

**Densidad o peso específico :** La densidad expresa la relación entre la masa de una sustancia y el volumen que ocupa. Suele medirse en g/cc, pero lo normal es expresar la densidad relativa a la del agua a 4°C (aproximadamente 1 gr/cc) y el valor será adimensional (sin unidades) (MinMinas, 2003).

Tabla I.3 Densidad

Zona	Tipo de Roca	Densidad (t/m <sup>3</sup> )
Mena	Lavas andesíticas silificadas	2.79
Caja	Lavas andesíticas	2.56

**Resistencia a la compresión simple :** La prueba consiste en determinar la resistencia máxima a la compresión de una muestra de roca, la cual es sometida a una carga o fuerza axial que es aplicada a cierta presión produciendo la rotura de la misma cuyos datos obtenidos son conocidos como la resistencia a la compresión simple (Osinermin, 2017).

Tabla I.4 Resistencia a la compresión simple

Zona	Tipo de Roca	Resistencia a la compresión simple (MPa)
Mena	Lavas andesíticas silificadas	90.1
Caja	Lavas andesíticas	63.9

**Buzamiento:** Ángulo de inclinación que forma un filón, estructura o capa rocosa con un plano horizontal, medido perpendicularmente a la dirección o rumbo del filón (MinMinas, 2003). El buzamiento con el que cuenta la veta “Curipamba” es de 80°.

### 1.12 Maquinarias y equipos

El material de la veta y la caja en los tajos o frentes de explotación se recolectará mediante lampeo a mano en los carros mineros, los mismo que son empujados por los obreros hasta las zonas designadas y a su vez ser transportadas por winche a la superficie. El mineral será almacenado diariamente en una tolva, hasta su transporte a las plantas de beneficio. Para el transporte del mineral se cuenta con volquetes de 15m<sup>3</sup> cada una.

Con la finalidad de dar el ancho óptimo de trabajo para la ergonomía del perforista, se procede a acomodar un porcentaje del material estéril volado sobre el piso de trabajo dejando una altura aproximada de 1.80 m del piso al techo de la labor, hasta formar un piso que permita realizar la perforación del siguiente corte (Villacrés, 2016).

Al final de cada mes se almacenará 300 Toneladas en las tolvas lo que es igual a 112 m<sup>3</sup> de mineral que tendrá que ser transportado a la planta de beneficio localizada en el cantón Portovelo sector el Pache.

- **Perforadora YT 27(AtlasCopco):** fuente de poder o hidráulico, utilizado para perforar agujeros o barrenos destinados a la detonación o a la instalación de pernos de anclaje para la roca. La perforadora manual, por su peso ligero, puede utilizarse en multitud de aplicaciones, para pequeñas voladuras en la preparación de bancos, para pequeños canales, para caminos con aquellos cortes que sean de poca altura. La barrenación usualmente es de 25 a 42 mm, y la profundidad de la perforación no es mayor de 6 m (MinMinas, 2003).



Figura I.11 Perforadora YT 27(AtlasCopco)

Fuente: (AtlasCopco, 2017)

#### Especificaciones

Peso Kg	27 kg
Largo Total	668mm
Diámetro de cilindro	80mm
Carrera de Piston	60mm
energía Impacto	75.5J
frecuencia de Impacto	36.7Hz
Consumo de aire	83.3L/S
Diámetro int. tubo aire	25mm
Diámetro int. tubo de agua	13mm
Presión de aire	0.63MPa
Presión de agua	0.3MPa
Diámetro de orificio	34-45mm
Profundidad de perforación en roca	5 Mts
Medida de interior hexágono	22mm 108mm
Lubricador de aceite mod.	FY250B oil lubricator:
Peso	1.2kg
Capacidad de aceitero	250 ml
Modelo de pie avance	FT160A
Peso de embolo	17kg 16 kg
Largo máximo	3006mm
Largo mínimo	1668mm

- **Carro minero sobre llantas de 1 t:** son equipos utilizados para el transporte de materiales (mineral), realizado en trayectos muy cortos y con una pendiente muy suave (MinMinas, 2003)



Figura I.12 Carro minero sobre llantas

**Winche:** es una maquinaria utilizada para levantar, bajar, empujar o tirar la carga, es utilizado también para bajar e izar personal del interior de la mina; siempre que cumpla con exigencias mínimas de seguridad.

En otras palabras, el sistema de izaje a través de los Piques de una mina, tiene semejanza a los ascensores de los edificios; en las minas importantes del Perú, se utiliza el winche como maquinaria principal de transporte vertical (Medina, 2017),



Figura I.13 Winche utilizado interior mina.

- **Compresor:** Máquina para producir aire comprimido, con una presión mayor a la atmosférica, mediante la elevación de la presión del aire al valor de trabajo deseado. El aire comprimido pasa de la estación compresora y llega a las instalaciones a través de tuberías. (MinMinas, 2003).



Figura I.14 Compresor utilizado en la mina.

### 1.13 Ciclo de minado

El ciclo de minado de las operaciones de explotaciones considera las operaciones unitarias: perforación, voladura, fortificación, limpieza, carguío y transporte (Quispe, 2013).

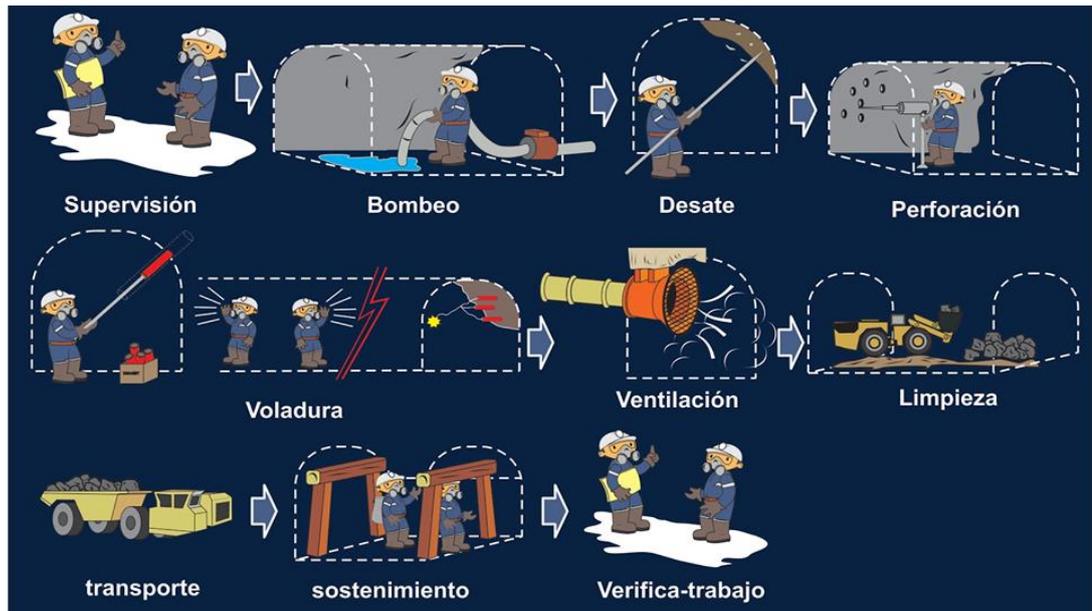


Figura I.15 Ciclo de minado

Fuente: (SEGEMAR, 2015)

## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Minería subterránea

La minería tiene por objetivo extraer recursos minerales de la tierra. La minería subterránea, por su parte, abarca todas las actividades encaminadas a extraer materias primas depositadas debajo de la tierra y transportarlas hasta la superficie. El acceso a los recursos se efectúa por galerías y pozos que están comunicados con la superficie (GTZ, 1996).

La minería subterránea abarca todas las labores destinadas a explotar materias primas por medios técnicos. Además de la extracción y el transporte, comprende las actividades de prospección y exploración, la dotación de infraestructura (conexión a la red vial, construcción de depósitos e instalaciones exteriores tales como oficinas administrativas, talleres, etc.), así como las medidas destinadas a garantizar la seguridad de los mineros. Las actividades mineras incluyen (GTZ, 1996):

- Perforación
- Voladura
- Carguío y Transporte
- Ventilación
- Evacuación de Agua
- Entibación
- Seguridad

Las excavaciones de cateo de escasa profundidad son comunes en muchos países y constituyen una técnica intermedia entre la minería subterránea y la minería a cielo abierto (GTZ, 1996).

En casos especiales, la materia prima puede ser extraída y preparada para el transporte en su entorno natural, sin necesidad de realizar trabajos preliminares (por ejemplo, explotación de salinas, lixiviación in situ y gasificación de carbón in situ (GTZ, 1996).

La minería subterránea crea espacios bajo tierra en los cuales trabajan seres humanos. Las condiciones de trabajo -incluidas la humedad ambiental, la temperatura del aire, la presencia de radiaciones nocivas o de gases explosivos, la presencia de agua, la formación de polvo y la emisión de ruido dependen tanto del mineral como de la roca encajante, de la profundidad de la mina y del uso de maquinaria (GTZ, 1996).

La ubicación de las explotaciones subterráneas depende siempre de la presencia de yacimientos de materias primas. La explotación subterránea se realiza en todas las zonas climáticas, tanto en lugares remotos como bajo grandes ciudades, en el fondo oceánico y en regiones montañosas. El volumen de extracción diario puede ser inferior a 1 tonelada o superar las 15.000 toneladas. La profundidad de extracción va desde unos cuantos metros hasta más de 4 kilómetros (GTZ, 1996).

## **2.2 Método de explotación**

El método de explotación utilizado en la mina “Pique Curipamba”, es Sublevel Stopping (Subniveles), el mismo que se acopla a la morfología del yacimiento, acorde a las características geomecánicas que presenta.

### **2.2.1 Método Sublevel Stopping- Subniveles**

Este método se aplica preferentemente en yacimientos de forma tabular verticales o subverticales de gran espesor. Es deseable que los bordes o contactos del cuerpo mineralizados sean regulares (Ortíz, 2010).

También es posible aplicarlo en yacimientos masivos o mantos de gran potencia, subdividiendo el macizo mineralizado en caserones separados por pilares, que posteriormente se pueden recuperar. Tanto la roca mineralizada como la roca circundante deben presentar buenas condiciones de estabilidad; vale decir, deben ser suficientemente competentes o autosoportante (Ortíz, 2010).

### 2.2.1.1 Principios

El sublevel stoping es un método en el cual se excava el mineral por tajadas verticales dejando el caserón vacío, por lo general de grandes dimensiones, particularmente en el sentido vertical (Ortíz, 2010).

El mineral arrancado se recolecta en embudos o zanjas emplazadas en la base del caserón, desde donde se extrae según diferentes modalidades.

La expresión “Sublevel” hace referencia a las galerías o subniveles a partir de los cuales se realiza la operación de arranque del mineral. En su modalidad más antigua el mineral arrancado se cargaba directamente a carros a través de buzones dispuestos en la base del caserón (Ortíz, 2010).

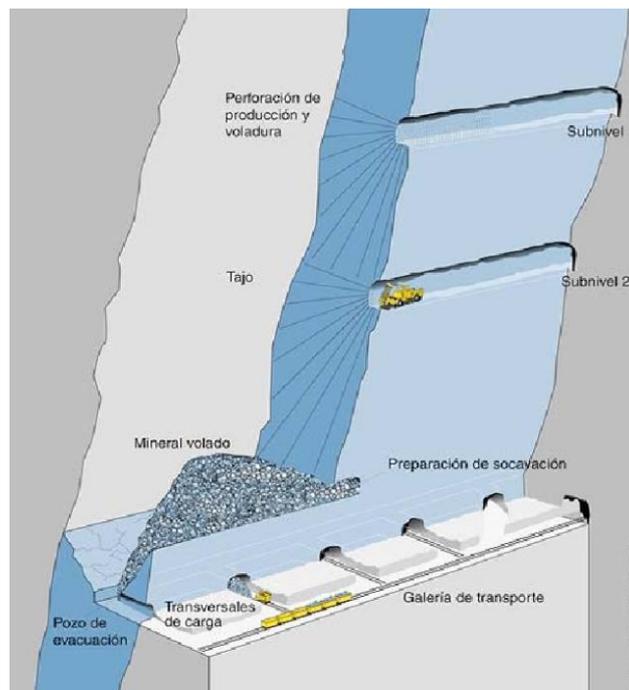


Figura II.1 Descripción del proceso de explotación por medio de este método.

Fuente: (Sánchez,2014)

### Características

- Alta producción.
- Aplicable a cuerpos largos, muy inclinados (idealmente verticales), regulares y con roca mineral y de caja competente.

- Productividad: 15-40 ton / hombre turno.
- Cada caserón puede producir más de 25.000 ton / mes.
- Intensivo en desarrollos, pero todos son hechos en mineral.
- Método no es selectivo \_ cuerpos tienen que ser regulares.
- Uno de los métodos subterráneos de más bajo costo (Ortíz, 2010)

### **Tipo de cuerpo mineralizado**

- Regular.
- Grande.
- Resistente y competente.
- Muros deben auto soportarse.
- Desde 6 m de ancho.
- Cuerpos parejos y bien definidos.
- Dilución.
- Sin inclusiones de estéril.
- Sin fracturas.
- Se truenan muchas veces inestabilidad.
- Caserones permanecen abiertos por largo tiempo (Ortíz, 2010)

### **Desarrollo**

- Acceso por pique en footwall.
- Galerías de transporte cada 45 – 120 m.
- Subniveles cada 10 – 55 m.
- Slot para cara libre.
- Pilares se dejan para separar caserones y pueden recuperarse.
- Aspectos económicos.
- Alta productividad.
- Bajo costo.
- Mecanización (Ortíz, 2010).

## **Ventajas**

- Muy favorable para mecanización.
- Altamente eficiente.
- Hasta 110 ton / hombre turno.
- Tasa de producción moderada a alta (25.000 ton / mes).
- Método seguro y fácil de ventilar.
- Recuperación sobre 90%.
- Dilución baja: < 20%.
- Perforación puede adelantarse.
- En operaciones grandes, tronaduras semanales son frecuentes turnos. entrenados y eficientes.
- Mineral está disponible de inmediato al iniciarse la tronadura de producción (Ortíz, 2010).

### **2.2.1.2 Descripción del sistema de explotación**

De acuerdo con la información técnica recolectada y la revisión in situ de las labores subterráneas. Para la explotación del yacimiento se necesita la construcción y adecuamiento de infraestructura interior mina, entre los principales: construcción de galerías, cruceros, piques, chimeneas de trasiego, chimeneas camino, buzones, bóvedas para winches de arrastre (Cardenas & Gavilanes, 2018).

## **Exploración**

**Cruceros:** Se construyen desde la superficie hacia el cuerpo o cuerpos mineralizados llevando una dirección preferentemente de manera que esta sea perpendicular al rumbo de todas las estructuras mineralizadas (Cardenas & Gavilanes, 2018).

## **Desarrollo**

**Galerías:** Se construyen siguiendo el cuerpo mineralizado, de tal manera que la veta queda como frente de explotación, y estas son utilizadas para el transporte del mineral (Cardenas & Gavilanes, 2018).

## **Preparación**

**Chimenea trasiego:** Es la excavación ascendente (es decir de abajo hacia arriba) en forma vertical o inclinada entre dos galerías. En la boca de la chimenea se construyen los buzones (Cardenas & Gavilanes, 2018).

**Chimenea camino:** Se construyen paralelamente a las chimeneas de trasiego dejando un pilar de seguridad y con sus mismas dimensiones. La diferencia con la chimenea trasiego es la ausencia de buzón (Cardenas & Gavilanes, 2018).

**Subnivel:** Se construye tomando en cuenta el buzamiento de la veta, en la mina existen 9 subniveles ubicados cada 30 m en distancia vertical uno del otro (Cardenas & Gavilanes, 2018).

## **Operación mina**

**Pique:** Es la excavación descendente (de arriba hacia abajo) en forma vertical o inclinada entre varias galerías, como parte de esta estructura se construyen descansos y las escaleras ubicadas en cada uno de ellos tendrán la misma inclinación e instalados una debajo de la otra sucesivamente (Cardenas & Gavilanes, 2018).

## **Explotación**

**Frente de Explotación:** Se construyen siguiendo la dirección de la veta en este caso serían los subniveles (Cardenas & Gavilanes, 2018).

## 2.3 Perforación y voladura

### 2.3.1 Perforación

La perforación es la operación que se realiza con la finalidad de abrir huecos en el macizo rocoso, con una distribución y geometría adecuada, en donde se alojarán cargas explosivas. En pequeña minería, el sistema usual de perforación es el de rotopercusión, que emplea energía neumática y cuyos componentes principales son la perforadora manual, que es la fuente de la energía mecánica; las barras, que son el medio de transmisión de esa energía a partir de la acción de un pistón; el bit, que recibe la energía y es el elemento cortante de la roca, y el fluido de barrido que efectúa la limpieza y evacuación del “detritus” producido (Sonami, 2014).

En minería subterránea, la perforación se utiliza en los avances de los frentes de explotación, así como en la construcción de chimeneas y piques. Esta operación se realiza en húmedo para mantener la calidad del aire, minimizando el riesgo de enfermedades profesionales. La adición de agua permite además el barrido del mineral molido, la refrigeración de las barras y el sellado de las paredes del tiro en terrenos fracturados, evitando el atascamiento de las barras (Sonami, 2014).



Figura II.2 Forma correcta de perforar

### 2.3.2 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 (Sonami, 2014).



Figura II.3 Colocación de explosivos en la malla de perforación.

### 2.4 Carguío y transporte

El carguío y el transporte constituyen parte de las operaciones unitarias que dan fin en la operación minera, estas son los responsables del movimiento del material ya sea el mineral o estéril que ha sido fragmentado en un proceso de tronadura. En las mineras es crucial contar con un diseño eficiente donde la operación de carguío trabaje en forma integrada con los camiones para lograr una mejor eficiencia de las operaciones y lograr una ganancia económica. Para una óptima planificación y operación de minas se consideran todos los factores que afectan los costos y productividad de estos sistemas. Los camiones y el carguío no pueden trabajar solos como una herramienta efectiva de movimiento de tierra, excepto en raras circunstancias. La decisión de usar camiones como la herramienta de transporte es el criterio que determina el esquema

global y la economía de la mina. El presente documento describirá los principales equipos utilizados de carguío y transporte para la explotación en subterráneo (Barrenechea, 2017).

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 actividades involucradas.

La gestión en manejo de minerales, o 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 periodo de tiempo definido y al mínimo costo (Barrenechea, 2017) .



Figura II.4 Transporte del material hacia el exterior de la mina

## **2.5 Ventilación**

La ventilación puede definirse como la técnica de sustituir el aire ambiental interior de un recinto, el cual se considera indeseable por falta de temperatura adecuada, pureza o humedad, por otro que aporte una mejora. Esto se logra mediante un sistema de ingestión de aire y otro de extracción, provocando a su paso un barrido o flujo de aire constante, el cual se llevará a su paso todas las partículas contaminadas o no deseadas (VentDepot, 2001).

### **2.5.1 Ventilación primaria**

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 (Romero, 2015).

Toda mina subterránea deberá disponer de circuitos de ventilación, natural o forzado, para mantener un suministro permanente de aire fresco y retorno del aire viciado (Seguridad Minera, 2018).

El caudal de aire que circule por la mina dependerá del número de trabajadores, la extensión y sección de las labores, el tipo de maquinarias de combustión interna y las emanaciones de gases naturales de la mina (Seguridad Minera, 2018).

### **2.5.2 Ventilación secundaria**

- Como ventilación auxiliar se define aquellos sistemas que haciendo uso de ductos y ventiladores auxiliares, ventilan áreas restringidas de las minas subterráneas (Seguridad Minera, 2018).
- En nuestro caso por tratarse de faenas mineras de bajo tonelaje este sistema se asocia como sistema de ventilación principal de la mina (Seguridad Minera, 2018).
- El objetivo de la ventilación es mantener las galerías en desarrollo y frentes de explotación, con un ambiente adecuado para el buen desempeño de hombres y

máquinas, es decir, con un nivel de contaminación ambiental bajo las concentraciones máximas permitidas (Seguridad Minera, 2018).

- Los frentes de explotación o desarrollo que se encuentren distante de la corriente y la aireación de dicho sitio se hagan lenta, deben emplearse ductos u otros medios auxiliares adecuados a fin de que se produzca la renovación continua del aire (Seguridad Minera, 2018).

## **2.6 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 (Pizarro, 2009).

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 (Pizarro, 2009).

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. 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 (Pizarro, 2009).

## 2.7 Fortificación

La fortificación es el conjunto de procedimientos que permiten mantener estable las labores cuando su condición no es auto soportante en una mina subterránea.

El rol fundamental de la fortificación es (González, 2013):

- Mantener las labores seguras y con una sección y dimensiones suficientes para la circulación del personal, equipos, aire, etc.
- Impedir el desmoronamiento de material fracturado.
- Disminuir el movimiento de las cajas, techo y piso (minería del carbón).
- Mantener la cohesión de los terrenos (González, 2013).

