



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

**“Determinación de Índices Técnicos de Gestión en el  
Desarrollo de Labores Mineras Subterráneas en la  
Mina San Salvador”**

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

**INGENIERO EN MINAS**

**Autor:**

**RONY JOSÉ LEÓN DELGADO**

**Director:**

**LEONARDO ANÍBAL NÚÑEZ RODAS**

**CUENCA, ECUADOR**

**2019**

## **DEDICATORIA**

Dedico el presente trabajo principalmente a mi familia, por ser el mayor apoyo para mi formación como persona y profesional, por sus consejos oportunos y comprensión en todo momento.

De igual manera a mis docentes y al personal de la empresa SOMILOR S.A por ser mis orientadores y amigos durante todo este tiempo de formación, por su ayuda y tiempo brindado de manera desinteresada.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco primeramente a Dios por darme la fuerza y aliento cada día, a mis padres y hermanos por ser quienes en los buenos y malos momentos supieron apoyarme y comprenderme; gracias a su paciencia, motivación y amor infinito he logrado cumplir esta meta tan importante en mi vida.

A todas las personas que me quieren y me apoyan; mi novia, abuelitos, tíos, primos, amigos y compañeros. Cada uno supo dar su granito de arena para la consecución de este logro.

A todos los docentes de la Escuela de Ingeniería en Minas, por la adquisición de conocimientos con alto profesionalismo, afianzando mi formación como futuro profesional.

A los directivos y personal técnico de la Sociedad Minera Liga de Oro por haberme dado la oportunidad de emprender en su nuevo proyecto y afianzar los conocimientos adquiridos en las aulas, con la práctica desarrollada en esta prestigiosa empresa, en especial a los ingenieros Richard Reza, Marcelo Apolo, Reinaldo Yépez y Jhon Gualacata gracias por su colaboración, guía, amistad y apoyo desinteresado y a los señores Efraín Vivanco y Ramiro Vargas por su tiempo e incentivación permanente durante mi estadía en el campamento de San Salvador.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>3</b>
1.1. Descripción de la zona de estudio.....	3
1.1.1. Ubicación geográfica.....	3
1.1.2. Acceso y vías de comunicación.....	4
1.1.3. Clima.....	4
1.1.4. Vegetación.....	5
1.2. Geología.....	6
1.2.1. Geología regional.....	6
1.2.2. Geología local.....	7
1.3. Descripción del yacimiento.....	8
1.3.1. Valorización de las intersecciones tectónicas.....	12
1.3.2. Evaluación de las intersecciones.....	12
1.3.3. Vetas o depósitos vetiformes.....	13
1.4. Implantación del campamento.....	16
1.4.1. Descripción del campamento.....	17
1.4.1.1. Área operativa.....	18
1.4.1.2. Área de polvorines.....	18
1.4.1.3. Área social.....	19
1.5. Base Teórica.....	19
1.5.1. Indicadores de gestión.....	19
1.5.2. Importancia de la medición.....	20

1.5.2.1.	Premisas para definir tipos de índices.....	21
1.5.2.2.	Premisas para una medición adecuada.....	21
1.5.3.	Beneficios derivados de los indicadores de gestión.....	22
1.5.3.1.	Monitoreo del proceso.....	22
1.5.3.2.	Benchmarking.....	22
1.5.3.3.	Gerencia del cambio.....	23
1.5.4.	Características de los indicadores de gestión.....	23
1.5.5.	Tipología de los Indicadores.....	24
1.5.5.1.	Indicadores de Eficacia.....	24
1.5.5.2.	Indicadores de Eficiencia.....	25
1.5.5.3.	Indicadores de Efectividad.....	26
1.5.5.4.	Indicadores de Economía.....	26
1.5.6.	Determinación y construcción de indicadores.....	27
1.5.6.1.	Mejoramiento continuo.....	28
1.5.6.2.	Implantación de un sistema de indicadores.....	30
1.5.7.	Aplicación e implementación de indicadores en diversos estudios.....	31
<b>CAPITULO II: CARACTERIZACIÓN OPERATIVA SUBTERRÁNEA.....</b>		<b>33</b>
2.1.	Traslado hacia y desde el lugar de trabajo.....	33
2.1.1.	Descripción de la operación.....	33
2.1.2.	Requerimientos para su ejecución.....	33
2.2.	Aseguramiento del área de trabajo.....	33
2.2.1.	Descripción de la operación.....	33
2.2.2.	Requerimientos para su ejecución.....	33
2.2.2.1.	Para avance de galería en suelo y matriz rocosa inestable.....	33
2.2.2.2.	Para avance de galería en roca.....	34
2.2.3.	Manipulación, transporte y uso de explosivos.....	35
2.3.	Proceso de perforación.....	37
2.3.1.	Descripción de la operación.....	37
2.3.2.	Requerimientos para su ejecución.....	37
2.3.2.1.	Traslado de máquinas de perforar en galerías.....	37
2.3.2.2.	Armado y preparación de la máquina de perforación.....	38