El reconocimiento y tratamiento oportuno del terreno peligroso mediante fortificación, es vital para evitar que se produzcan accidentes, pérdidas en la producción o daños en los equipos (González, 2013).

Se prohíbe trabajar o acceder a cualquier lugar de la mina que no esté debidamente fortificado (González, 2013).

Solamente podrán quedar sin fortificación los sectores en los cuales su comportamiento sea conocido en cuanto a su condición de auto soporte, previa recomendación de un especialista (González, 2013).

## 2.8 Seguridad industrial minera

Son todas aquellas acciones y actividades que hacen que el 144 trabajador labore en condiciones seguras tanto ambientales como personales, con el fin de conservar la salud y preservar los recursos humanos y personales (MinMinas, 2003).

Podemos dividir a los principales riesgos que conlleva la actividad industrial en dos grandes categorías:

**Riesgos endógenos:** Son riesgos vinculados a los accidentes internos propios de la actividad que aplica el trabajador, en lo manual, o en lo operativo (Raffino, 2019).

**Riesgos exógenos:** Riesgos que tienen que ver con el contexto en el que se desarrolla, el importante impacto ambiental que acarrea la industria y la devastación de recursos, por ejemplo, puede repercutir perjudicando a poblaciones de habitantes o regiones enteras (Raffino, 2019).

Cada organización es responsable de la seguridad y salud de sus empleados. En un mundo competitivo como el de hoy, la mayoría de empresas reconoce que para obtener lo mejor de sus empleados y aumentar su motivación para que contribuyan completamente al alcance de los objetivos de negocio, se debe mantener no solo la seguridad, salud y prestaciones sociales de los trabajadores, sino también mantener un enfoque global de su bienestar (Cámara de Industrias y Producción, 2011).

### **2.8.1 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 (Pinto, 2016).
- 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 (Pinto, 2016).
- 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 (Pinto, 2016).
- El uso, limpieza y mantenimiento de cada protector debe efectuarse de acuerdo a las instrucciones del fabricante (Pinto, 2016).

- Los equipos de protección personal son de uso individual (Pinto, 2016).
- No se debe alterar ningún elemento de protección personal, perforándolo, cortándolo, pintándolo o limpiándolo con solventes (Pinto, 2016).



Figura II.5 Equipo de Protección Personal adecuada

### 2.8.2 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).

### **2.8.3 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 (Garzón, 2016):

- 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 (Garzón, 2016).
  
- 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 (Garzón, 2016).

- 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 (Garzón, 2016).
- 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 (Garzón, 2016).

#### **2.8.4 Señalética**

La señalización es una información y, como tal, un exceso de esta puede generar confusión (Linaza, 2009).

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 (Linaza, 2009).
- 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) (Linaza, 2009).
- 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) (Linaza, 2009).

- 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 (Linaza, 2009).
- Cualquier otra situación que, como consecuencia de la evaluación de riesgos y de las medidas implantadas (o de la no existencia de estas), así lo requiera (Linaza, 2009).

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 (Linaza, 2009).

## **2.9 Productividad**

La productividad total de factores es aquella parte del crecimiento de la producción que no es explicada por el capital o el trabajo. Su medición para el sector minero conlleva desafíos específicos, relacionados con el envejecimiento de las minas y la disminución de las leyes, esto es, estructuralmente se requiere procesar mayor cantidad de mineral para producir la misma cantidad de material necesario para su rentabilidad (Betancour, 2018).

### 2.9.1 Condiciones termo ambientales

El aire de ventilación cumple un papel importante en el mantenimiento de las condiciones térmicas que garanticen una atmósfera adecuada para los trabajadores que laboren en interior mina. Las condiciones termo-ambientales en interior mina dependen de la temperatura, velocidad y humedad del aire, los mismos que son diferentes a los de superficie (Meza, 2016).

El aire que ingresa de superficie durante su recorrido sufre normalmente un calentamiento progresivo (lo que hace que las labores en minas profundas puedan ser muy calurosas), y este calor puede ser transmitido de 3 modos (Meza, 2016):

- **Por radiación:** el calor es transmitido en todas direcciones
- **Por conducción:** el calor es transmitido por los cuerpos.
- **Por convección:** el aire y los gases calientes existentes tienden a ascender llevando el calor a otros lugares (Meza, 2016).

Las condiciones termo-ambientales en el interior de la mina dependen de la temperatura, velocidad y humedad del aire, los mismos que son diferentes a los de la superficie (Meza, 2016).

Tabla II.1 Disminución de eficiencia de trabajo

<b>Disminución de eficiencia en el trabajo</b>	
<b>Temperatura</b>	<b>Eficiencia</b>
20 °C	97%
25 °C	90%
30 °C	80%
32 °C	60%
35 °C	42%
40 °C	25%

Fuente: (Sociedad Internacional de Minería - SIMIN, 2019)

## CAPITULO III

### CONTROL DE PROCESOS

#### 3. Descripción de la mina

Actualmente la mina se encuentra en producción, trabajando bajo el régimen de pequeña minería, el principal mineral de interés es el oro, desarrollando una explotación subterránea por medio de subniveles. Las labores realizadas se las desarrolla de Sur a Este siguiendo el rumbo de la veta y buzamiento 80°.

La mina cuenta con 16 frentes de explotación divididos en 9 subniveles, separados entre sí con una distancia vertical de 30 m. Durante una jornada de trabajo solo se explota mineral en 3 o 4 frentes debido a las condiciones termo ambientales que se presentan en los subniveles del 5 al 9, teniéndose temperatura cercana a los 40°C y la disposición de personal con el que se cuenta.

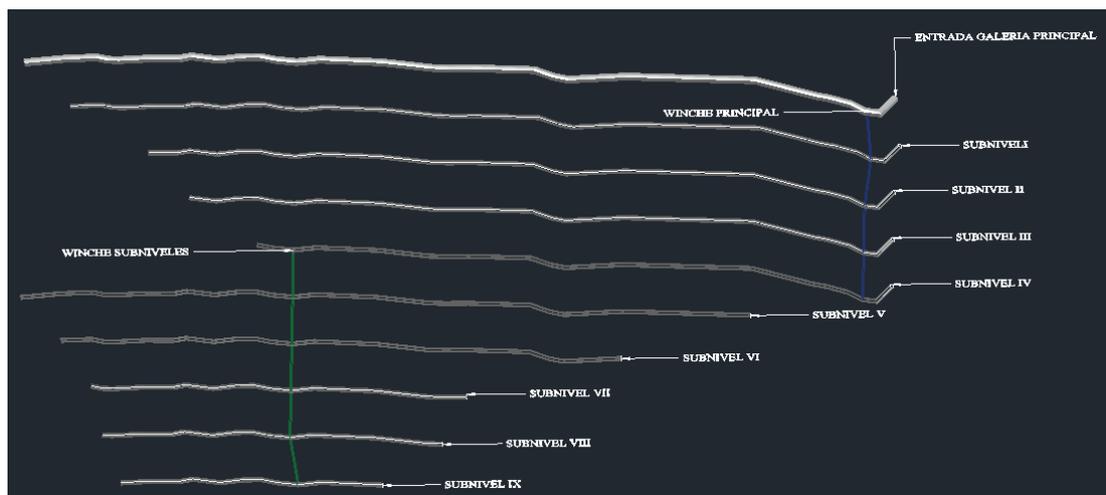


Figura III.1 Vista Isométrica de las labores subterráneas

El número de trabajadores para la producción es de 25 personas, teniéndose 2 perforistas, 2 ayudantes de perforistas, 2 operadores de winches, 1 capataz, 18 obreros a los cuales se les asigna tareas rotativas en carguío, transporte, mantenimiento y operaciones auxiliares.

La producción diaria estimada en la mina es de 35 – 50 ton/día, dependiendo de los frentes de trabajo explotados, siendo lo óptimo 4 voladuras diarias en cuatro frentes de trabajo, en los subniveles del 1 al 4.

El transporte de mineral se lo realiza mediante carros mineros y 2 winches, uno interior mina que comunica el subnivel 4 hasta el 9 y otro ubicado en superficie el cual recoge material de todos los subniveles restantes, el mismo que no trabaja a diario por la poca producción que se extrae.

A continuación, se describe cada uno de los procesos que se realizan en interior mina en la sociedad minera “Pique Curipamba” que son los siguientes: perforación, voladura, carguío, transporte e instalaciones subterráneas, a su vez se detallara las condiciones de seguridad presentes en la mina.

Tabla III.1 Ciclo de minado

<b>Actividades</b>	<b>Duración (horas)</b>	<b>Hora de Inicio</b>	<b>Hora de Finalización</b>
<b>Desatado</b>	1:00	7:00	8:00
<b>Limpieza</b>	3:00	7:00	10:00
<b>Relleno y labores extra</b>	3:00	10:00	13:00
<b>Perforación</b>	2:45	10:00	12:45
<b>Cargado y Disparo</b>	1:15	12:45	14:00
<b>Ventilación</b>	0:30	14:00	hasta próximo turno

Fuente: (Pique Curipamba, 2019)

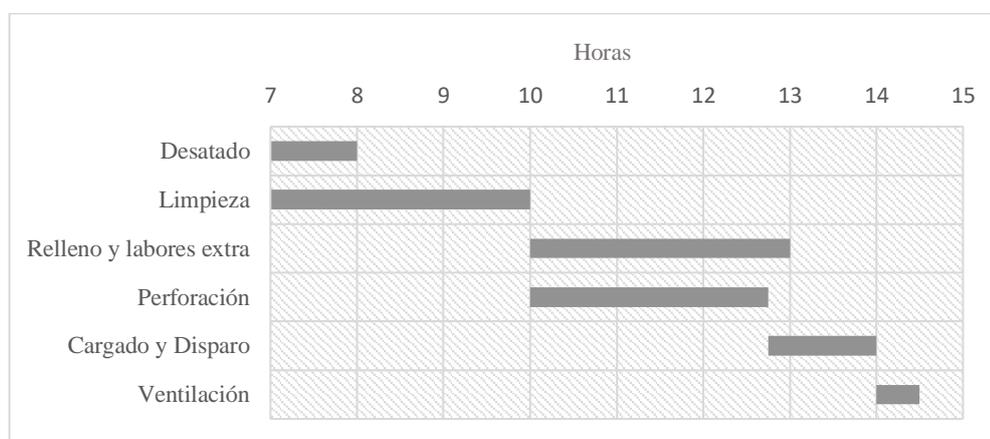


Figura III.2 Ciclo de minado

### 3.1 Proceso de perforación

#### 3.1.1 Descripción de la operación

Es la actividad principal en el proceso productivo y avance de los frentes de trabajo, donde se realizan vibraciones o perforaciones (agujeros) para colocar los explosivos con el fin de arrancar la roca y obtener el mineral (León, 2019).



Figura III.3 Trabajo de perforación

#### 3.1.2 Factores incidentes

- a) **Diseño de malla de perforación:** para la operación es necesario un perforista y su respectivo ayudante por cada máquina en los diferentes frentes de trabajo. Al trabajar sin un diseño de perforación y solo con la experiencia del perforista se utilizan barrenos de 1.20 metros, lo que implica que al utilizar barrenos de mayor longitud se vea comprometida la etapa de voladura. Según datos de la empresa al utilizar barrenos de 1.60 o 1.80 metros no se obtiene el avance deseado y la producción que implicaría la utilización de estos barrenos es similar a la que se obtiene empleando barrenos de 1.20 metros.

**b) Condiciones de trabajo:** actualmente la empresa cuenta con dos perforistas y dos ayudantes, realizándose dos voladuras por grupo de perforación cuando las condiciones de la mina son óptimas, es decir que presentan condiciones de humedad y temperatura favorables.

Al contar con 9 subniveles, los que se encuentran en la parte más profunda presentan temperaturas más elevadas, dichas condiciones implican un bajo rendimiento del personal por lo que solo se efectúa una malla de perforación previa a la voladura.

### 3.1.3 Insumos dentro del proceso

De la misma manera, se presentan los equipos, materiales e insumos que se requieren para ejecutar esta actividad.

Tabla III.2 Equipos y materiales utilizados para el proceso de perforación

<b>Materiales en perforación</b>
Compresor de aire Atlas Copco Xas 375
Máquinas de barrenar YZ-27 Atlas Copco
Barras de 1.80 m SANDVIK
Barras de 1.20 m SANDVIK
Broca 36mm SANDVIK
Politubo 1/2" agua
Manguera 3/4 aire
Aceite 100 para máquinas de mina
Alambre

Fuente: (Pique Curipamba, 2019)

En la siguiente tabla se detalla los tiempos empleados en perforación, para esto se basará en los catálogos de fabricación y en datos obtenidos en labores actuales de la mina.

Tabla III.3 Tiempos empleados dentro de la perforación

<b>Perforación</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Observación</b>
<b>Equipo de perforación</b>		2	Jack leg YT-27. (La eficiencia de la maquina es de un 95%)
<b>Velocidad de Perforación</b>	m/min	0,305	Según catálogo.
<b>Número de Perforaciones</b>		25 a 30	
<b>Tiempo total por barreno</b>	min	5 a 5.5	Controles (datos de la mina).
<b>Tiempo total de perforación</b>	minutos	150 a 165	
<b>Horas efectivas por guardia</b>	h	6	

### 3.1.4 Control operativo

Los datos más relevantes dentro del proceso y de gran importancia se podrán observar en el Anexo 1.

Tabla III.4 Control de perforación

<b>Semanas</b>		<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>V</b>	<b>VI</b>	<b>VII</b>	<b>VIII</b>
<b>Perforación</b>									
Metros de avance de galería	m	25	24	29	32	30	28	32	32
Longitud real de perforación	m	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
Total metros perforados	m	756	630	870	874	941	907	874	840
Horas de perforación	h	67	67	72	77	77	77	77	77

## 3.2 Proceso de voladura

### 3.2.1 Descripción de la operación

Es el proceso en el cual se detonan los explosivos de manera controlada y coordinada para conseguir buenos resultados tanto en avance, dimensión de galerías, como en la disgregación de la roca volada (León, 2019), además de garantizar la producción requerida por la mina.



Figura III.4 Preparación de Voladura

### 3.2.2 Factores incidentes en el proceso

**a) Diseño de perforación y voladura:** al no tener un diseño técnico de perforación, la voladura no siempre presenta la misma eficiencia, debido a que el personal al momento de cargar los huecos utiliza cantidades de explosivos no adecuadas.

Por datos de mina se sabe que los cuatro huecos que conforman la cuña son cargados con Explogel III 1 1/8 X 8" (cartucho entero) y la carga de columna se realiza con Nitrato de amonio; los demás huecos q conforman la malla (entre 20-25) son cargados con Explogel III 1 X 3 1/2" (medio cartucho).

### 3.2.3 Insumos dentro del proceso

De la misma manera, se presentan los equipos, materiales e insumos que se requieren para ejecutar esta actividad.

Tabla III.5 Materiales e insumos utilizados en el proceso de voladura

<b>Materiales en voladura (explosivos)</b>
Dinamita Explogel III 1 1/8 X 8"
Dinamita Emulnor 3000 1 1/4 X 8"
Dinamita Explogel III 1 X 3 1/2"
Fulminante N° 8 (100 u)
Nitrato de amonio 50 kg.
Mecha lenta plastificada (Guía)

Fuente: (Pique Curipamba, 2019)

En la siguiente tabla se detalla los tiempos empleados en voladura, para esto se basará en los catálogos de fabricación y en datos obtenidos en labores actuales de la mina.

Tabla III.6 Tiempos empleados en el proceso de voladura

<b>Voladura</b>			
	Unidad	Cantidad	Observación
<b>Tiempo de carguío por taladro</b>	min	1	Promedio (datos de la mina).
<b>Numero barrenos cargados</b>	tal/voladura	25 a 30	
<b>Tiempo de carguío y voladura</b>	h	1.25	Promedio (datos de mina).
<b>Tiempo de ventilación</b>	h	4	desde la voladura hasta la siguiente guardia.

### 3.2.4 Control

Tabla III.7 Voladuras y explosivos

<b>Semanas</b>		<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>V</b>	<b>VI</b>	<b>VII</b>	<b>VIII</b>
<b>Voladura</b>									
Cantidad de voladuras por semana	u	21	21	25	28	28	28	28	28
Explosivos utilizados	kg	43	37.5	49.9	51.5	54.4	53.0	49.9	50.1

### 3.3 Proceso de carguío y transporte

#### 3.3.1 Descripción de la operación

Es la operación en la que se llevan a cabo las labores de carguío y transporte del mineral extraído de los trabajos de perforación y voladura hasta la superficie, mediante diferentes medios tales como palas de mano, carros mineros y winches (León, 2019).



Figura III.5 Trabajo de carga y transporte interior mina

#### 3.3.2 Factores incidentes en el proceso

**a) Maquinaria utilizada:** Para la extracción del material a la superficie la empresa cuenta con dos winches con vagones de capacidad de 1 ton y carros mineros de la misma capacidad, que transportan el material de cada frente de trabajo para ser llevado a los buzones de carga de los winches.

Uno de los winches se encuentra ubicado en el subnivel 4, el cual recoge material de los subniveles 9, 8, 7, 6 y 5, una vez que el material de estos subniveles es depositado en el subnivel 4 es movido por los carros mineros

hacia la zona de descarga para que el winche principal que recoge material de los subniveles 4 ,3 ,2 y 1, lo lleve a superficie para ser almacenado en una tolva exterior mina donde se cargan los volquetes que llevan el material al su posterior proceso.

**b) Condiciones de trabajo:** Debido a la baja producción en los niveles más profundos de la mina, ocasionados por temperaturas elevadas y un inexistente sistema de ventilación, el winche principal extrae material pasando un día, lo que implica tiempos muertos de esta maquinaria.

### 3.3.3 Insumos dentro del proceso

De la misma manera, se presentan los equipos, materiales e insumos que se requieren para ejecutar esta actividad.

Tabla III.8 Equipos y materiales utilizados para carguío y transporte

<b>Materiales en extracción y transporte</b>
Compresor de aire Atlas Copco Xas 375
Winches
Palas
Tablas
Sacos usados
Tablones
Generador eléctrico
Vagones / 1m <sup>3</sup>
Rieles de 15 kg/m x 6 m
Durmientes
Clavos De 5"

Fuente: (Pique Curipamba, 2019)

En la siguiente tabla se detalla los tiempos empleados en carguío y transporte, para esto se basará en los catálogos de fabricación y en datos obtenidos en labores actuales de la mina.

Tabla III.9 Tiempos empleados en carguío y transporte

	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Observación</b>
Distancia de transporte	metros	120 m hasta 270 m	tolva nivel 4 a 120 m Tolva nivel 9 a 270 m
Tiempo de carga y descarga por viaje	min	4	datos tomados en mina.
Tiempo de recorrido del winche	min	14.5min a 21.2 min	referencia del catálogo

**Tiempo total de transporte al exterior** = (tiempo de carga y descarga) + tiempo recorrido  
**Tiempo total de transporte al exterior** = 4min + 4.5min + 6min = 14.5 o 21.2 min

Considerando de que sucediera algún imprevisto se sumara de 5 a 10 minutos dependiendo la gravedad del imprevisto.

### 3.3.4 Control

Tabla III.10 Control carguío y transporte

<b>Semanas</b>		<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>V</b>	<b>VI</b>	<b>VII</b>	<b>VIII</b>
<b>Carguío y transporte</b>									
Roca volada	m <sup>3</sup>	93	91	114	128	117	122	122	123
Roca con esponjamiento	m <sup>3</sup>	148	146	183	205	187	196	195	197
Total roca extraída	m <sup>3</sup>	126	95	144	108	130	97	140	105

## 3.4 Proceso de instalaciones subterráneas

### 3.4.1 Descripción de la operación

Este proceso engloba todas las actividades que se realizan para abastecer a todos los frentes de trabajo de instalaciones eléctricas, instalaciones de agua, aire comprimido, ventilación, iluminación y vías de acarreo (León, 2019).

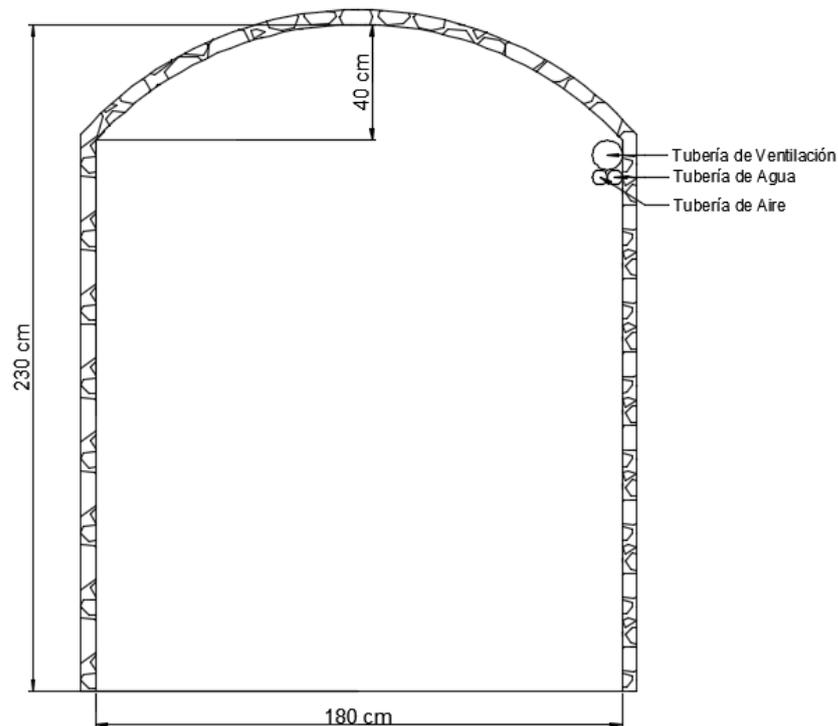


Figura III.6 Dimensiones e instalaciones subterráneas del túnel

### 3.4.2 Factores incidentes en el proceso

**a) Sistema de ventilación:** al no contar con un sistema de ventilación adecuado el rendimiento del personal es deficiente en los subniveles donde se necesita más oxígeno ya que dentro de la mina solo utilizan ventilación natural haciendo que estos niveles presenten temperaturas de entre 35 y 40 °C, siendo no adecuada el área de trabajo y a su vez generando una reducción en la producción.

**b) Instalaciones de agua y aire:** estas instalaciones actualmente no garantizan un flujo constante de agua y aire interior mina. El mal manejo de las mangueras por parte del personal ha causado un deterioro notable de las instalaciones, además en ciertos lugares no se encuentran debidamente fijadas a la pared del túnel lo que ocasiona aplastamiento de las mangueras por los carros mineros que circulan en los túneles. Como resultado las instalaciones presentan fugas, rupturas, uniones y reparaciones ineficientes.

### 3.4.3 Materiales e insumos requeridos

A su vez, se presentan los equipos, materiales e insumos que se requieren para ejecutar esta actividad.

Tabla III.11 Materiales procesos auxiliares

<b>Materiales procesos auxiliares</b>
Cabo 1/2"
Cabo 3/4"
Flexómetro de 5 metros
Alambre galvanizado # 14
Alambre galvanizado # 8
Playos
Candado mediano Viro
Espray fosforescente
Sacos plastificados
Detergente industrial
Clavos 2 1/2"
Tecla de 2 toneladas
Focos Led 20W
Platón pequeño
Gasolina
Diésel

Fuente: (Pique Curipamba, 2019)

## 3.5 Evaluación de los procesos

### 3.5.1 Perforación

- Las máquinas de perforación son de la marca ATLAS COPCO y las brocas que utilizan son de la marca SANDVIK.
- Por cada jornada de trabajo se realizan 2 turnos de perforación por grupo.
- En el momento de cargar los explosivos suele caerse el nitrato, siendo este un material frágil se rompe y humedece; también se pudo observar que existía residuos de material de turnos anteriores.

- Las mallas de perforación que realizan dependen de la experiencia cada uno de los perforistas, ya que no se cuenta con un diseño que se adapte a las condiciones de la mina.

### **3.5.2 Voladura**

- No cuentan con una ventilación adecuada, por ende, solo se realiza un turno de trabajo debido a que los gases se acumulan, provocando un ambiente de trabajo inseguro.
- No se utiliza la cantidad de explosivos óptima para realizar una ruptura de la roca ya que esto se ejecuta de manera empírica, es decir como crean conveniente los perforistas.
- El encendido de estos explosivos no cuenta con una secuencia definida que garantice la eficiencia de la explosión, ya que encienden la malla de forma que sea más fácil para los obreros.

### **3.5.3 Carguío y transporte**

- En la mina, en los niveles del 1 al 9 el material es acarreado por carros mineros para luego ser transportado por winches hacia la superficie.
- El winche principal transporta y opera pasando un día, ya que la producción no justifica que se lo utilice de manera continua.
- Los niveles situados arriba de la galería principal no utilizan ningún tipo de winches, el material solo se acumula en las tolvas situadas en la galería principal, las cuales sirven para cargar al carro neumático, el mismo que es operado por un solo obrero.

### **3.5.4 Instalaciones subterráneas**

#### **3.5.4.1 Instalaciones de agua**

- Cuentan con suficiente agua para abastecer la demanda en los trabajos ejecutados interior mina, pero algunas instalaciones se encuentran en mal estado presentando ruptura, significando pérdidas, desperdicio de agua y acumulación de esta en donde se presentan fugas.

#### **3.5.4.2 Aire comprimido**

- Por el continuo movimiento de las tuberías de aire, se evidencia un mal estado de estas porque presentan uniones mal hechas o arreglos improvisados, significando pérdidas de presión, tiempos muertos en la reparación, excesivo ruido, etc.

#### **3.5.4.3 Ventilación**

- El sistema de ventilación que se utiliza interior mina es de forma natural o flujo de aire natural, no cuentan con mangas de ventilación ni con turbinas por lo que existe un déficit de aire.
- El flujo del aire abastece hasta el subnivel 5, para los niveles inferiores las condiciones de trabajo cambian provocando un incremento en la temperatura haciendo que las eficiencias de los trabajadores disminuyan.
- Al no contar con una ventilación adecuada los gases luego de la voladura se acumulan por demasiado tiempo, impidiendo que se pueda realizar otra jornada de trabajo significando una disminución en su producción.

#### **3.5.4.4 Iluminación**

- En los subniveles no existe iluminación, las únicas partes que presentan luz fija son la galería principal y el subnivel 4 en el área donde opera el winche.

- Los trabajadores antes de comenzar su labor, retiran de bodega su respectiva lámpara Goldenfuture KL4.5LM, diseñadas para minería, las cuales son devueltas al final de la jornada para su respectiva carga y chequeo.
- Este modelo es uno de los más adecuados porque tiene un alcance de iluminación diseñado propiamente para minería subterránea ya que son a prueba de explosión.

### 3.5.5 Seguridad Minera Industrial

La mina “Pique Curipamba” cuenta con un departamento de seguridad, el cual controla el cumplimiento de la normativa sobre seguridad en sus instalaciones, con el fin de proteger la vida e integridad física del personal, y de las instalaciones e infraestructura que hacen posible las operaciones mineras.

#### 3.5.5.1 Materiales e insumos requeridos

A su vez, se presentan los equipos, materiales e insumos que se requieren para ejecutar esta actividad.

Tabla III.12 Equipos de protección personal

<b>Equipos de protección personal</b>
Bota caucho punta acero
Camiseta reflectiva
Casco minero Halley 5H
Chaleco minero
Chaleco verde/naranja reflectivo
Cinturones
Delantal impermeable
Mascarilla 3M-6200
Filtro polvo 3M 7093
Gafa oscura 3M
Guantes anticorte naranja
Guantes de cuero
Lámpara Goldenfuture KL4.5LM
Mascarilla sencilla
Orejas 3M Peltor Optime para casco

Pantalón jean reflectivo
--------------------------

Tapón auditivo
----------------

Fuente: (Pique Curipamba, 2019)

### **3.5.5.2 Plan de Seguridad**

- El Plan de Seguridad y Salud Ocupacional diseñado tiene como objetivo fundamental, el control de los riesgos asociados a cada una de las actividades a realizar como consecuencia lógica de este control. Las metas son la reducción y eliminación de las causas que puedan provocar daño a las personas y/o pérdidas a la propiedad, poniendo en evidencia que los principios de administración son efectivos en el control de los incidentes que afectan a la producción y a la calidad, como a la seguridad y a la salud. (Ver anexo 2)

### **3.5.5.3 Plan de Acción para las brigadas de primeros auxilios en las instalaciones**

- El plan de acción para la brigada de emergencia en las instalaciones de la SOCIEDAD PIQUE CURIPAMBA, está orientado a proporcionar acciones de respuesta inmediata y eficaz para enfrentar accidentes y cualquier situación de emergencia, durante la operación de la empresa, con el propósito de prevenir los impactos a la salud humana, proteger y/o reducir los riesgos laborales en caso de producirse una emergencia.

### **3.5.5.4 Reglamento Interno de trabajo**

- Con el objeto de dar cumplimiento a las disposiciones legales previstas en el Artículo 64 del Código del Trabajo, y además con el objeto de garantizar el normal y armonioso desenvolvimiento de las relaciones contractuales y labores de la empresa y sus trabajadores, La SOCIEDAD PIQUE CURIPAMBA, con RUC 0791749689001, solicitó la aprobación al Ministerio del Trabajo, el presente Reglamento Interno de Trabajo. (Ver Anexo 3)

#### **3.5.5.5 Reglamento Interno de Higiene y Seguridad**

- Este reglamento tiene por objeto establecer las reglas y principios generales que regulan la función de seguridad y salud en el trabajo dentro de la presente Empresa. (Ver Anexo 4)

#### **3.5.5.6 Plan de Acción para la brigada de prevención de incendios, alarmas para emergencias en las instalaciones**

- Este plan es una herramienta de diagnóstico, administrativa, organizacional y operativa, que le permite a la Institución seguir unos parámetros de acción simples: antes, durante y después de una emergencia con el fin de mitigar las consecuencias de las mismas. (Ver Anexo 5)

#### **3.5.5.7 Manual de Procedimiento para el manejo, uso, transporte, almacenamiento y carga de explosivos**

- El Manual de Procedimiento para el Uso de Explosivos detalla las medidas a ejecutarse para cumplir con la legislación vigente y minimizar los riesgos laborales propios de la actividad. (Ver Anexos 6)

#### **3.5.5.8 Manual de Procedimiento en caso de atrapamiento y derrumbe**

- Este manual tiene la función de establecer las acciones más inmediatas y efectivas para rescatar a los empleados producto de una caída de material, en cualquier sector de la mina. (Ver Anexos 7)

#### **3.5.5.9 Mapa de Evacuación**

- Se define como la identificación de la ruta por la cual todo el personal de la empresa, al igual que los visitantes, deben salir en caso de necesitarlo, desplazándolos hacia un camino de menor riesgo.

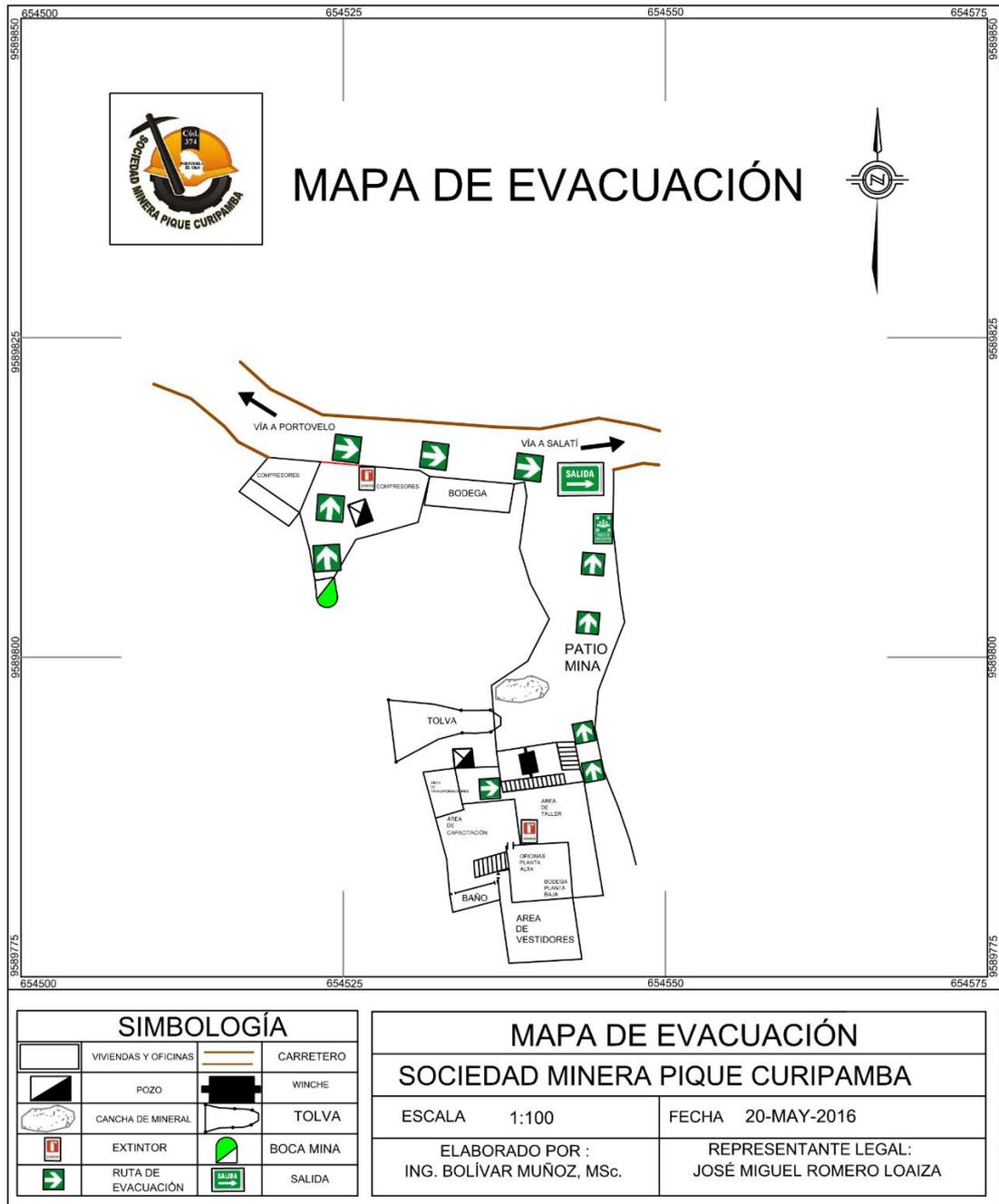


Figura III.7 Mapa de evacuación

### 3.5.5.10 Mapa de Riesgos

Un mapa de riesgos es una herramienta basada en los distintos sistemas de información que pretende identificar las actividades o procesos sujetos a riesgo. Además, este mapa de riesgos cuantifica la probabilidad de que estos eventos sucedan y mide el daño potencial en caso de que dicho riesgo suceda. Realizando este mapa de riesgos y amenazas, en caso de que algún suceso negativo pase, será mucho más fácil y eficaz

tomar medidas preventivas, tratando de dar solución al problema en el menor tiempo posible (Nuño, 2017).



Figura III.8 Mapa de Riesgos

### 3.5.5.11 Orden y limpieza

Dentro de la mina el único aspecto que se vio alterado fue el de orden y limpieza, ya que interior mina se observó basura, pedazos de mangueras, señalética rota, barrenos en mal estado ubicados en los accesos de los subniveles impidiendo el paso al personal.



Figura III.9 Desechos arrojados dentro de la mina.

## 3.6 Interpretación de resultados

Mediante los datos recogidos interior mina de cada uno de los procesos y su control operativo, se realizó la interpretación de resultados tomando en cuantos factores incidentes en estos procesos como temperatura, instalaciones, equipos y factor humano, los cuales afectan directamente el rendimiento del personal y por ende la productividad.

### 3.6.1 Tabulación de resultados

#### - Perforación

Tabla III.13 Producción - Rendimiento (Perforación)

Semana	Producción ( $m^3$ )	Material extraído ( $m^3$ )	Producción t. ( $m^3$ )	Rendimiento %
I	92.73	148.37	104.3	88.91
II	91.29	146.06	104.3	87.5
III	114.47	183.15	124.18	92.18
IV	127.93	204.68	139.09	91.97
V	116.75	186.8	139.09	83.3

VI	122.34	195.73	139.09	87.95
VII	121.72	194.75	139.09	87.5
VIII	123.17	197.1	139.09	88.55

- **Voladura**

Tabla III.14 Producción - Rendimiento (Voladura)

Semanas		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Voladuras por semana	u	21	21	25	28	28	28	28	28
Explosivos utilizados	kg	43	37.5	49.9	51.5	54.4	53	49.9	50.1
Producción	m <sup>3</sup>	92.7	91.2	114.4	128	116.7	122.34	121.7	121.7
Rendimiento	%	88.9	87.5	92.1	92	83.9	87.9	87.5	88.5

- **Carguío y transporte**

Tabla III.15 Producción - Rendimiento (Carguío y Transporte)

Semanas		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Roca volada	m <sup>3</sup>	93	91	114	128	117	122	122	123
Roca con esponjamiento	m <sup>3</sup>	148	146	183	205	187	196	195	197
Total roca extraída	m <sup>3</sup>	126	95	144	108	130	97	140	105
Rendimiento	%	84.92	64.70	78.62	52.77	69.38	49.66	72.10	53.44

- **Instalaciones subterráneas**

Tabla III.16 Temperatura - Eficiencia

Niveles	Temperatura °C	Humedad %	Eficiencia personal %
Nivel I	20.1	65	97
Nivel II	20.1	65	97
Galería principal	20.1	65	97
Subnivel I	213.6	66	97
Subnivel II	22.2	66	97
Subnivel III	23.6	67	97
Subnivel IV	25.1	67	90
Subnivel V	30.7	68	80
Subnivel VI	31.6	68	80
Subnivel VII	34.2	69	60
Subnivel VIII	35.5	69	42
Subnivel IX	39.4	70	42