2.3.2.3.	Operación de la máquina de perforar.....	39
2.3.2.4.	Limpieza de barrenos perforados.....	39
2.4.	Proceso de voladura.....	40
2.4.1.	Descripción de la operación.....	40
2.4.2.	Requerimientos para su ejecución.....	41
2.4.2.1.	Trazado de la malla de perforación.....	41
2.4.2.2.	Traslado de explosivos al frente de voladura.....	41
2.4.2.3.	Cebado.....	42
2.4.2.4.	Carguío de barrenos.....	43
2.4.2.5.	Secuencia de disparo y encendido.....	43
2.5.	Proceso de carga y transporte.....	45
2.5.1.	Descripción de la operación.....	45
2.5.2.	Requerimientos para su ejecución.....	45
2.5.2.1.	Carga y descarga de vagones.....	45
2.5.2.2.	Transporte de material desde interior mina.....	46
2.6.	Proceso de instalaciones subterráneas.....	47
2.6.1.	Descripción de la operación.....	47
2.6.2.	Requerimientos para su ejecución.....	47
2.6.2.1.	Generalidades.....	47
2.6.3.	Instalación de aire comprimido y agua.....	48
2.6.4.	Instalación de Mangas de Ventilación.....	49
2.6.5.	Instalación de mangueras y accesorios para bombeo.....	50
2.6.6.	Colocación de Rieles.....	51
<b>CAPITULO III: DETERMINACIÓN DE ÍNDICES.....</b>		<b>52</b>
3.1.	Metodología para la determinación de índices de gestión.....	52
3.1.1.	Identificación de procesos.....	52
3.1.1.1.	Materiales e insumos requeridos.....	53
3.1.2.	Objetivos y alcances de los procesos.....	57
3.1.3.	Factores claves del éxito.....	61
3.1.4.	Definiendo indicadores.....	62
3.1.4.1.	Descripción de los principales indicadores para la gestión.....	63
3.1.5.	Rango de Gestión.....	65

3.1.6. Toma de datos.....	67
3.1.7. Compilación y validación de la información.....	80
<b>CAPÍTULO IV: RESULTADOS.....</b>	<b>86</b>
4.1. Resultados mostrados en tablas comparativas.....	86
4.2. Resultados mostrados en gráficos comparativos.....	88
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>100</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>102</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>105</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Ubicación de SOMILOR s.a. en San Salvador.....	3
Figura 1.2 Mapa de accesos y vías de comunicación.....	4
Figura 1.3 Paisaje de San Salvador.....	5
Figura 1.4 Árboles de la zona de San Salvador (Tagua, Aguacate y nogal).....	5
Figura 1.5 Mapa geológico regional del distrito Azuay.....	6
Figura 1.6 Muestra de roca Mineralizada San Salvador.....	7
Figura 1.7 Mineralización de las vetas.....	9
Figura 1.8 Cronología de Estructuras.....	10
Figura 1.9 Cronología de fases tectónicas San Salvador.....	11
Figura 1.10 Valorización de las Intersecciones Tectónicas.....	12
Figura 1.11 Ejemplo de vetas subparalelas con impacto de estructuras syn- genéticos.....	13
Figura 1.12 Enriquecimiento fuerte en estructuras syn-genéticas graficado con isoleyes.....	14
Figura 1.13 Ejemplo de zanjas de muestreo y perforaciones en veta.....	15
Figura 1.14 Ejemplo de análisis del espesor de una Veta.....	15
Figura 1.15 Mapa de localización de boca mina en coordenadas geográficas.....	16
Figura 1.16 Mapa de concesión minera "frejolito".....	16
Figura 1.17 Instalaciones del Campamento San Salvador.....	17
Figura 1.18 Generador, compreso, locomotora para el área operativa.....	18
Figura 1.19 Área de Polvorines.....	18

Figura 1.20 Dispensario médico, comedor del área social.....	19
Figura 1.21 Representación de datos e información.....	22
Figura 1.22 Interrelación entre los procesos y los tipos de Indicadores.....	24
Figura 1.23 Ciclo PHVA.....	29
Figura 2.1 Trabajo de perforación.....	37
Figura 2.2 Trabajo de carga de explosivos.....	40
Figura 2.3 Trabajo de carguío y transporte.....	45
Figura 2.4 Trabajo de Instalaciones Subterráneas.....	47
Figura 3.1 Flujo de procesos mineros subterráneos “San Salvador”.....	52
Figura 3.2 Perforación específica en función del área del túnel y diámetro de perforación.....	63
Figura 3.3 Consumo Específico en función del área del túnel y diámetro de los barrenos.....	64
Figura 3.4 Reducción de los costes de operación con el consumo específico.....	64
Figura 4.1 Resultado general en la variación de indicadores de perforación.....	89
Figura 4.2 Porcentaje de variación operacional y costos en Perforación.....	89
Figura 4.3 Resultados de indicadores de perforación, dimensión operacional.....	90
Figura 4.4 Resultados de indicadores de perforación, dimensión costo.....	91
Figura 4.5 Resultado general en la variación de indicadores de voladura.....	91
Figura 4.6 Porcentaje de variación operacional y costos en Voladura.....	92
Figura 4.7 Resultados de indicadores de voladura, dimensión operacional.....	93
Figura 4.8 Resultados de indicadores de voladura, dimensión costo.....	93