**3.6.2 Gráficas de resultados**

- **Perforación**

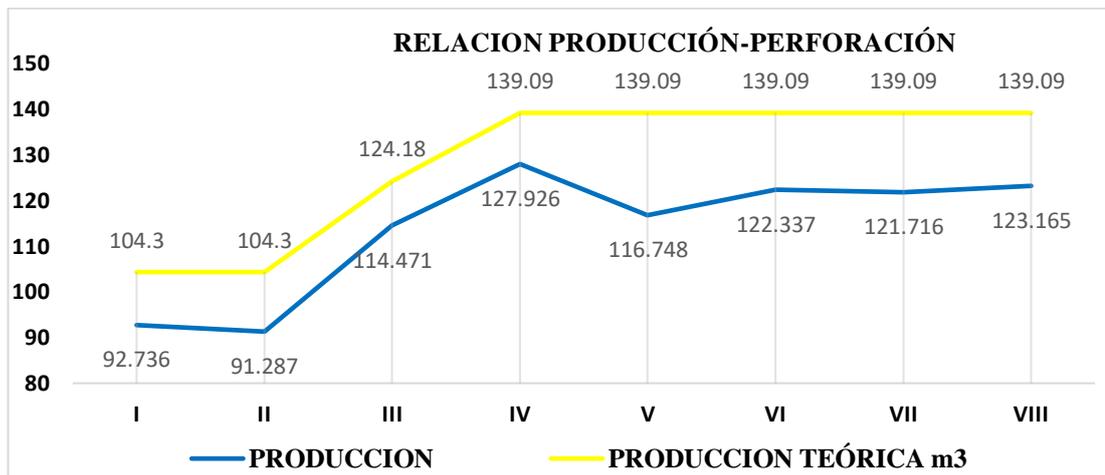


Figura III.10 Relación producción - rendimiento

- Voladura

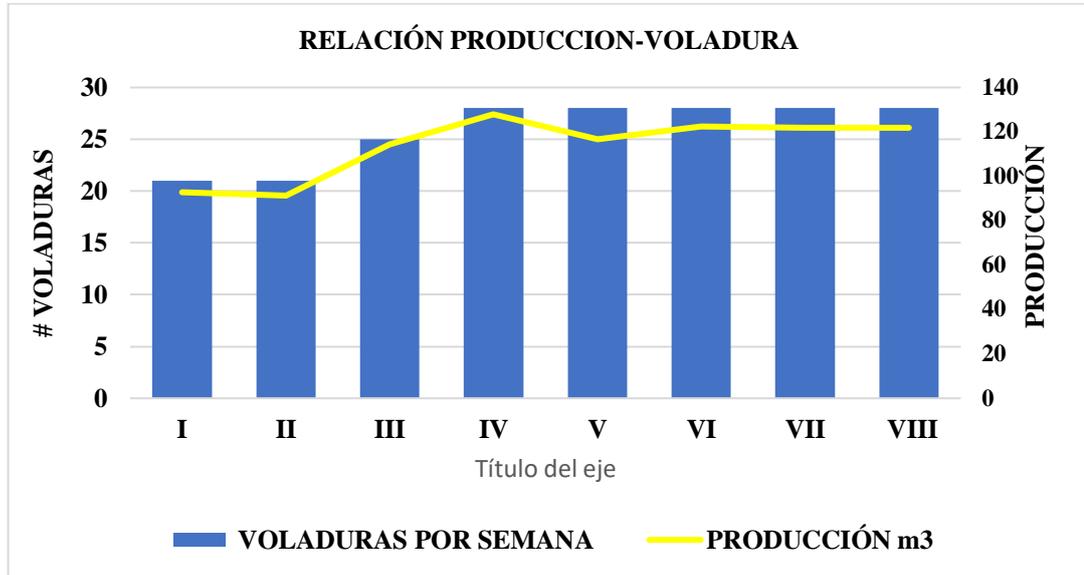


Figura III.11 Relación producción – voladura

- Carguío y transporte

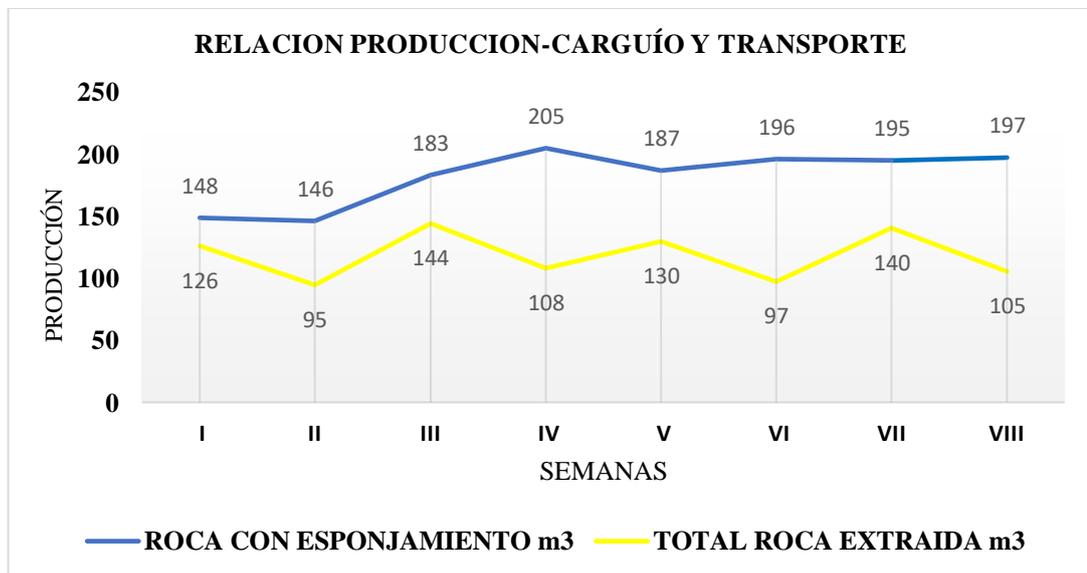


Figura III.12 Relación producción - carguío y transporte

- **Instalaciones subterráneas**

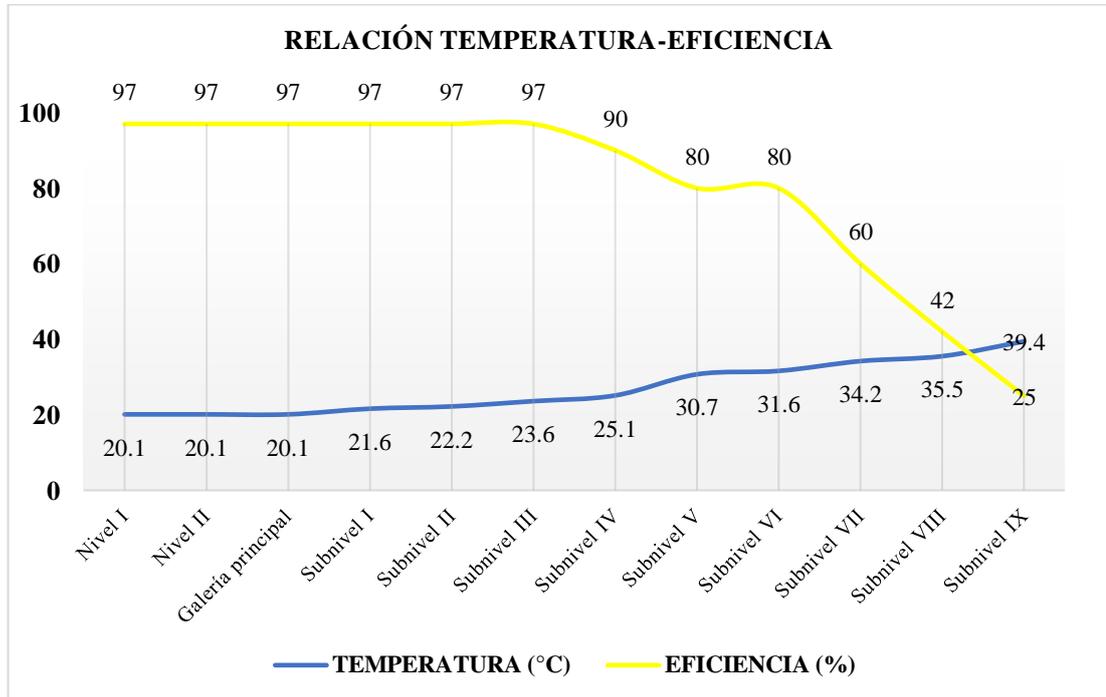


Figura III.13 Relación temperatura - eficiencia

## **CAPITULO IV**

### **PLAN DE MEJORA**

#### **4.1 Plan de mejora para perforación**

##### **4.1.1 Traslado de máquinas de perforar**

- a) En el momento del traslado de la maquinaria y su posterior ubicación se debe verificar los siguientes parámetros:
- Revisar que las entradas de aire y agua estén en buenas condiciones (León, 2019).
  - Verificar que la maquina cuente con los resortes, pernos laterales, regulador de paso de aire, palanca de regulación de velocidad de rotación (León, 2019).
  - Compruebe que la máquina de perforación tenga en buen estado la manigueta de avance (León, 2019).
  - Compruebe que el ingreso de agua este con el seguro colocado y gire los 180 grados (León, 2019).
- b) Ubicar el pie de avance y verificar su funcionamiento, asegúrese que tenga todas las piezas: tuerca de ajuste, empaque (caucho), ñeeta (León, 2019).

##### **4.1.2 Armado y preparación de la máquina de perforación**

- a) Revisar que las instalaciones de agua y aire se encuentren en condiciones para trabajar y no tengan fugas que disminuyen la presión (León, 2019).

- b) Revisar y asegurarse de que las entradas de aire y de la maquina estén libres de polvo y piedras (León, 2019).
- c) Conectar las mangueras de aire y agua a la máquina de perforar, tomando en cuenta que:
  - El uso de fuego para calentamiento de mangueras debe ser controlado (León, 2019).
  - El seguro de alambre tanto en las tuberías como en las entradas de la máquina debe ser ajustado suficientemente para que la presión no suelte las uniones de las mangueras (León, 2019).
- d) Revisar el nivel de aceite en la lubricadora o aceitera, al colocar aceite cuidar de que no caigan restos de roca o basura que luego cause taponamientos, ajustar el tapón adecuadamente (León, 2019).
- e) Conectar el pie de avance y sujetar adecuadamente (León, 2019).

#### **4.1.3 Operación de la máquina de perforar**

- a) Revisar que las instalaciones de agua y aire se encuentren debidamente ajustadas para que no haya fugas y evitar que la presión no suelte las uniones de las mangueras (León, 2019).
- b) Anclar el pie de avance en un sitio adecuado, para que este no se deslice, y así asegurar la penetración del barreno (León, 2019).
- c) Cuando la broca con el barreno haya penetrado en la roca aproximadamente 4 cm, el ayudante puede retirarse. El operador puede abrir la palanca de mando

múltiple y la válvula de control de avance del pistón completamente y se inicia la perforación plenamente (León, 2019).

#### **4.1.4 Limpieza de barrenos perforados**

- a) Retirar la máquina de barrenar y todos sus implementos del frente de trabajo hacia un lugar seguro como lo son laterales o tajos alledaños, para evitar que se contaminen con trozos de roca en sus orificios o juntas mecánicas (León, 2019).
- b) Introducir la manguera de aire en los barrenos perforados y abrir el paso del aire en forma intermitente y sin emplear toda la potencia del aire comprimido ya que puede provocar accidentes o desacoplamiento de las juntas (León, 2019).
- c) Mientras el paso del aire este abierto debe introducirse y retirarse la manguera para forzar a la compresión y descompresión logrando un barrido efectivo (León, 2019).

#### **4.1.5 Diseño de malla de perforación**

Para el diseño de la malla de perforación y voladura se considera el método de Langefors, el mismo que nos permite conocer con más detalle la adecuada distribución de los barrenos en base a las propiedades del área (Mejía, 2019); los cuales serán ordenados en cinco grupos (cuele, ayudas, pateras, corona y contorno).

Se diseñó la malla de perforación tomando en cuenta la maquinaria, equipos e insumos con los que la mina cuenta, sin producir gastos extras para la empresa y a su vez implementando el uso de barrenos de 1.8m para que se produzca un incremento en la producción.

Tabla IV.1 Datos generales

Datos generales		
<b>Altura</b>	2.5	m.
<b>Luz</b>	2	m.
<b>Diámetro de perforación</b>	36	mm.
<b>Explosivo</b>	EXPLOGEL III	
<b>Densidad del explosivo</b>	1.14	g/cm <sup>3</sup>
<b>Constante de la roca c</b>	0.4	
<b>Factor de fijación s</b>	1.25	
<b>Desviación de la perforación <math>\delta</math></b>	2	cm/m

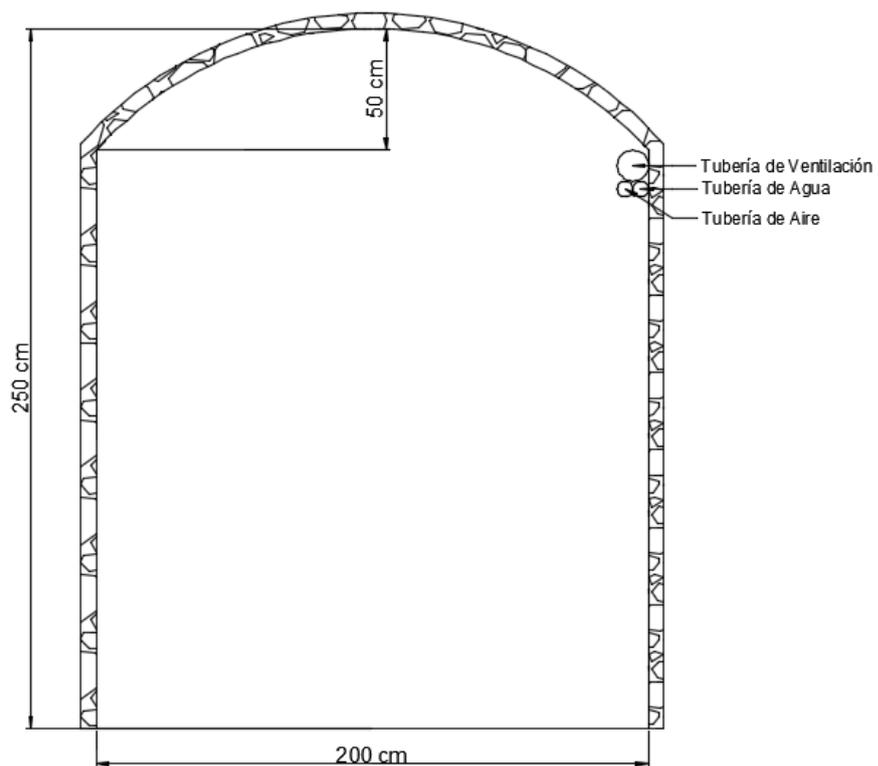


Figura IV.1 Dimensiones de la nueva malla de perforación.

Tabla IV.2 Cálculos generales

<b>Cálculos generales</b>		
<b>Diámetro de perforación (<math>\phi</math>)</b>	0.05	m.
<b>Densidad máxima del explosivo (<math>L_{\text{máx.}}</math>)</b>	1.16	kg/m.
<b>Avance (h)</b>	1.78	m.
<b>Avance real (Hr)</b>	1.52	m.

#### 4.1.5.1 Zona A - Cuele

Para el diseño de la malla, los barrenos del cuele se disponen mediante tres cuadros de cuatro barrenos cada uno.

Los cálculos más importantes para el diseño se detallan a continuación:

Tabla IV.3 Cálculos Zona A - Cuele

<b>Cálculos – Zona A – Cuele</b>		
<b>Primer cuadro</b>		
<b>Piedra 1 (<math>V_1</math>)</b>	0.1	m.
<b>Densidad lineal (<math>L_1</math>)</b>	0.33	kg/m.
<b>Desviación máxima (<math>\delta</math> máx.)</b>	0.03	m.
<b>Piedra real 1 (<math>V_1'</math>)</b>	0.07	m.
<b>Cuadro <math>B_1</math></b>	0.09	m.
<b>Carga del primer barreno <math>q_1</math></b>	0.49	kg.

Tabla IV.4 Cálculos para segundo cuadro

<b>Segundo cuadro</b>		
<b>Piedra 2 (<math>V_2</math>)</b>	0.2	m.
<b>Densidad lineal (<math>L_2</math>)</b>	0.72	kg/m.
<b>Desviación máxima (<math>\delta</math> máx.)</b>	0.03	m.
<b>Piedra real 2 (<math>V_2'</math>)</b>	0.17	m.
<b>Cuadro <math>B_2</math></b>	0.31	m.
<b>Carga del primer barreno <math>q_2</math></b>	1.09	Kg.

Tabla IV.5 Cálculos para tercer cuadro

<b>Tercer cuadro</b>		
<b>Piedra 3 (<math>V_3</math>)</b>	0.6	m.
<b>Densidad lineal (<math>L_3</math>)</b>	1.79	kg/m.
<b>Desviación máxima (<math>\delta</math> máx.)</b>	0.03	m.
<b>Piedra real 3 (<math>V_3'</math>)</b>	0.57	m.

<b>Cuadro B<sub>3</sub></b>	1.03	m.
<b>Carga del primer barrenos q<sub>3</sub></b>	2.70	kg.

#### 4.1.5.2 Zona B - Barrenos de ayuda

Las ayudas se ubican alado del cuele, una vez disparado el mismo estas generan que la cara libre se incremente facilitando el desplazamiento del material (Mejía, 2019)

Los cálculos más importantes para el diseño se detallan a continuación:

Tabla IV.6 Cálculos generales Zona B - Ayudas

<b>Cálculos generales - Zona B - Ayudas</b>		
<b>f</b>	1.45	
<b>E</b>	0.5	kg/m.
<b>V</b>	0.5	m.
<b>E/V</b>	1	m.
<b>C'</b>	0.450	m.

Tabla IV.7 Cálculos - Ayudas

<b>Cálculos - Ayudas</b>		
<b>Densidad lineal de fondo (Lf)</b>	0.16	kg/m.
<b>Densidad lineal de columna (Lc)</b>	0.08	kg/m.
<b>Altura de fondo (Hf)</b>	0.65	m.
<b>Altura de columna (Hc)</b>	0.50	m.
<b>Carga de fondo (qf)</b>	0.11	kg.
<b>Carga de columna (qc)</b>	0.04	kg.
<b>Carga total (qt)</b>	0.14	kg.

#### 4.5.1.3 Zona C - Corona

Tabla IV.8 Cálculos generales Zona C - Corona

<b>Cálculos generales - Zona C - Corona</b>		
<b>F</b>	1.2	
<b>E</b>	0.500	kg/m.
<b>V</b>	0.500	m.
<b>E/V</b>	1.000	m.
<b>C'</b>	0.450	m.

Tabla IV.9 Cálculos Zona C - Corona

<b>Cálculos - Zona C – Corona</b>		
<b>Densidad lineal de fondo (Lf)</b>	0.16	kg/m.
<b>Densidad lineal de columna (Lc)</b>	0.11	kg/m.
<b>Altura de fondo (Hf)</b>	0.65	m.
<b>Altura de columna (Hc)</b>	0.50	m.
<b>Carga de fondo (qf)</b>	0.10	kg.
<b>Carga de columna (qc)</b>	0.05	kg.
<b>Carga total (qt)</b>	0.16	kg.

#### 4.5.1.4 Zona E - Pateras

Estos barrenos cumplen la función de formar el piso de la excavación donde reposa el material ya explotado (Mejía, 2019).

Los cálculos más importantes para el diseño se detallan a continuación:

Tabla IV.10 Cálculos generales Zona E - Pateras

<b>Cálculos generales - Zona E - Pateras</b>		
<b>F</b>	1.45	
<b>E</b>	0.5	kg/m.
<b>V</b>	0.5	m.
<b>E/V</b>	1	m.
<b>C'</b>	0.45	m.

Tabla IV.11 Cálculos Zona E - Pateras

<b>Cálculos - Zona E - Pateras</b>		
<b>Densidad lineal de fondo (Lf)</b>	0.16	kg/m.
<b>Densidad lineal de columna (Lc)</b>	0.11	kg/m.
<b>Altura de fondo (Hf)</b>	0.65	m.
<b>Altura de columna (Hc)</b>	0.50	m.
<b>Carga de fondo (qf)</b>	0.10	kg.
<b>Carga de columna (qc)</b>	0.05	kg.
<b>Carga total (qt)</b>	0.16	kg.

#### 4.5.1.5 Zona D – Contorno

Es la ubicación de los barrenos del contorno que generan la forma del túnel, su cálculo empleado es similar al usado en los métodos anteriores (Mejía, 2019).

Los cálculos más importantes para el diseño se detallan a continuación:

Tabla IV.12 Cálculos generales Zona D - Contorno

<b>Cálculos generales - Zona D - Contorno</b>		
<b>F</b>	1.2	
<b>E</b>	0.6	kg/m.
<b>V</b>	0.23	m.
<b>E/V</b>	2.55	m.
<b>C'</b>	0.45	m.

Tabla IV.13 Cálculos Zona D - Contorno

<b>Cálculos - Zona D - Contorno</b>		
<b>Densidad lineal de fondo (Lf)</b>	0.07	kg/m.
<b>Densidad lineal de columna (Lc)</b>	0.03	kg/m.
<b>Altura de fondo (Hf)</b>	0.30	m.
<b>Altura de columna (Hc)</b>	0.85	m.
<b>Carga de fondo (qf)</b>	0.02	kg.
<b>Carga de columna (qc)</b>	0.03	kg.
<b>Carga total (qt)</b>	0.05	kg.

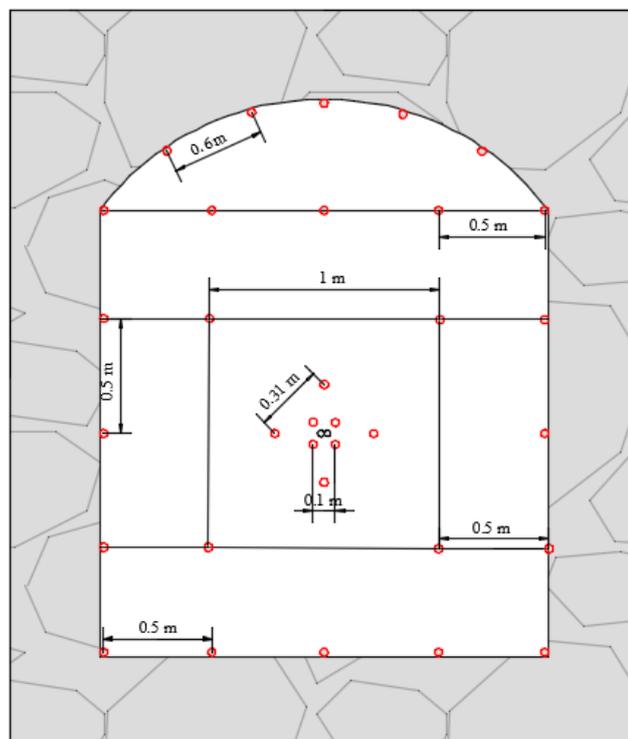


Figura IV.2 Malla de perforación

## **4.2 Plan de Mejora para voladura**

### **4.2.1 Trazado de la malla de perforación**

Para iniciar la voladura se debe realizar una cavidad inicial, denominada corte, cuele o arranque, la misma que sirve para crear una segunda cara libre de gran superficie que facilitará el fracturamiento del resto de la sección (León, 2019).

- a) Cuanta más pequeña sea la sección del frente a fracturar se requerirá mayor carga específica de explosivo por metro cúbico a romper (León, 2019).
- b) El burden y espaciamiento son cortos, especialmente en el área del arranque (León, 2019).

### **4.2.2 Traslado de explosivos al frente de voladura**

- a) Solicitar al supervisor del área la cantidad necesaria de explosivos que se van a utilizar en la voladura (León, 2019).
- b) Al recibir los explosivos verificar que estén en buenas condiciones. Si encuentra anomalías, no recibir los explosivos y comunicar a su supervisor inmediato (León, 2019).
- c) Llevar la carga con cuidado hasta el área de la voladura, debidamente separados los fulminantes de los explosivos (León, 2019).
- d) Durante el traslado de los explosivos y accesorios tener cuidado de no golpearlos y no dejarlos olvidados (León, 2019).
- e) El explosivo deberá ubicarse a unos 20 metros del frente de perforación, elegir un lugar seco y protegido de caída de rocas para su ubicación (León, 2019).

### **4.2.3 Cebado**

- a) Asegurarse de que se tiene las herramientas necesarias para armar los cebos como son:
  - Cuchillo de bronce
  - Punzón de bronce
  - Cinta adhesiva
  - Fundas plásticas (León, 2019)
- b) Con ayuda del punzón de bronce se realiza una perforación en el taco cortado o en el taco entero según corresponda para obtener un agujero donde será introducido el fulminante con la guía (León, 2019).
- c) Meter el taco con la guía en funda para evitar el paso del agua hacia el fulminante (León, 2019).
- d) En el caso donde se encuentre agua se realizará el mismo procedimiento con emulsión, pero teniendo la consideración de que se trata de un explosivo de diferente textura y resistencia a las presiones (León, 2019).

### **4.2.4 Carguío de barrenos**

- a) Verificar que se cuenta con herramientas y explosivos necesarios en el proceso como lo son:
  - Taqueador
  - Cargas de fondo (tiros)
  - Emulsiones (explosivas) y explogeles según sea el caso
  - Nitrato de amonio (León, 2019).

- b) Se introduce el taco (tiro) armado con la guía y se lo empuja con el taqueador hasta el fondo del barreno perforado evitando que el taqueador presione la guía contra las paredes del barreno (León, 2019).
- c) Se inserta explojel en los barrenos de cuña o abridores con la mano y se lo empuja con el taqueador se emplea un grado de fuerza medio para asegurar la sujeción en el interior del barreno perforado (León, 2019).
- d) Para la carga de columna se introduce tacos de nitrato hasta completar la columna explosiva empleando mayor fuerza al retacar para asegurar un mayor confinamiento de los explosivos para aprovechar la fuerza explosiva (León, 2019).

#### **4.2.5 Secuencia de disparo y encendido**

Se debe seguir una secuencia de encendido preestablecido para garantizar que la voladura sea óptima, además se debe tomar en cuentas diferentes aspectos que son mencionados a continuación:

- a) El jefe de mina debe autorizar y especificar la hora de encendido.
- b) Contabilizar los tiros cargados y listos para ser detonados (León, 2019)
- c) No se debe realizar el encendido hasta no recibir la orden específica del jefe de mina (León, 2019).

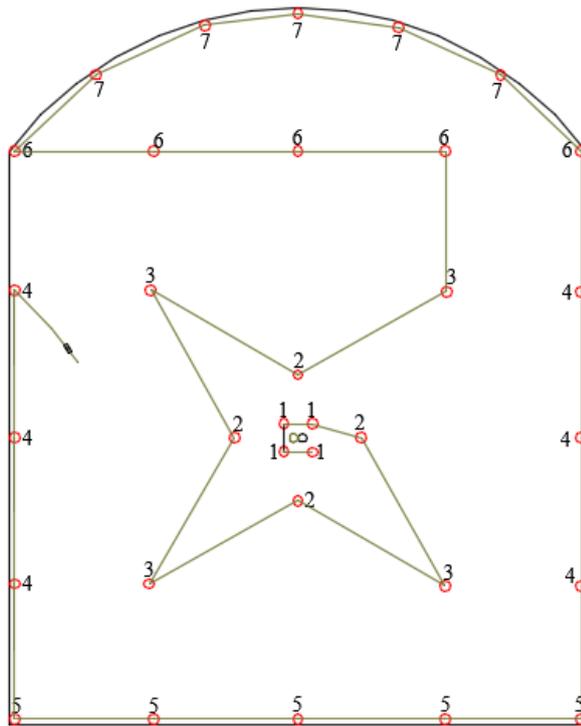


Figura IV.3 Secuencia de disparo y encendido de la malla de perforación

Con las variables de diseño ya obtenidas, se procede a analizar si la malla de perforación y voladura realizada tiene un consumo específico dentro de los rangos teóricos, el volumen de arranque que se obtendrá durante la voladura y su perforación específica (Mejía, 2019).

Tabla IV.14 Evaluación de perforación

Evaluación				
Zona	Número de barrenos	Carga del barreno (kg)	Subtotal de la carga (kg)	Subtotal de la perforación (m)
<b>A- Primer cuadro</b>	4	0.49	1.97	6.06
<b>A- Segundo cuadro</b>	4	1.09	4.36	6.06
<b>A- Tercer cuadro</b>	4	2.70	10.82	6.06
<b>B</b>	6	0.14	0.87	9.09
<b>D</b>	5	0.05	0.27	7.58
<b>E-C</b>	10	0.16	1.61	15.16

Al determinar la carga de los barrenos se especificará cuanto explosivo se utilizará por voladura.

Tabla IV.15 Total de explosivos

<b>Total de la carga (qt) (kg)</b>	19.93
<b>Total de la perforación (m)</b>	50.04
<b>Número de barrenos (u)</b>	33
<b>Número de barrenos de alivio (u)</b>	2
<b>Numero de fulminantes (u)</b>	33
<b>Cordón detonante (m)</b>	75

El consumo específico es una cantidad basada entre la relación de la carga total a ser utilizada y el volumen del material extraído, por el cual debe encontrarse dentro de los rangos (Mejía, 2019) , es decir,  $q_{min} \leq qf \leq q_{max}$ .

Tabla IV.16 Índices de análisis

<b>Índices de análisis</b>		
<b>Área (s)</b>	4.78	m <sup>2</sup>
<b>Volumen total</b>	7.25	m <sup>3</sup>
<b><i>q<sub>min</sub></i></b>	2.69	rangos
<b><i>q<sub>max</sub></i></b>	3.72	
<b>qf</b>	2.74	kg/m <sup>3</sup>

### 4.3 Plan de Mejora para carguío y transporte

A continuación, se detallarán algunas pautas que garantizarán el correcto uso y manejo de las maquinarias, obteniéndose así un mejor rendimiento de estas.

#### 4.3.1 Carga y descarga

- a) Verificar que el carro o carros mineros a utilizarse se encuentren en condiciones para su operación, es decir que se pueda empujar el carro con material y vacío, verificar además los seguros (León, 2019).

- b) Acomodar el material dentro del carro minero haciendo uso de una pala, distribuyendo de manera adecuada y aprovechando el espacio que brinda el balde del carro (León, 2019).
- c) Transportar el carro minero con material rocoso hasta las tolvas carga de los winches (León, 2019).
- d) Al llegar al lugar de descarga, colocar el carro en forma que, al ser volteado el balde, el material discurra por el buzón de manera continua (León, 2019).
- e) Asegurarse que todo el material rocoso sea evacuado completamente del balde del carro (León, 2019).

#### **4.3.2 Transporte de material desde interior mina**

- a) Inspeccionar el winche a utilizarse, revisando en qué estado se encuentra, tomando en cuenta que no exista rastros de quemaduras en los cables, que el freno se encuentre operacional, que no se encuentre pernos en mal estado, flojos, fuera de lugar o faltantes (León, 2019).
- b) Revisar que el vagón del winche no tenga aberturas producto de la abrasión o desgaste, así mismo deben estar en condiciones de ser remolcados por el winche (León, 2019).
- c) Verificar que el contenido y llenado del vagón sea el correcto para aprovechar su capacidad al máximo y no generar pérdidas de energía (León, 2019).
- d) Ya en el lugar de descarga, asegurar el winche y realizar la descarga (León, 2019).

#### **4.4 Plan de Mejora para instalaciones subterráneas**

En este plan de mejora se detallará la correcta instalación e implementación de tuberías de aire y agua, así como la respectiva iluminación, haciendo énfasis en la ventilación, el cual es un factor que está directamente relacionado con la productividad, siendo este ineficiente provoca un bajo rendimiento en el personal de los niveles inferiores.

##### **4.4.1 Instalación de aire comprimido y agua**

Según la información obtenida se debe hacer una inspección de todas las instalaciones de aire y agua para identificar las fugas presentes y cuáles son las tuberías que deben ser reemplazadas; a su vez se debe posicionar de manera correcta las mangueras en las partes laterales del túnel evitando así que estas sean aplastadas por maquinaria o personal.

Mediante las siguientes recomendaciones se especificará la correcta instalación de estas tuberías para facilitar tanto el uso, el mantenimiento y transporte de estas.

- a) Se le coloca una unión en un extremo y una universal pasando dos tramos para que en caso de emergencia se la pueda desarmar en tramos seleccionados y no toda la tubería como sería necesario si se armase solo con uniones (León, 2019).
- b) Para evitar las fugas, las roscas externas deben ser recubiertas por una película de teflón el cual sellara de manera hermética las juntas (León, 2019).
- c) Se debe colocar los dos tramos de tubería alineados uno con el otro de tal manera que no exista la posibilidad de fugas por un cambio de dirección (León, 2019).

**Para instalaciones de agua:**

- a) Al colocar la tubería se debe tomar en cuenta los lugares en los que se requiere bifurcaciones o salidas para las diferentes labores, en estas se colocara T, reducciones a ¾” y salidas para mangueras de ½” con su respectiva cortadora (León, 2019).
- b) Las uniones entre tubos se las realizara mediante uniones, universales y con la utilización de teflón para sellar las juntas y evitar fugas (León, 2019).
- c) La tubería debe ser colocada mediante binchas y cabos en una de las paredes de la galería a una altura adecuada, no mayor a 1.80m y alejada del cableado eléctrico (León, 2019).

**4.4.2 Ventilación**

De acuerdo con la información recolectada en mina, se realizaron cálculos para determinar la cantidad de aire necesario, teniendo más relevancia los cálculos para el personal y producción, y que los gases producidos por los explosivos son eliminados de forma natural después del turno hasta el día siguiente, al tener un turno diario.

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

Estos cálculos se enfocan en obtener caudales de aire óptimos para la operación interior mina.

- **Caudal según el número de trabajadores**

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

En donde:

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

N= Número de personas trabajando

$$Q1 = (25 \text{ personas}) * (3 \text{ m}^3/\text{min})$$

$$Q1 = 75 \text{ m}^3/\text{min}$$

- **Caudal según la producción**

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

En donde:

**u** = 1 a 1.7 (m<sup>3</sup>/min)

**T** = producción diaria en toneladas

$$Q2 = (1,3) * (70 \text{ t})$$

$$Q2 = 91 \text{ m}^3/\text{min}$$

- **Caudal según la maquinaria**

En interior mina se trabaja con las siguientes maquinas:

Tabla IV.17 Maquinaria

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>
Perforadoras	4
Bombas	3
Winche	2
Carro minero	1

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

Donde:

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

**N**= Número de equipos operando

$$Q3 = (3\text{m}^3/\text{min}) * (10 \text{ máquinas})$$

$$Q3 = 30 \text{ m}^3/\text{min}$$

- **Caudal según la cantidad de explosivos**

$$Q4 = 16.67 \text{ m}^3 / \text{min} * E \text{ (kg)}$$

Donde:

E= Cantidad de explosivos en la voladura en kg

$$Q4 = (16,67 \text{ m}^3/\text{min}) (19.93 \text{ kg})$$

$$Q4 = 332 \text{ m}^3/\text{min}$$

- Al momento de la instalación de la manga de ventilación, se recomienda tomar en cuenta los cálculos realizados para la selección correcta del diámetro de la misma.

**4.4.2.2 Instalación de mangas de ventilación**

- a) Luego de definir el lugar donde será colocado el ventilador o turbina se procede a construir la base, la cual servirá de soporte para la instalación.
- b) Para la colocación de las mangas serán necesarios huecos a lo largo de la línea, que serán perforados cada 4 metros aproximadamente a uno de los costados superiores (León, 2019).
- c) Cuando se trata de la colocación de mangas nuevas, estas tienen en los extremos velcro que facilitan la unión de los diferentes tramos tan solo adhiriendo la una dentro de la otra (León, 2019).
- d) Cuidar de que la manga de ventilación no obstruya el paso de personal o maquinarias y en caso de hacerlo comunicar para tomar las medidas necesarias que en este caso sería la ampliación de la sección por la cual deberá circular la manga (León, 2019).

- e) Al momento de realizar el mantenimiento o revisiones de las mangas se debe prestar la mayor atención en cuanto a fugas, o pérdidas de flujo por curvaturas y uniones (León, 2019).

A partir de esta propuesta de plan de mejora se garantiza una ventilación adecuada, la que a su vez pretende mejorar las condiciones de temperaturas las cuales conllevan a una mayor eficiencia del personal.

#### **4.5 Iluminación**

- Se debe implementar alumbrado en las áreas donde se comunican los subniveles, es decir, escaleras y rebajes, mejorando la visibilidad de los trabajadores y así evitar accidentes interior mina.
- 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 (Amoroso & Orellana, 2019).

## 4.6 Resultados

Tabla IV.18 Resultado de planes

<b>Actividad</b>	<b>Situación de la empresa</b>	<b>Plan de mejora</b>
<b>Perforación</b>	Se trabaja con un sistema empírico de perforación	Diseño de malla de perforación
	Los perforistas no chequean ni manipulan adecuadamente los equipos para la operación	Implementación de procedimientos a seguir antes, durante y después de la operación.
<b>Voladura</b>	Se trabaja con un sistema empírico de carga de explosivos.	Diseño de secuencia de disparo y encendido
	Los obreros no manipulan adecuadamente los explosivos al momento de la carga.	Implementación de guía para la manipulación, traslado y cebado de explosivos.
	Debido a un procedimiento no controlan la cantidad de explosivos a utilizar	Se utilizará igual cantidad de explosivos, pero con mayor rendimiento
<b>Carguío y transporte</b>	Subutilización del winche principal, ya que este trabaja saltando un día	Por el incremento que se tendrá en la producción el winche trabajará todos los días.
<b>Instalaciones subterráneas</b>	Manejo e instalación inadecuado de las tuberías de aire y agua	Implementación de guía para instalación y manipulación de las tuberías.
	No cuentan con mangas de ventilación o turbinas de aire	Adquirido de turbinas e instalación de mangas de ventilación, reduciendo de esta manera en un 25% la temperatura de los subniveles (V-IX)
	No cuentan con iluminación en áreas donde se comunican los subniveles, es decir, escaleras y rebajes	Implementar alumbrado para mejorar la visibilidad de los trabajadores y así evitar accidentes interior mina
<b>Seguridad</b>	Dentro de los subniveles se observó basura, pedazos de mangueras, señalética rota, barrenos en mal estado ubicados en los accesos de los subniveles impidiendo el paso al personal.	El departamento de seguridad deberá realizar las inspecciones necesarias para que así se garantice su orden y limpieza

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

- El análisis efectuado en las labores mineras y la recolección de datos sirvieron para identificar las falencias dentro de cada proceso y a su vez realizar un plan de mejora para cada uno de ellos.
- Dentro del proceso de perforación se constató la inexistencia de una malla de perforación, por lo que se realizó el diseño de una malla que se adapta a las condiciones geomecánicas, la que a su vez maximizará la producción de la mina. Además, se consideró la implementación de procedimientos a seguir antes, durante y después de la operación, ya que los trabajos realizados por el personal no contaban con el debido control al momento de ejecutarlos, siendo estos realizados de forma empírica.
- Para el proceso de voladura se evidenció que trabajan con un sistema empírico de carga y manipulación de explosivos, lo que refleja el poco control en la cantidad de explosivos a utilizar, es por esto que se diseñó un esquema para la carga y secuencia de encendido.
- La subutilización del winche principal dentro del proceso de carguío y transporte es el principal factor incidente, al aumentar la producción este equipo trabajara de forma constante.
- En cuanto a las instalaciones subterráneas, estas no cuentan con mangas de ventilación, para lo que se realizó el cálculo de caudales de aire, según los parámetros recomendados, obteniéndose un caudal óptimo de  $196 \text{ m}^3/\text{min}$  para interior mina.
- En lo que respecta a la iluminación, no existe alumbrado en áreas donde se comunican los subniveles, es decir, escaleras y rebajes, por esta razón se identifica como un peligro inminente para el personal, siendo necesaria la implementación de iluminación fija en estas zonas.

- La mina dispone de un departamento de seguridad, el cual controla el cumplimiento de la normativa sobre seguridad en sus instalaciones, se observó que la única falencia está en el interior mina, ya que en los subniveles existe basura, pedazos de mangueras, señalética rota, barrenos en mal, estado ubicados en los accesos de los subniveles impidiendo el paso al personal. Por lo que el departamento de seguridad deberá realizar las inspecciones necesarias para que así se garantice su orden y limpieza.
  
- Mediante la implementación de mangas de ventilación se espera que la temperatura interior mina de los subniveles inferiores llegue a disminuir, lo que incide que mejore el rendimiento físico del personal alcanzando una mayor eficiencia de trabajo.
  
- Una vez ejecutados dentro de la Empresa los planes de mejora para cada proceso, se espera que su producción se incremente, cumpliendo con cuatro voladuras diarias que se verán reflejadas en el tonelaje por día extraído.

## Recomendaciones

- Se recomienda implementar de manera inmediata mangas de ventilación o turbinas para mejorar las condiciones termo-ambientales dentro de la mina generando un mayor rendimiento en el personal.
- Para la iluminación se propone implementar un alumbrado fijo, propio para una mina subterránea, en el cual las bombillas LED de 6000 lúmenes de potencia, deben estar a una distancia de 15 a 20 metros entre ellas.
- Se recomienda hacer inspecciones a las mangueras de agua y aire, de esta forma se podrá identificar las tuberías que deban ser reparadas o sustituidas y lo más importante es instruir a los trabajadores para que realicen una correcta instalación.
- Se deberá considerar los planes de seguridad propuestos para la mina, de esta manera supervisar y controlar las acciones de los trabajadores y a su vez dar las sanciones necesarias en caso de no cumplirlas.
- Verificar que las instalaciones del winche se encuentren en buen estado al momento de ser utilizadas, ya que al aumentar la producción su desgaste es mayor.
- Considerar los nuevos requerimientos y consumo de explosivos para la voladura, tomando en cuenta que estos puedan ser abastecidos, ya que el nuevo diseño impone una mayor demanda de insumos.
- Se recomienda controlar y evitar arrojar desechos dentro de la mina, tales como señalética en mal estado, mangueras rotas, barrenos quebrados, colocándolos en el depósito designado dentro del campamento denominado “zona de chatarra”.

- Luego de la implementación de estos planes de mejora, se recomienda tener un control operativo de los procesos para saber con certeza el incremento que estos generan en la productividad.

## BIBLIOGRAFÍA

- Airfal Internacional. (08 de Mayo de 2013). Obtenido de La iluminación de las minas subterráneas: <https://www.airfal.com/luminarias-atex-noticias/iluminacion-minas-subterranas-2174/>
- Albuja, J. (2017). CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA Y CÁLCULO DE RESERVAS DE LA VETA JANE , EN LA MINA “GOLDEN COMUNITARIA” DE LA PARROQUIA HUERTAS,ZARUMA. *Trabajo de Titulacion*. Universidad Central del Ecuador, Quito.
- Amoroso, D., & Orellana, M. (2019). Diagnóstico del control subterráneo y plan de mejora en la mina de la Sociedad Minera Minervilla. *Titulo de Titulación*. Universidad del Azuay, Cuenca.
- Azanza, B. (2018). *ANÁLISIS DEL MANEJO DE LA ACTIVIDAD MINERA EMPRESARIAL EN LA PROVINCIA DE EL ORO*. Universidad Técnica de Machala, Machala.
- Barrenechea. (28 de Octubre de 2017). *SCRIBD*. Obtenido de Carguio y Transporte en Minería Subterránea: <https://es.scribd.com/document/365337882/Trabajo-Carguio-y-Transporte-Mineria-Subterranas>
- Betancour, M. (16 de Mayo de 2018). *LT Pulso*. Obtenido de Productividad en minería: <https://www.latercera.com/pulso/noticia/productividad-en-mineria/166441/>
- Cámara de Industrias y Producción. (08 de Septiembre de 2011). *Derecho Ecuador*. Obtenido de <https://www.derechoecuador.com/seguridad-industrial-en-las-empresas>
- Cardenas, L., & Gavilanes, M. (2018). Análisis y optimización de costos de producción del sistema de explotación de minerales metálicos, caso de aplicación Produmin S.A. y MINervilla Cia.Ltda. *Trabajo de Titulación*. Universidad del Azuay, Cuenca.
- Carrión, G. (2010). *ESTUDIO MINERALÓGICO PARA LA DETERMINACIÓN DE ORO REFRACTARIO EN LOS DISTRITOS MINEROS DE PORTOVELO, BELLA RICA Y SAN GERARDO*. Universidad Técnica Particular de Loja, Loja. Obtenido de <http://dspace.utpl.edu.ec>.
- Cruz, V., Gallego, E., & González, L. (2008). SISTEMA DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL. *Curso*. Universidad Complutense de Madrid, Madrid.
- Díaz, S. (07 de Diciembre de 2013). *www.prezi.com*. Obtenido de [https://prezi.com/wxg2hq\\_k3lzn/el-efecto-de-la-geometria-mineria/](https://prezi.com/wxg2hq_k3lzn/el-efecto-de-la-geometria-mineria/)

- Fauzi, H. (20 de Marzo de 2018). Iluminación en la minería. *Revista de Iluminación*. Obtenido de Luz en las profundidades: iluminación en la minería: <https://www.iluminet.com/luz-profundidades-iluminacion-mineria/>
- Garzón, R. (30 de Abril de 2016). *El Orden*. Obtenido de [https://prezi.com/-2-q39cxc1y/\\_el-orden/](https://prezi.com/-2-q39cxc1y/_el-orden/)
- González, R. (03 de Julio de 2013). FORTIFICACIÓN Y ACUÑADURA. "NORMAS DE SEGURIDAD MINERA APLICABLE A FAENAS MINERAS", según Título XV del D.S. 34. Gobierno de Chile, Chile. Obtenido de FORTIFICACIÓN Y ACUÑADURA: [http://sitiohistorico.sernageomin.cl/pdf/presentaciones-geo/Fortificacion-y-acunadura\(RaulGonzalezSernageomin\).pdf](http://sitiohistorico.sernageomin.cl/pdf/presentaciones-geo/Fortificacion-y-acunadura(RaulGonzalezSernageomin).pdf)
- GTZ. (1996). *Guía de Protección Ambiental Tomo II: Economía Agropecuaria, Minería y Energía, Actividades Industriales y Artesanales*. Eschborn.
- León, R. (2019). Determinación de Índices Técnicos de Gestión en el Desarrollo de Labores Mineras Subterráneas en la Mina San Salvador. *Trabajo de titulación*. Universidad del Azuay, Cuenca.
- Linaza, C. P. (Abril de 2009). *Insst*. Obtenido de SEÑALIZACIÓN DE SEGURIDAD Y SALUD: <https://www.insst.es/InshtWeb/Contenidos/Normativa/GuiasTecnicas/Ficheros/senal.pdf>
- López, P. (2014). *PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL*. Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Portovelo, Portovelo.
- López, R. (13 de Enero de 2018). *ACTUALIZACIÓN Y ALINEACIÓN DEL PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL CANTÓN PORTOVELO*. Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Portovelo, Portovelo. Obtenido de [http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL\\_SNI/data\\_sigad\\_plus/sigadplusdocumentofinal/0760000930001\\_PDyOT%202014-2019\\_15-03-2015\\_23-32-58.pdf?fbclid=IwAR2lkUASqjaiXqS-mifrbdIAauVC33Dp3\\_o3uW30j2jpFnAEC2\\_nIWHW-ek](http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/0760000930001_PDyOT%202014-2019_15-03-2015_23-32-58.pdf?fbclid=IwAR2lkUASqjaiXqS-mifrbdIAauVC33Dp3_o3uW30j2jpFnAEC2_nIWHW-ek)
- Medina, H. (30 de Agosto de 2017). *Prensa Compumet*. Obtenido de <https://prensa.compumet.info/sistemas-izaje-mineria-subterranea-piques-winchess/>
- Mejía, K. (2019). Optimización del proceso de Perforación y Voladura subterránea para la Sociedad Minera Oro Sol Uno. *Trabajo de Titulación*. Universidad del Azuay, Cuenca.
- Meza, A. (29 de Noviembre de 2016). *Slideshare*. Obtenido de Condiciones termoambientales en minas: <https://es.slideshare.net/javiervasquezquispe/condiciones-termoambientales-en-minas>

- MinMinas. (2003). *GLOSARIO TÉCNICO MINERO*. Ministerio de Minas y Energía, Bogota.
- Nuño, P. (13 de Junio de 2017). *Emprende Pyme*. Obtenido de <http://www.emprendepyme.net>
- Ortíz, J. (2010). *APUNTES DE CURSO DE EXPLOTACIÓN DE MINAS*. Universidad de Chile.
- Osinergmin. (2017). *Guía de criterios geomecánicos para diseño, construcción y supervisión de cierre de labores subterráneas*. Lima, Perú.
- Paladines, A. (1996). *Zonación mineralogénica del Ecuador* (1 ed.). Quito: Laser Editores S.A.
- Pinto, N. (2016). *Equipo de Protección Personal en Minas Metálicas Subterráneas*. ACHS.
- Pizarro, A. (01 de Mayo de 2009). *www.issuu.com*. Obtenido de El Agua en la Mina: <https://issuu.com/malacate/docs/aguamina/3>
- Quispe, A. (2013). *PLAN DE MINADO SUBTERRANEO APLICADO EN LA CORPORACION MINERA ANANEA S.A. Trabajo de Titulación*. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima.
- Raffino, M. E. (4 de Marzo de 2019). *Concepto*. Obtenido de <https://concepto.de/seguridad-industrial/>
- Romero, J. (2 de Octubre de 2015). *SCRIBD*. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/283397638/Tipos-de-Ventilacion-de-Minas>
- Salazar, A. (06 de Febrero de 2019). Obtenido de Zaruma características geológico estructurales: <https://es.scribd.com/document/398992150/Area-Geografica-y-Marco-Geologico-Regional>
- Seguridad Minera. (03 de Abril de 2018). *Consideraciones Técnicas en Ventilación Subterránea*. Obtenido de Revista Seguridad Minera: <http://www.revistaseguridadminera.com/operaciones-mineras/consideraciones-tecnicas-de-ventilacion-subterránea/>
- Sonami. (03 de Marzo de 2014). Perforación y Voladura. *GUÍAS DE OPERACIÓN PARA LA PEQUEÑA MINERÍA*. Obtenido de Perforación y Voladura: <http://www.sonami.cl/site/wp-content/uploads/2016/03/6.perforacion-y-tronadura.pdf>
- Tutiven, J. (2017). “DETERMINACIÓN DE LAS ASOCIACIONES MINERALES CON CONTENIDO DE ORO EN LA VETA HIDROTÉRMAL DEL DISTRITO ZARUMA-PORTOVELO. *Tesis de Grado*. Universidad de Guayaquil, Guayaquil.
- VentDepot. (12 de Junio de 2001). *VentDepot*. Obtenido de <http://www.ventdepot.com/mexico/temasdeinteres/ventilacion/definicion/>

Villacrés, R. (septiembre de 2016). OPTIMIZACIÓN DE COSTOS AL SISTEMA DE EXPLOTACIÓN SUBTERRÁNEA EN LA VETA KATHY DE LA EMPRESA PRODUMIN S.A. *Título de Ingeniero de Minas*. Quito.

**ANEXOS**

**ANEXO 1.- Control diario de perforación**

<b>Fechas (Diarias)</b>	<b>Avance (m)</b>	<b>Producción (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Producción + Esponjamiento (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Producción Teórica (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Rendimiento %</b>
<b>L 06/05/2019</b>	3.3	13.66	21.8592	14.9	
<b>M 07/05/2019</b>	3.25	13.455	21.528	14.9	
<b>M 08/05/2019</b>	3.2	13.248	21.1968	14.9	
<b>J 09/05/2019</b>	3	12.42	19.872	14.9	
<b>V 10/05/2019</b>	3.3	13.662	21.8592	14.9	
<b>S 11/05/2019</b>	3.15	13.041	20.8656	14.9	
<b>D 12/05/2019</b>	3.2	13.248	21.1968	14.9	
<b>Total avance semana</b>	<b>22.4</b>	<b>92.736</b>	<b>148.3776</b>	<b>104.3</b>	<b>88.9%</b>
<b>L 13/05/2019</b>	3.1	12.834	20.5344	14.9	
<b>M 14/05/2019</b>	3	12.42	19.872	14.9	
<b>M 15/05/2019</b>	2.95	12.213	19.5408	14.9	
<b>J 16/05/2019</b>	3.2	13.248	21.1968	14.9	
<b>V 17/05/2019</b>	3.3	13.662	21.8592	14.9	
<b>S 18/05/2019</b>	3.2	13.248	21.1968	14.9	
<b>D 19/05/2019</b>	3.3	13.662	21.8592	14.9	
<b>Total avance semana</b>	<b>22.1</b>	<b>91.287</b>	<b>146.0592</b>	<b>104.3</b>	<b>87.5%</b>
<b>L 20/05/2019</b>	3.35	13.869	22.1904	14.9	
<b>M 21/05/2019</b>	3.5	14.49	23.184	14.9	
<b>M 22/05/2019</b>	3.3	13.662	21.8592	14.9	
<b>J 23/05/2019</b>	4.3	17.802	28.4832	19.87	

V 24/05/2019	4.4	18.216	29.1456	19.87	
S 25/05/2019	4.5	18.63	29.808	19.87	
D 26/05/2019	4.3	17.802	28.4832	19.87	
<b>Total avance semana</b>	<b>27.65</b>	<b>114.471</b>	<b>183.1536</b>	<b>124.18</b>	<b>92.2%</b>
L 27/05/2019	4.5	18.63	29.808	19.87	
M 28/05/2019	4.6	19.044	30.4704	19.87	
M 29/05/2019	4.6	19.044	30.4704	19.87	
J 30/05/2019	4.5	18.63	29.808	19.87	
V 31/05/2019	4.3	17.802	28.4832	19.87	
S 01/06/2019	4.3	17.802	28.4832	19.87	
D 02/06/2019	4.1	16.974	27.1584	19.87	
<b>Total avance semana</b>	<b>30.9</b>	<b>127.926</b>	<b>204.6816</b>	<b>139.09</b>	<b>92.0%</b>
L 03/06/2019	4.5	18.63	29.808	19.87	
M 04/06/2019	3.5	14.49	23.184	19.87	
M 05/06/2019	4	16.56	26.496	19.87	
J 06/06/2019	3.5	14.49	23.184	19.87	
V 07/06/2019	4.2	17.388	27.8208	19.87	
S 08/06/2019	4.3	17.802	28.4832	19.87	
D 09/06/2019	4.2	17.388	27.8208	19.87	
<b>Total avance semana</b>	<b>28.2</b>	<b>116.748</b>	<b>186.7968</b>	<b>139.09</b>	<b>83.9%</b>
L 10/06/2019	4.5	18.63	29.808	19.87	
M 11/06/2019	4.35	18.009	28.8144	19.87	
M 12/06/2019	4.2	17.388	27.8208	19.87	
J 13/06/2019	4.22	17.388	27.8208	19.87	
V 14/06/2019	4	16.56	26.496	19.87	
S 15/06/2019	4.1	16.974	27.1584	19.87	

<b>D 16/06/2019</b>	4.2	17.388	27.8208	19.87	
<b>Total avance semana</b>	<b>29.6</b>	<b>122.337</b>	<b>195.7392</b>	<b>139.09</b>	<b>88%</b>
<b>L 17/06/2019</b>	4.1	16.974	27.1584	19.87	
<b>M 18/06/2019</b>	4.15	17.181	27.4896	19.87	
<b>M 19/06/2019</b>	4.25	17.595	28.152	19.87	
<b>J 20/06/2019</b>	4.25	17.595	28.152	19.87	
<b>V 21/06/2019</b>	4.4	18.216	29.1456	19.87	
<b>S 22/06/2019</b>	4.1	16.974	27.1584	19.87	
<b>D 23/06/2019</b>	4.15	17.181	27.4896	19.87	
<b>Total avance semana</b>	<b>29.4</b>	<b>121.716</b>	<b>194.7456</b>	<b>139.09</b>	<b>87.5%</b>
<b>L 24/06/2019</b>	4.35	18.009	28.8144	19.87	
<b>M 25/06/2019</b>	4.55	18.837	30.1392	19.87	
<b>M 26/06/2019</b>	4.1	16.974	27.1584	19.87	
<b>J 27/06/2019</b>	4.2	17.388	27.8208	19.87	
<b>V 28/06/2019</b>	4.15	17.181	27.4896	19.87	
<b>S 29/06/2019</b>	4	16.56	26.496	19.87	
<b>D 30/06/2019</b>	4.4	18.216	29.1456	19.87	
<b>Total avance semana</b>	<b>29.8</b>	<b>123.165</b>	<b>197.064</b>	<b>139.09</b>	<b>88.6%</b>



## **ANEXO 2.- Plan de seguridad**

### **PLAN DE SEGURIDAD**

#### **1. INTRODUCCIÓN**

La Seguridad es el resultado de un trabajo bien hecho, es un ingrediente que forma parte de la constitución y naturaleza del trabajo en la que se Administran Recursos Humanos, Materiales, Tecnologías y recursos y Económicos.

El compromiso de cero accidentes, es la meta a alcanzar, integrando la seguridad en todos los aspectos de nuestra vida y en cada actividad que hacemos como individuos y como organización.

Los Principios que guían la Administración en su contexto general son:

- La seguridad y el cuidado del medio ambiente, son valores personales de alta prioridad y se proyectan además fuera del ambiente laboral.
- La seguridad debe ser administrada como cualquier otra función de línea.
- El desempeño de la seguridad es un reflejo del diseño organizacional.
- La seguridad debe ser integrada en todos los aspectos de la Sociedad.
- Solo con el compromiso de todos, se obtendrán resultados.

#### **2. OBJETIVO**

El Plan de Seguridad y Salud Ocupacional diseñado tiene como objetivo fundamental, el control de los riesgos asociados a cada una de las actividades a realizar como consecuencia lógica de este control. Las metas son la reducción y eliminación de las causas que puedan provocar daño a las personas y/o pérdidas a la propiedad, poniendo en evidencia que los principios de administración son efectivos en el control de los incidentes que afectan a la producción y a la calidad, como a la seguridad y a la salud.

Una de las responsabilidades básicas y permanentes de la administración, es buscar y poner en práctica sistemas que ayuden a mantener y mejorar los niveles de eficiencia en operaciones.

Por tanto, cualquier accidente que ocurra infringe directamente este objetivo, porque lesiona a los trabajadores, daña a sus familias, deteriora los recursos materiales disponibles, demora la entrega de los trabajos y perjudica la imagen de la SOCIEDAD PIQUE CURIPAMBA.

Los principales objetivos son:



- Cumplir con todas las Disposiciones Legales establecidas en la Ley 16.744 (Normas Legales sobre Accidentes del Trabajo y Enfermedades Profesionales) y DS. N° 72 de Seguridad Minera.
- Controlar los riesgos potenciales de accidentes y enfermedades profesionales en los lugares de trabajo y en cada actividad de las operaciones de la Sociedad.
- Conducir las operaciones de tal manera de eliminar las conductas riesgosas y/o condiciones de riesgo en resguardo de la integridad física y la salud de los trabajadores como también las instalaciones y bienes de la Sociedad.

### 3. POLITICAS

#### **SOCIEDAD PIQUE CURIPAMBA**

Somos SOCIEDAD PIQUE CURIPAMBA, una sociedad minera deseosa de ser líder en la Industria Minera en Ecuador.

Nuestra aspiración es:

- Ser la sociedad minera de extracción de minerales más exitosa y respetada del Ecuador.
- Nuestro propósito es crear valor para nuestros socios, comunidades, clientes y empleados a través de la producción de bajo costo y alta calidad de los minerales.

Nuestro crecimiento y progreso requieren que:

- Logremos la confianza de empleados, clientes, proveedores, comunidades y accionistas, siendo directos en las comunicaciones y consistentes en el cumplimiento de nuestros compromisos.
- Sigamos haciendo esfuerzos para llegar a ser una organización de alto desempeño, en la cual cada persona acepta su responsabilidad y es recompensada por sus resultados y logros.

Valoramos:

- Seguridad y Medio Ambiente.- Manifestamos nuestro compromiso más absoluto con la Salud y Seguridad de quienes trabajan en la SOCIEDAD PIQUE CURIPAMBA y asumimos plenamente nuestra responsabilidad con el Medio Ambiente y el desarrollo Sustentable.
- Integridad.- Lo que prometemos hacer, debemos cumplirlo. Nuestra conducta refleja ética, honestidad, justicia, transparencia y aplicación de los más altos estándares de comportamiento de negocio.
- Alto Desempeño.- Nos llena de entusiasmo y satisfacción aplicar al máximo nuestras capacidades y lograr resultados superiores en nuestros negocios.



- Relaciones de Beneficio Mutuo.- Las relaciones son más duraderas, satisfactorias y en último término, más rentables, cuando se crea valor para todas las partes.
- Coraje para liderar el cambio.- Aceptemos la responsabilidad de inspirar y liderar positivamente el cambio frente a la adversidad.
- Respeto de los unos por los otros.- Somos partidarios de la diversidad en nuestra fuerza laboral y promovemos la comunicación abierta, la disposición a compartir, la confianza, el trabajo en equipo y el compromiso.

Tenemos éxito cuando:

- Nuestros accionistas obtienen una rentabilidad superior en su inversión.
- Nuestros clientes y proveedores se benefician de nuestras relaciones comerciales
- Las comunidades en las que operamos valoran nuestra calidad de miembros de ellas.
- Cada empleado comienza el día con un sentido de propósito y lo termina con un sentido de logro.

**JOSÉ MIGUEL ROMERO LOAIZA**  
**Gerente General**

### **POLITICA DE SEGURIDAD**

La Gerencia de la SOCIEDAD PIQUE CURIPAMBA, declara su especial interés por la protección de la integridad física de todos los trabajadores de la Sociedad, como asimismo, por la obtención de los mejores niveles de eficiencia en las operaciones

Seguridad es el resultado de un trabajo bien hecho y, en consecuencia, es responsabilidad inherente a las funciones de cada miembro de la Sociedad, cualquiera sea su nivel jerárquico.

Lo que deseamos lograr, para beneficio de todos, es:

- Cero Accidentes;
- Control efectivo de los daños a la propiedad por accidentes y de otras pérdidas no accidentales, que afectan adversamente la economía de la Sociedad;
- Asegurar un ambiente de trabajo productivo, grato y saludable para los trabajadores, que proyecte a la comunidad la imagen de la Sociedad Minera líder en condiciones de seguridad.

Para lograr el cumplimiento de estos propósitos, instamos a toda la línea de mando a comprometerse de lleno con el Programa General de Seguridad de la Sociedad, cumpliendo efectivamente con su rol en él y estableciendo un liderazgo efectivo mediante el ejemplo y una actitud proactiva del mismo modo



como es responsable la calidad de la producción como de la gestión general de la Sociedad.

También es necesario que cada uno de nuestros colaboradores, utilizando sus conocimientos, aptitudes, actitudes, interés, experiencia y los recursos de la Sociedad, logre hacer de su lugar de trabajo el mejor lugar.

**JOSÉ MIGUEL ROMERO LOAIZA**  
**Gerente General**

### **POLITICA DE ALCOHOL Y DROGAS**

La Gerencia de la SOCIEDAD PIQUE CURIPAMBA, declara su especial interés por la protección de la integridad física de todos los trabajadores de la Sociedad, como, asimismo, por la obtención de los mejores niveles de eficiencia en las operaciones.

Este compromiso de crear lugares de trabajo seguros, sanos y productivos para sus trabajadores, nos lleva a reconocer que el abuso del alcohol, las drogas y de cualquier otra sustancia similar por parte de los trabajadores disminuye su capacidad para desempeñarse correctamente y produce efectos adversos sobre la seguridad, eficiencia y productividad sobre todos los que participen del proceso productivo.

El mal uso de drogas legítimas o el uso, posesión, distribución o venta de drogas ilícitas o lícitas, pero que no cuenten con recetas médicas, en el trabajo, cualquiera sea el lugar en que se desarrolle éste, es ilegal, y por lo tanto, es causal de sanciones de acuerdo a lo dispuesto en la Legislación vigente, y en el Reglamento Interno de Orden Higiene y Seguridad, pudiéndose llegar a la terminación del contrato de trabajo.

El estar imposibilitado para trabajar debido al consumo de alcohol o drogas está estrictamente prohibido y es causal inmediata para ser retirado del lugar de trabajo.

La Sociedad, reconoce que la dependencia del alcohol o de las drogas es un estado tratable. Se alienta a los trabajadores que sospechen padecer de dependencia del alcohol o de las drogas, a buscar consejo y a seguir prontamente el tratamiento apropiado antes de que se traduzca en problemas de rendimiento en el trabajo.



Romero Ochoa, Sisalima Cuenca 100

La Sociedad, puede también requerir que los trabajadores se sometan a evaluación médica o a examen de alcohol y drogas cada vez que haya sospecha fundada de consumo de cualquiera de estas sustancias prohibidas durante el tiempo que permanezcan en las faenas y, por sospecha fundada, en el caso de verse involucrado en un incidente/accidente.

**JOSÉ MIGUEL ROMERO LOAIZA**  
**Gerente General**

### **POLITICA DE MEDIO AMBIENTE**

La SOCIEDAD PIQUE CURIPAMBA, asume el compromiso de la preservación del Medio Ambiente, de tal forma de evitar los impactos ambientales provenientes de las operaciones que realiza la Sociedad.

Por esta razón, nos comprometemos a desarrollar los contratos que nos adjudiquemos en forma limpia y eficiente, buscando minimizar la generación de residuos y el Impacto de Contaminación que ellos generan; además asumimos el Compromiso de optimizar el uso de los recursos energéticos e hídricos.

Se dará fiel cumplimiento a todas las normas ambientales. En aquellas situaciones que las normas no contemplen, buscaremos establecer estándares compatibles con una protección efectiva del medio ambiente.

Se llevará a cabo un plan de capacitación ambiental de todo nuestro personal, con el propósito de lograr el éxito de lo aquí expresado, porque esta es una tarea que nos interesa a todos

**JOSÉ MIGUEL ROMERO LOAIZA**  
**Gerente General**

### **REGLAS CARDINALES**

Es Valorado:

1. Asumir la seguridad propia y de los demás como responsabilidad personal.
2. Evaluar todos los riesgos antes de iniciar un trabajo.
3. Cumplir todos los procedimientos de trabajo sin excepción.
4. Pedir ayuda cuando sea necesario.



5. Aceptar ideas y sugerencias de los demás.
6. Mantener áreas de trabajo limpias y ordenadas.
7. Reportar incidentes y verificar que se tomen medidas correctivas.
8. Trabajar en equipo para contribuir al logro de nuestra visión.
9. Participar activamente en los programas de seguridad.
10. Controlar los riesgos inmediatamente, aunque signifique detener el trabajo.

Es Inaceptable:

1. Operar o intervenir equipos sin autorización.
2. No usar o adulterar documentación.
3. Estar en faena bajo la influencia del alcohol o drogas prohibidas.
4. No respetar procedimiento de bloqueo.
5. Estar en un área no autorizada o restringida sin autorización.
6. Anular dispositivos de protección a las personas.
7. No reportar incidentes serios de accidentes.
8. Ubicarse bajo carga suspendida.
9. No usar arnés de seguridad en trabajos de altura.
10. Usar equipos de levante fuera de su criterio de diseño.

#### **4. ALCANCE**

Este Plan de Seguridad es aplicable a todos los proyectos, contratos u obras, tanto para aquellos que estén en fase de propuesta, como en ejecución a través de personal contratista o propio de la SOCIEDAD PIQUE CURIPAMBA.

#### **5. NORMAS LEGALES Y REGAMENTOS APLICABLES**

Para la ejecución de éste Plan de Seguridad y Salud Ocupacional, se operará basándose fundamentalmente en los siguientes cuerpos legales, entre otros:

D.S. N°72 “Reglamento de Seguridad Minera”.

Ley 16.744 “Sobre Accidentes del Trabajo y Enfermedades Profesionales” y sus Reglamentos Complementarios

Ley 19.300 “Ley Base de Medio Ambiente” y su D.S.148 “Reglamento de Manejo de Residuos Peligrosos”.

Ley 20.123 “Regula el trabajo en régimen de subcontratación”

Código del Trabajo.

DS N° 40 “Reglamento sobre Prevención de Riesgos Profesionales”.



DS N° 594 “Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los Lugares de Trabajo”.

DS N°54 “Constitución y Funcionamiento de Comités Paritarios”.

DS N°40 , Art 21: “Obligación de Informar de Riesgos Laborales”.

Reglamentos Internos de Orden Higiene y Seguridad.

D.S. N°1280 “Reglamento de Instalaciones Eléctricas”.

D.S. N°91 “Normas Técnicas en Materias Eléctricas”.

## **6. RESPONSABILIDADES**

Tiene el propósito de dejar establecida las funciones, que corresponde ejercer en el desarrollo del programa, en todos los niveles de organización de la Sociedad.

### 6.1. Gerente General

- Establece las políticas Generales de Seguridad y Medio Ambiente de la SOCIEDAD PIQUE CURIPAMBA.
- Comunicar las políticas a los distintos niveles de la Sociedad.
- Hacer cumplir las políticas.
- Otorgar facilidades para elaborar un Plan de Seguridad y Salud Ocupacional, asignando las responsabilidades a los distintos niveles jerárquicos de la Sociedad.
- Velar por el cumplimiento de las actividades del Programa de Seguridad y Salud Ocupacional.
- Realizar auditorías al Programa y aplicar si corresponde, medidas de corrección por incumplimiento.

### 6.2. Jefes de áreas y supervisores

- Conocer las políticas de Seguridad y Medio Ambiente de la Sociedad, el Plan de Seguridad y Salud Ocupacional, administrarlos y difundirlos a los trabajadores.
- Cumplir con las actividades del Programa.
- Instruir a los trabajadores para realizar los trabajos en forma correcta, incentivarlos a participar con sus ideas y experiencias, a mejorar métodos



de trabajo y realizar en forma permanente nuevos procedimientos de trabajo seguro.

- Informar e investigar en forma minuciosa y oportuna cualquier accidente o cuasi-accidente que pueda ocurrir.

### 6.3. Asesor en Prevención de riesgos

- Asesorar a Gerencia, a la línea de supervisión y trabajadores en materia de Prevención de Riesgos y Medio Ambiente.
- Elaborar el Plan de Seguridad y Salud Ocupacional, junto a los Jefes de áreas.
- Elaborar la estadística mensual de accidentabilidad, para informar a las instituciones fiscalizadoras.
- Controlar el desarrollo de las actividades del Programa, evaluar resultados e informar al Jefe de faena y Gerencia, proponiendo medidas o planes de acción en casos de no cumplimiento o bajo estándar.
- Realizar actividades de capacitación en técnicas que permitan detectar y controlar los riesgos inherentes a la faena, procedimientos de trabajo seguro, inspecciones de seguridad, observaciones e investigaciones de cuasi-accidentes y accidentes, tanto en la línea de mando como a los trabajadores.
- Participar en la investigación de cuasi-accidentes y accidentes que pudieran producirse, determinar las causas e implementar las medidas correctivas.
- Será de obligación velar por el fiel cumplimiento de los establecido en:
  - ✓ Ley 16.744 sobre " Accidentes del trabajo y enfermedades profesionales".
  - ✓ Decreto supremo N°72 de 1985 y sus modificaciones posteriores "Reglamento de seguridad minera".
  - ✓ Decreto supremo N°40 de 1969 "Reglamento sobre Prevención de Riesgos Profesionales".
  - ✓ Decreto N°594 "Reglamento sobre condiciones sanitarias y ambientales mínimas en los lugares de trabajo.

### 6.4. Trabajadores

- Conocer las políticas de Seguridad y Medio Ambiente de la SOCIEDAD PIQUE CURIPAMBA. Además, conocer el Plan de Seguridad y Salud ocupacional.



- Ejecutar las tareas siguiendo los métodos de trabajo establecidos por la Sociedad. Pensando siempre en trabajar con seguridad y controlando los riesgos inherentes a su labor. Porque un trabajador eficiente, trabaja en forma segura.
- Informar y prestar declaración de la forma más fidedigna, cuando una investigación de cuasi-accidente o accidente lo requiera.
- Usar los elementos de protección personal necesarios y adecuados para las distintas tareas que debe realizar.
- Respetar y cumplir siempre las disposiciones legales vigentes, las establecidas en el reglamento interno o cualquier otra que dicte la SOCIEDAD PIQUE CURIPAMBA.
- Informar a su superior directo de cualquier situación de riesgo operacional o ambiental que detecte.
- Cumplir con las órdenes, instrucciones e indicaciones verbales o escritas para ejecutar en forma segura los trabajos.
- Informar cualquier riesgo o incidente, que se presenten en su trabajo en lo que respecta a lesiones personales, daños a equipos y materiales y daño al medio ambiente.
- Proteger su integridad física y la de sus compañeros de trabajo
- Utilizar y cuidar los equipos de protección personal.

#### 6.5. Comité paritario de higiene y seguridad.

- Lleva a cabo su programa de trabajo.
- Efectúa reuniones mensuales, detecciones de peligro, verifica el uso y estado de los elementos de protección personal.
- Mantiene un registro de cumplimiento e informa a los trabajadores los riesgos inherentes al trabajo que ejecutan.
- Verifica el cumplimiento de las políticas de seguridad de la Sociedad.
- Mantiene un registro de los incidentes y accidentes.
- Informa a la Gerencia de los resultados obtenidos en las reuniones mensuales en materia de seguridad.



## **7. ELEMENTOS DEL PROGRAMA DE SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL.**

Los elementos del Programa de Seguridad y Salud Ocupacional están constituidos por los siguientes Elementos y sub-elementos:

Elemento N° 1 **POLÍTICA**

Elemento N° 2 **PLANIFICACIÓN**

2.1 Requisitos Legales y otros.

2.2 Identificación de Peligros Evaluación control de Riesgos.

2.3 Control de Riesgo Operacional

Elemento N° 3 **IMPLEMENTACIÓN**

3.1 Estructura y Responsabilidad.

3.2 Capacitación, conciencia y competencia

3.3 Preparación y respuesta ante la emergencia

Elemento N° 4 **VERIFICACION Y ACCIONES CORRECTIVAS**

4.1 Monitoreo y Medición.

4.2 Accidentes, Incidentes, No conformidades, Acciones correctivas y preventivas.

Elemento N° 5 **REVISION DE LA GERENCIA.**

5.1 Revisión del Sistema de Gestión

**ANEXO 3.- Plan de acción para las brigadas de primeros auxilios en las instalaciones**

**PLAN DE ACCIÓN PARA LAS BRIGADA DE PRIMEROS  
AUXILIOS EN LAS INSTALACIONES DE LA SOCIEDAD  
PIQUE CURIPAMBA**

**OBJETIVO**

El plan de acción para la brigada de emergencia en las instalaciones de la SOCIEDAD PIQUE CURIPAMBA, está orientado a proporcionar acciones de respuesta inmediata y eficaz para enfrentar accidentes y cualquier situación de emergencia, durante la operación de la empresa, con el propósito de prevenir los impactos a la salud humana, proteger y/o reducir los riesgos laborales en caso de producirse una emergencia.

**JUSTIFICATIVO**

Por el tipo de trabajo que se realiza, los trabajadores se enfrentan día a día a múltiples riesgos que pueden afectar su salud a corto, mediano y largo plazo, por lo cual se debe de tomar acciones que vayan encaminadas a minimizar los riesgos para la salud de cada uno de los trabajadores.

El presente plan de acción se lo hará en primera instancia para cumplir con la legislación ecuatoriana, y en segunda instancia como parte de un compromiso de la empresa para mantener el buen estado de la salud de los trabajadores mientras tengan relación laboral en las instalaciones de la SOCIEDAD PIQUE CURIPAMBA.

**PRINCIPIOS BASICOS DE LA VIGILANCIA DE LA SALUD**

La vigilancia de la salud es uno de los pilares de la prevención de riesgos laborales una tarea específica de los servicios de la seguridad y salud de la empresa.

La vigilancia de la salud puede ser activa mediante la búsqueda de casos o mediante la notificación de casos.

La vigilancia de la salud en el campo laboral abarca:

- Examen pre-ocupacional.
- Examen Médico inicial.

- Chequeo médico periódico.
- Evaluación en ausencias prolongadas.
- Examen e historia médica de egreso.

## **EXAMEN INICIAL DE RIESGO**

La población que abarca este plan son todos los trabajadores de las instalaciones de la SOCIEDAD PIQUE CURIPAMBA, contratados directamente en rol de pagos de la empresa, la gente que labora normalmente en el campamento de la empresa: Seguridad, Personal Operativo, en las oficinas Administrativas: Gerente, asistente de Gerencia, Secretaria.

## **PRINCIPALES RIESGOS ENCONTARDADOS**

Los principales de riesgos encontrados cualitativamente en las instalaciones de la SOCIEDAD PIQUE CURIPAMBA son:

### **RUIDO**

El principal efecto a mediano y largo plazo es la HIPOACUSIA, en diferentes grados (Superficiales, moderados y graves). Por lo general la hipoacusia por ruido es irreversible, con la sola excepción de la fatiga auditiva, que es el descenso transitorio de la agudeza auditiva, no hay lesión y se recupera la agudeza auditiva con el descenso sonoro en 16 horas dependiendo de la intensidad y duración de la exposición.

La evaluación de la exposición al ruido se realiza en base a la medición del mismo. Las mediciones del ruido deberán ser representativas de las condiciones de exposición y deben permitir determinar el nivel diario equivalente y el nivel pico.

Quedan exceptuados de la evaluación de medición aquellos supuestos en los que se aprecie directamente que en un puesto de trabajo el nivel diario equivalente o nivel pico, respectivamente son manifestaciones inferiores a 80 dba y 140 db.

El presente protocolo pretende ser un instrumento útil para los servicios de prevención que unifiquen las diferentes formas de realizar la vigilancia médica a estas personas expuestas, haciendo hincapié en la práctica correcta de la exploración audiometría.

## **MEDIDAS PARA REDUCIR EL RIESGO**

- Métodos de Trabajo.
- Elección de equipos de trabajo.
- Información y formación adecuada.
- Reducción ruido Aéreo.
- Programas adecuados de mantenimiento de equipos.
- Limitación de la duración de la exposición.

### **EFFECTOS DEL RUIDO SOBRE LA SALUD**

- Daño auditivo.
- Daño psicosocial.
- Alteraciones en órganos distintos a la audición.
- Clínica.
- Factores que influyen en la lesión auditiva.

### **BOTIQUINES DE PRIMEROS AUXILIOS**

Se contará con equipos e insumos para primeros auxilios, tales como: camilla espinal, inmovilizadores, collarín, etc., para la atención efectiva a emergencias y servirán para la movilización de personal accidentado hasta el centro médico; estarán ubicados estratégicamente en las instalaciones de la SOCIEDAD PIQUE CURIPAMBA.

La reposición de insumos del botiquín de primeros auxilios, se lo realizará trimestralmente y se llevará un control mediante registros.

Lo mínimo que contendrá el botiquín será:

- Vendas
- Gasa
- Algodón
- Alcohol antiséptico
- Merthiolate
- Agua oxigenada
- Anti inflamatorios
- Tijeras
- Guantes quirúrgicos

La capacitación en primeros auxilios a los trabajadores se la realizará semestralmente con el apoyo del Departamento de Seguridad Industrial y del Médico Ocupacional de la Empresa; y éstas permitirán que se puedan atender las emergencias en forma inmediata y correcta, para que el accidentado sea trasladado al departamento médico y/o hasta un centro de salud cercano.

**FIRMAS DE RESPONSABILIDAD Y SELLOS**

**Sr. José Miguel Romero Loaiza**  
Representante Legal

**Ing. Bolívar Muñoz Soriano, MSc.**  
Asesor Externo - Seguridad Industria

**ANEXO 4.- Reglamento interno de higiene y seguridad**



Ministerio de Trabajo Viernes 6 de Octubre de 2017  
REGISTRO: 1104553902

**ANEXO 5.- Plan de acción para la brigada de prevención de incendios, alarmas para emergencias en las instalaciones**

**PLAN DE ACCIÓN PARA LA BRIGADA DE PREVENCIÓN DE  
INCENDIOS, ALARMAS PARA EMERGENCIAS EN LAS  
INSTALACIONES DE LA SOCIEDAD PIQUE CURIPAMBA**

**DETECCIÓN DE LA EMERGENCIA**

**DETECCIÓN DE UNA EMERGENCIA POR FUEGO O INCENDIO**

- **ACTIVACIÓN MANUAL:** Las personas que detecten la presencia del inicio de un fuego o incendio se deben activar la alarma de incendios ubicadas en las instalaciones de la SOCIEDAD PIQUE CURIPAMBA
- En ausencia del funcionamiento o acceso de las estaciones de alarmas, se debe proceder a dar la voz de alerta de forma personal.

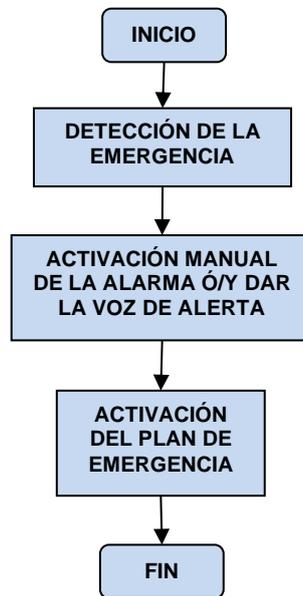
**DETECCIÓN DE OTRO TIPO DE EMERGENCIA**

Frente a cualquier otro tipo de emergencia se debe proceder a dar la voz de alerta y activar manualmente la alarma o comunicarse a través del sistema de alarmas.

En caso de sismos considerados fuertes (mayores de 6.5 grados) y/o terremotos que afecten a la zona de Portovelo y sus alrededores, es conveniente esperar en sus puestos de trabajo, alejados/as de los sitios que puedan generar caídas de objetos, hasta que exista la orden de evacuación de las instalaciones de la SOCIEDAD PIQUE CURIPAMBA

## **FORMA DE APLICACIÓN DE LA ALARMA**

### **APLICACIÓN DE LA ALARMA PARA EMERGENCIA POR FUEGO O INCENDIO**



### **GRADOS DE EMERGENCIA Y NIVEL DE ACTUACIÓN**

#### **EMERGENCIA EN FASE INICIAL O CONATO (GRADO 1)**

Correspondiente a un conato de incendio en su fase inicial o cualquier otra emergencia en pequeña magnitud.

En esta fase actuará para el caso de un conato de incendio todo el personal que esté capacitado en el uso de equipos contra incendios (extintores) u otro método de contingencia según las circunstancias sin poner en riesgo su integridad. Para el caso de otras emergencias, el personal actuará de acuerdo a su nivel de capacitación.

No es necesaria la evacuación en esta fase siempre y cuando se asegure el control total del conato de incendio y otras emergencias.

#### **EMERGENCIA EN FASE SECTORIAL O PARCIAL (GRADO 2)**

En esta fase el incendio o evento adverso es de medianas proporciones.

En esta etapa actuará la brigada de incendios y se procurará la presencia de las entidades externas de apoyo (llamar al ECU 911) de acuerdo a las circunstancias presentes. Todo el personal debe evacuar las instalaciones.

**EMERGENCIA GENERAL (GRADO 3)**

Aplica cuando la emergencia es de grandes proporciones.

Únicamente las entidades externas de apoyo externo (Bomberos, Cruz Roja, Policía) controlarán la situación. (llamar al ECU 911)

Todo el personal, incluidas las brigadas de emergencias evacuarán de las instalaciones.

**EQUIPOS CONTRA INCENDIOS**

Se deberá contar con un adecuado equipo de protección contra incendios manual en un número adecuado, para lo cual se contará con un presupuesto anual, y en caso de necesitarse se realizará una reposición inmediata. Los extintores a utilizarse deberán estar de acuerdo con la clase de fuego que podrán combatir, además de estar identificado en el plano de riesgos su ubicación:

**Extintor de Polvo (PQS).**

Apto para los tipos de fuego que marca su etiqueta, pudiendo emplearse en fuegos de clases A, B y C.



CLASES DE FUEGOS	MATERIALES	PRODUCTOS
	Madera, papel, cartón, telas, pasto, gomas, caucho, corcho, productos celulosos, etc.	
	Nafta, gas oil, aceites, petróleo, pinturas, derivados del petróleo, gases butano, propano, acetileno, etc.	
	Son los que se originan en equipos energizados, artefactos eléctricos, transformadores, motores, tableros, etc.	

**Extintor de Dióxido de Carbónico (CO2).**

Apto para los tipos de fuego que marca su etiqueta, pudiendo emplearse en fuegos de clases B y C.



## **SISTEMA DE SEÑALIZACIÓN**

Las instalaciones de SOCIEDAD PIQUE CURIPAMBA, posee un sistema de señalización de emergencia de acuerdo a normas NFPA – INEN 439 – OSHA.

## **SISTEMA DE CARTELES INFORMATIVOS**

La SOCIEDAD PIQUE CURIPAMBA, posee un sistema de señalización de carteles informativos de acuerdo al siguiente esquema:

<b>TIPO DE SEÑALIZACIÓN</b>	
<b>ÁREAS FÍSICAS</b>	Según normas NFPA – INEN - OSHA
<b>RUTAS DE EVACUACIÓN</b>	Según normas NFPA – INEN - OSHA
<b>INFORMACIÓN DE SEGURIDAD</b>	Según normas NFPA – INEN - OSHA

## **CURSOS Y PRÁCTICAS:**

Se ha planificado las siguientes actividades:

- Sociabilización del Plan de Acción.

- Difundir a todos los trabajadores de la SOCIEDAD PIQUE CURIPAMBA el Plan de Acción
- Complementar la señalética de seguridad en las instalaciones de la SOCIEDAD PIQUE CURIPAMBA
- Contratar capacitación externa
- Capacitación a los Brigadistas de Prevención de Incendios
- Capacitación en Prevención y Control de Incendios
- Capacitación en manejo de extintores
- Capacitación en evacuación

**CUADRO DE ACTIVIDADES Y CAPACITACIÓN EN MATERIA DE  
SEGURIDAD**

CAPACITACIÓN	DIRIGIDO A:	FECHA	RESPONSABLE
Difusión del Plan de Acción	Todo el personal	Dic/ 2018	Asesor externo de Seguridad Industrial y Personal del Cuerpo de Bomberos Municipal del Cantón Portovelo
Curso de operación de Brigadas de Prevención de Incendios	Brigada de Prevención de Incendios	Dic/ 2018	
Prevención y Control de Incendios	Todo el personal	Dic/ 2018	
Manejo de Extintores	Brigada de Prevención de Incendios	Dic/2018	

**FIRMAS DE RESPONSABILIDAD Y SELLOS**

**Sr. José Miguel Romero Loaiza**  
Representante Legal

**Ing. Bolívar Muñoz Soriano, MSc.**  
Asesor Externo - Seguridad Industrial

**ANEXO 6.- Manual de procedimiento para el manejo, uso, transporte, almacenamiento y carga de explosivos**

**MANUAL DE PROCEDIMIENTO PARA EL MANEJO, USO, TRANSPORTE, ALMACENAMIENTO Y CARGA DE EXPLOSIVOS**

**1. OBJETIVO**

Proporcionar el Manual de Procedimiento para el Uso de Explosivos detallando las medidas a ejecutarse para cumplir con la legislación vigente y minimizar los riesgos laborales propios de la actividad.

**2. ACTIVIDADES A EJECUTARSE Y EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL**

El equipo de protección personal deberá contar con: casco de seguridad, protectores auditivos (tapones o protectores), gafas de montura contra impacto, protector de manos (guantes de cuero) y protector de pies (botas de seguridad con punta de acero). Su reposición/revisión dependiendo se realizará cada tres meses.

El técnico o a quien este delegue, está obligado a instruir a los trabajadores sobre el uso correcto del equipo, así como de su cuidado y conservación, determinando los sitios operacionales donde los emplearán y el lugar designado para su almacenamiento cuando no los utilicen.

Realizar un registro de entrega de equipos de protección personal

**3. MEDIDAS DE SEGURIDAD CON LOS EXPLOSIVOS**

**3.1. MEDIDAS DE SEGURIDAD AL ALMACENAR EXPLOSIVOS**

- Almacenar siempre los explosivos en polvorines que se ajusten a las características y requerimientos de las normas legales y reglamentos en vigencia.

- Guardar los explosivos en polvorines limpios, secos, ventilados, razonablemente frescos, debidamente ubicados, sólidamente contruidos, resistentes a las balas y al fuego, y con cerradura adecuada.
- Ubicar los polvorines en lugares aislados, considerando la respectiva distancia de seguridad, de acuerdo con la tabla de distancias recomendadas. Construir el polvorín en sitios alejados de construcciones, casas, edificios, carreteras o vías, observando las distancias recomendadas por las leyes estatales.
- No dejar explosivo suelto o cajas de explosivo abiertas dentro del polvorín.
- No almacenar el cordón detonante y accesorios junto con los explosivos.
- No almacenar explosivos, mechas o encendedores de mechas en un lugar húmedo o mojado, ni cerca de aceites, gasolina, fluidos o soluciones para limpiar, calentadores, tubería de vapor, estufas u otras fuentes de calor.
- No almacenar en un polvorín ningún metal que produzca chispas, ni herramientas hechas de tales metales.
- No fumar ni llevar fósforos o encendedores, no mantener luces descubiertas u otra forma de fuego o llama, dentro del polvorín, ni cerca de él.
- No permitir la acumulación de vegetación natural o basura dentro de un radio de 7.5 m. alrededor de un polvorín.
- No disparar armas de fuego hacia los explosivos, o en las cercanías de un polvorín.
- Señalizar adecuadamente las instalaciones y los vehículos destinados al almacenamiento y transporte de explosivos.

### **3.2. MEDIDAS DE SEGURIDAD AL UTILIZAR EXPLOSIVOS**

- No utilizar herramientas hechas de metales que produzcan chispas, para abrir cajas de madera conteniendo explosivos. Puede utilizarse cortadores metálicos para abrir cajas de cartón, siempre que el cortador metálico no toque las grapas metálicas.
  
- Volver a tapar las cajas o envases de explosivos después de usarse.
  
- No fumar ni llevar fósforos o encendedores, no mantener luces descubiertas u otra forma de fuego o llama, cerca de los lugares en los que se estén manejando y usando explosivos.
  
- No llevar explosivos en los bolsillos de la ropa ni en otra parte del cuerpo.
  
- No insertar en el extremo abierto de los fulminantes ninguna otra cosa que no sea mecha.
  
- No golpear ni tratar de alterar, sacar o examinar el contenido de los fulminantes comunes o eléctricos, ni tratar de arrancar los alambres de los fulminantes eléctricos.
  
- Prohibida la presencia de niños o personas no autorizadas e innecesarias en los lugares en que se manejen o utilicen explosivos.
  
- No manejar ni usar explosivos, ni permanecer cerca de ellos, cuando se aproxime o durante una tormenta eléctrica.
  
- No usar explosivos o equipos de voladura que muestren señales claras de deterioro o daño.
  
- No intentar aprovechar o utilizar mecha, fulminantes comunes o eléctricos, ni ningún otro explosivo que se haya mojado aún después de secarse. Consultar al fabricante.

### **3.3. MEDIDAS DE SEGURIDAD AL TRANSPORTAR EXPLOSIVOS**

- Verificar el buen funcionamiento del vehículo. Impedir que la carga sobresalga y disponer lonas para cubrir el explosivo en caso de lluvia.
- Tener apagado el motor del vehículo durante las operaciones de carga y descarga del explosivo.
- Ejecutar las operaciones de carga y descarga del explosivo durante horas del día y nunca cuando tormentas eléctricas.
- Nombrar una persona responsable del movimiento y expedición de explosivos y accesorios.
- Colocar los detonadores en lugar alejado de la zona de carga.
- Vigilar la zona de descarga de explosivos hasta su colocación en los barrenos y conexión de la pega.

### **3.4. MEDIDAS DE SEGURIDAD AL PREPARAR EL CEBO**

- Preparar los cebos de acuerdo con los métodos recomendados por los fabricantes de explosivos y comprobar que el iniciador está bien colocado dentro del cartucho.
- No preparar con mucha antelación ni en cantidad mayor a la que se va a utilizar de inmediato los cebos. Tampoco realizar dicha operación en el interior del polvorín o cerca de explosivos.

### **3.5. MEDIDAS DE SEGURIDAD DURANTE LA PERFORACIÓN Y CARGA DE LOS HUECOS**

- Examinar el frente o la roca antes de perforar, para descubrir la presencia de cualquier explosivo sin estallar.
  
- Examinar cada hueco cuidadosamente antes de cargarlo para conocer su longitud y estado, usando para ello un atacador de madera o PVC.
  
- No dejar el explosivo sobrante dentro de la zona de trabajo durante y después del carguío.
  
- No cargar los huecos con explosivos justo después de terminar la perforación, sin antes cerciorarse que esté limpio y no contiene piezas de metal o restos de accesorios calientes.
  
- Nunca cargar los huecos que hayan sido cargados y disparados anteriormente.
  
- Admitir la posibilidad de peligro de electricidad estática cuando se efectúa la carga neumáticamente y tomar las medidas de precaución.
  
- Cortar del carrete la línea de mecha lenta una vez que penetra en el barreno, antes de meter el resto de la carga explosiva.
  
- No empujar con fuerza los cartuchos u otros explosivos para introducirlos en el hueco o para pasarlos por una obstrucción en el barreno.
  
- Evitar que las personas dedicadas a la operación de carga tengan expuesto parte o partes de su cuerpo sobre el hueco que esté cargándose o colocarse en dirección del mismo.
  
- No cargar ningún hueco con fulminantes eléctricos cerca de líneas de fuerza eléctrica.
- Desconectar los fulminantes comunes o cordón detonante de acuerdo con los métodos recomendados por el fabricante.

### **3.6. MEDIDAS DE SEGURIDAD EN EL RETACADO**

- Confinar los explosivos en los huecos por medio de arena, arcilla u otro material incombustible apropiado.
- No utilizar atacadores metálicos de ninguna clase. Emplear herramientas de madera u otros materiales adecuados, sin partes de metal.
- Realizar el retacado sin violencia para no dañar a los accesorios de iniciación.
- No retacar directamente los cartuchos cebo.
- No introducir piedras u otros objetos junto con el material retacado.
- En los huecos con agua verificar si se ha producido un descenso de los retacados antes de la conexión de los circuitos.
- No maltratar el cordón detonante al retacar, ni permitir que se formen dobleces.

### **3.7. MEDIDAS DE SEGURIDAD ANTES Y DESPUÉS DEL DISPARO CON MECHA**

- Nunca disparar sin una señal positiva de la persona encargada, quien se habrá cerciorado de que todos los explosivos excedentes se encuentren en un lugar seguro, de que todas las personas y vehículos estén a una distancia segura o debidamente resguardados, y de que haya dado aviso adecuado.
- No regresar al área de la voladura hasta que se haya disipado el humo y los gases de la misma.
- No intentar investigar una falla demasiado pronto. Cumplir las ordenanzas y reglamentos reconocidos, o en su defecto esperar 1 hora cuando menos.

- Manipular con cuidado sin dañar la cubierta.
- Prender la mecha con un encendedor apropiado para este fin.
- Utilizar tramos de mecha con longitudes superiores al metro y medio. Conocer siempre el tiempo que tarda en arder la mecha y asegurarse de tener el tiempo suficiente para llegar a un lugar seguro después de encenderle.
- Cortar la mecha inmediatamente antes de insertarla en el detonador. Cortar tres o cuatro centímetros de la punta para asegurar que el extremo está seco.
- Cortar la mecha a escuadra usando un cuchillo o navaja afilada y limpia e insertarla hasta tocar suavemente la carga del detonador y una vez colocada evitar torcerla.
- Utilizar alicate especial de detonador o máquina diseñada al efecto para fijar los detonadores a la mecha.
- Nunca tener explosivo en la mano al encender la mecha.
- Antes de llegar al tajo, contar el número de barrenos detonados y no regresar hasta que hayan transcurrido media hora en caso de fallo de alguna carga.
- Crear un programa de capacitación, el mismo que será dado a conocer al personal.

Estas capacitaciones serán dictadas semestralmente y registradas en hojas de control.

### **3.8. MEDIDAS DE SEGURIDAD CUANDO SE TRABAJE EN EL INTERIOR DE LA GALERÍA**

- Comprobar que el techo de la galería este suficientemente saneado, antes de continuar con los trabajos en su interior.
- Verificar que en el fondo de la galería la ventilación sea suficiente.

- Utilizar siempre el material de seguridad antes de entrar a la galería.
- Emplear las señales para advertir la necesidad de las protecciones personales en los lugares de trabajo.
- Iluminar adecuadamente el tajo de trabajo.
- Limpiar los pisos de escombros u otros materiales.
- Comprobar que el estado de líneas eléctricas, mangueras de aire comprimido y agua es el adecuado, y que estén bien sujetas a los hastiales es los tramos de acceso.
- Disponer de tomas de tierra, combinadas con dispositivos de corte y avisos en las máquinas.
- Mantener limpias las cunetas de desagüe.
- Eliminar el agua de la zona de operación.
- Colocar ordenadamente los materiales necesarios para los trabajos de excavación.
- Señalar los fondos del barreno y tiros fallidos, perforar los barrenos más próximos a estos con una distancia mínima de 20 cm. No utilizar nunca los fondos de los barrenos como punto de emboquille.

### **3.9 MEDIDAS DE SEGURIDAD MIENTRAS SE REALICEN LOS TRABAJOS DE PERFORACIÓN Y VOLADURA**

- Cumplir las normas y reglamentaciones vigentes.

- Formación técnica de los operadores, artilleros y personal manipulador de explosivos con charlas periódicas adecuadas.
- Utilización de maquinarias, explosivos, accesorios y sistema de iniciación, en condiciones de seguridad.

### **FIRMAS DE RESPONSABILIDAD**

\_\_\_\_\_  
**REPRESENTANTE LEGAL**

Sr. José Miguel Romero Loaiza

\_\_\_\_\_  
**ASESOR EXTERNO EN SEGURIDAD INDUSTRIAL**

Ing. Bolívar Muñoz Soriano, MSc.

	<p><i>SOCIEDAD PIQUE CURIPAMBA</i>          Departamento de Ambiente, Salud y Seguridad Industrial  <b>MANUAL DE PROCEDIMIENTO EN CASO DE          ATRAPAMIENTO Y DERRUMBE EN UNA LABOR          SUBTERRÁNEA</b></p>	<p>SISO-2019</p>
---	--	------------------

#### **ANEXO 7.- Manual de procedimiento en caso de atrapamiento y derrumbe**

### **MANUAL DE PROCEDIMIENTO EN CASO DE ATRAPAMIENTO Y DERRUMBE EN UNA LABOR SUBTERRÁNEA**

#### **4. INTRODUCCION**

Al interior de una mina subterránea, existe la posibilidad de un derrumbe debido a un sismo, colapso geotectónico o por planchones. La súbita caída del material rocoso, podría afectar a empleados, maquinarias o equipos ya sea por contacto directo o por obstrucción de los puntos de salida de las frentes de trabajo.

#### **5. OBJETIVO**

Establecer las acciones más inmediatas y efectivas para rescatar a los empleados producto de una caída de material, en cualquier sector de la mina.

#### **6. CONSIDERACIONES GENERALES**

Primero que todo como condición especial para enfrentar una emergencia, es **MANTENER LA CALMA**. Los pasos a seguir para el control de la emergencia son:

- La persona que observe o descubra un derrumbe, debe comunicar sobre la emergencia, vía telefónica al Jefe de Turno, algún compañero o en su defecto a la estación de winche, esta comunicación podrá también ser efectuada forma personal.
- Aquella persona que informe la emergencia, debe **IDENTIFICARSE** claramente, dando su Nombre e informando la **EXACTA UBICACIÓN** del lugar del derrumbe, personas e instalaciones comprometidas, además de indicar el lugar en que se encuentra en ese momento. Posteriormente éste debe colocarse a disposición del Jefe de la Brigada de Emergencia, para proporcionar mayores antecedentes.

	<p><i>SOCIEDAD PIQUE CURIPAMBA</i>          Departamento de Ambiente, Salud y Seguridad Industrial  <b>MANUAL DE PROCEDIMIENTO EN CASO DE          ATRAPAMIENTO Y DERRUMBE EN UNA LABOR          SUBTERRÁNEA</b></p>	<p><b>SISO-2019</b></p>
---	--	-------------------------

- El Jefe de la Brigada de Emergencia se constituirá en el lugar y si al evaluar descubre que hay víctimas, activa el Plan de Emergencia, instalando el COE (centro de operaciones de emergencia) lo más próximo al lugar de la emergencia o donde él lo estime conveniente.
- El jefe de la brigada de emergencia solicitará que se aisle el lugar y llamará de inmediato a los grupos de apoyo, como lo son la Brigada de Rescate de la mina, paramédico, para que apoye con su personal y con los equipos necesarios.
- Dependiendo de la gravedad de la emergencia, el jefe de la Brigada de Emergencia solicitará la constitución del CAE (comité asesor de emergencia), actuando este de la misma manera que el procedimiento en caso de incendio. Además de determinar la continuación de las operaciones o su detención parcial o total.
- Si el accidente ocurriera en el interior de la boca mina, se procederá a sacar el material acumulado, esto es, previa evaluación de la estabilidad del sector. Con el mejor personal y equipo disponible.
- Si la labor de extracción de material acumulado fuera evaluada como un trabajo demasiado lento, esto por la cantidad de material a remover, entonces se procederá a realizar los sondajes que sean necesarios y del mayor diámetro posible con el fin de asegurar la provisión de aire, alimentación, y comunicación con el personal atrapado.
- Para los sondajes se ha dispuesto utilizar cualquier equipo que esté disponible en faena y que pueda cumplir el objetivo. Estos sondajes serán ubicados de acuerdo a la topografía existente y serán proyectados de manera tal que sean realizados en el

	<p><i>SOCIEDAD PIQUE CURIPAMBA</i>          Departamento de Ambiente, Salud y Seguridad Industrial  <b>MANUAL DE PROCEDIMIENTO EN CASO DE          ATRAPAMIENTO Y DERRUMBE EN UNA LABOR          SUBTERRÁNEA</b></p>	<p><b>SISO-2019</b></p>
---	--	-------------------------

menor tiempo posible, considerando que al trabajar con labores de un solo acceso el volumen de aire en la cámara será consumido por los trabajadores en un tiempo a estimar de acuerdo al tamaño de la cámara.

- Realizada la operación de sondajes y establecida la comunicación con los trabajadores, se procederá a mantener estos sondajes de servicios, al menos dos de ellos, para la comunicación, ingreso de aire fresco, alimentación y servicios requeridos por este personal. Se deberán considerar sondajes de diámetro mayor o igual a 3 1/2”, esto para tener alternativas de transferir los alimentos y ropas de abrigo, como también los servicios.
- Confirmado el estado de los trabajadores atrapados, se buscará la mejor alternativa de acceso para sacar al personal, considerando para esto el tiempo de trabajo que se requiere, el cual debe ser el mínimo.
- Se deberá evaluar el tipo de desarrollo a realizar, considerando una labor de mínima sección, en función del tamaño de los equipos de carguío y el tipo de perforación más efectiva.
- Para la operación de rescate se deberá seleccionar el personal más capacitado técnicamente en sus funciones, es decir los mejores operadores, los mejores perforistas, los que deberán trabajar en turnos continuos con supervisión directa que deberá disponer de todos los recursos internos y externos para el éxito de la operación. Como también se debe designar a una persona o más, emocionalmente estable y apto para entablar comunicación con la (s) víctima (s) para entregar tranquilidad.

	<p><i>SOCIEDAD PIQUE CURIPAMBA</i>  Departamento de Ambiente, Salud y Seguridad Industrial  <b>MANUAL DE PROCEDIMIENTO EN CASO DE  ATRAPAMIENTO Y DERRUMBE EN UNA LABOR  SUBTERRÁNEA</b></p>	<b>SISO-2019</b>
---	--	------------------

- Al definir el punto donde se comenzará el avance para ingresar nuevamente a la cámara, deberá informarse a los trabajadores que se encuentran en su interior, ubicarse al extremo opuesto de esta operación, para evitar daños a las personas. En esta nueva posición asignada a los trabajadores se deberán realizar nuevamente tiros de sondajes para mantener la comunicación y servicios requeridos.
- Es de suma importancia que los trabajadores atrapados mantengan una constante comunicación con el exterior para evaluar su estado de ánimo y fuerzas físicas, para lo cual el paramédico debe proveer de los medicamentos y dietas necesarias a los involucrados.
- Se deberá considerar que, al llegar al punto de rotura de la nueva labor desarrollada, ésta rotura deberá hacerse solamente con una ventana, para no producir mayores daños estructurales.
- Si evaluada la situación, se llegará a concluir que realizar una nueva labor demandará demasiado tiempo, entonces se podrá considerar recuperar la labor de diseño con la fortificación disponible, considerando para esto, todos los medios de fortificación al alcance, previa evaluación.
- Si el evento ocurriera en una cámara que se encuentre por debajo del nivel freático, entonces se deberá considerar mantener un continuo bombeo para evitar el anegamiento de la labor y que los trabajadores puedan sufrir hipotermia durante su permanencia en el interior de la cámara.
- Es importante asesorarse por la brigada de rescate a mina, cuyos integrantes cuentan con el entrenamiento para manejar de mejor forma este tipo de

	<p><i>SOCIEDAD PIQUE CURIPAMBA</i>  Departamento de Ambiente, Salud y Seguridad Industrial  <b>MANUAL DE PROCEDIMIENTO EN CASO DE  ATRAPAMIENTO Y DERRUMBE EN UNA LABOR  SUBTERRÁNEA</b></p>	<b>SISO-2019</b>
---	--	------------------

emergencias, pues la reacción de las personas atrapadas no se puede prever, pero si existen actitudes estándares en los estados de ánimo de los atrapados, cuyas fases pasan desde la desesperación al cansancio mental.

- Una vez realizada la operación de rescate, es básico prestar los primeros auxilios en el lugar más seguro posible del sector. Recordar que los trabajadores deberán salir con sus ojos vendados considerando el tiempo que estuvieron a oscuras.
- Estabilizada la emergencia, se evaluará el lugar para reponer su normal funcionamiento operacional, y aquellas tareas adicionales si se requieren para el rescate de, equipos, materiales y servicios.
- El Jefe de la Brigada de Emergencia, conjuntamente con los integrantes del CAE, iniciarán la recolección de la información pertinente para la confección del informe definitivo.
- Es importante considerar los relevos del personal involucrado para lograr el éxito en la operación de emergencia.

#### **FIRMAS DE RESPONSABILIDAD**

\_\_\_\_\_

**REPRESENTANTE LEGAL**

José Miguel Romero Loaiza

\_\_\_\_\_

**ASESOR EXTERNO EN SEGURIDAD  
INDUSTRIAL**

Ing. Bolívar Muñoz Soriano, MSc.