Figura 4.9 Resultado general en la variación de indicadores de carguío y transporte.....	94
Figura 4.10 Porcentaje de variación operacional y costos en carguío y transporte.....	94
Figura 4.11 Resultados de indicadores de carguío y transporte, dimensión operacional.....	95
Figura 4.12 Resultados de indicadores de carguío y transporte, dimensión costo.....	96
Figura 4.13 Resultado general en la variación de indicadores de instalaciones, infraestructura y trabajo en general.....	97
Figura 4.14 Porcentaje de variación operacional y costos en instalaciones, infraestructura y trabajo en general.....	97
Figura 4.15 Resultado del indicador de instalaciones, infraestructura y trabajo en general, dimensión operacional.....	98
Figura 4.16 Resultados de indicadores de instalaciones, infraestructura y trabajo en general, dimensión costo.....	99

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1 Materiales e insumos utilizados para ejecutar las actividades mineras.....	53
Tabla 3.2 Objetivos y alcances del proceso de perforación.....	57
Tabla 3.3 Objetivos y alcances del proceso de voladura.....	58
Tabla 3.4 Objetivos y alcances del proceso de carguío y transporte.....	59
Tabla 3.5 Objetivos y alcances del personal, instalaciones e infraestructuras en general.....	60
Tabla 3.6 Factores claves de éxito para establecer los indicadores.....	61
Tabla 3.7 Indicadores operativos de gestión para San Salvador.....	62
Tabla 3.8 Rango de gestión para indicadores de perforación.....	65
Tabla 3.9 Rango de gestión para indicadores de voladura.....	65
Tabla 3.10 Rango de gestión para indicadores de carguío y transporte.....	66
Tabla 3.11 Rango de gestión para indicadores de instalaciones, infraestructura y trabajo en general.....	66
Tabla 3.12 Datos en el desarrollo de la operación correspondientes a Agosto.....	67
Tabla 3.13 Datos en el desarrollo de la operación correspondientes a Septiembre....	68
Tabla 3.14 Datos en el desarrollo de la operación correspondientes a Octubre.....	69
Tabla 3.15 Datos en el desarrollo de la operación correspondientes a Noviembre.....	70
Tabla 3.16 Datos del uso de materiales de perforación, con su costo total por cada mes.....	71
Tabla 3.17 Datos del uso de materiales de voladura, con su costo total por cada mes.....	71

Tabla 3.18 Datos del uso de materiales de extracción, con su costo total por cada mes.....	72
Tabla 3.19 Datos del uso de mat, de transporte, con su costo total por cada mes.....	72
Tabla 3.20 Datos del uso de mat, de ventilación, con su costo total por cada mes.....	73
Tabla 3.21 Datos del uso de mat, de instalaciones, con su costo total por cada mes....	73
Tabla3.22 Datos del uso de mat, de mantenimiento, con su costo total por cada mes...	74
Tabla 3.23 Datos del uso de materiales de fortificación, con su costo total por cada mes.....	75
Tabla 3.24 Datos del uso de mat, de buzones, con su costo total por cada mes.....	76
Tabla 3.25 Datos del uso de EPP, con su Costo Total por cada Mes.....	77
Tabla 3.26 Datos del uso de Materiales de Energía, con su Costo Total por mes.....	77
Tabla 3.27 Datos del uso de Materiales de Construcciones, con su Costo Total por cada Mes.....	78
Tabla 3.28 Datos del uso de Varios Materiales, con su Costo Total por cada Mes...	79
Tabla 3.29 Datos del personal, con sus sueldos y salarios mensuales.....	79
Tabla 3.30 Compilación y validación de información Mensual en gastos.....	80
Tabla 3.31 Compilación y validación de información Mensual en estadísticas.....	83
Tabla 3.32 Compilación y validación de información Mensual en indicadores.....	84
Tabla 4.1 Comparación de información de perforación.....	86
Tabla 4.2 Comparación de información de voladura.....	87
Tabla 4.3 Comparación de información de carguío y transporte.....	88
Tabla 4.4 Comparación de información de instalaciones, infraestructura y trabajo en general.....	88

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Estructura de fortificación para San Salvador.....	104
Anexos 2 Malla de perforación para galería principal de San Salvador.....	108
Anexo 3 Plantilla de perforación/ desfogues, 1er, 2do y 3er cuadrante.....	109
Anexo 4 Primer informe de gestión para San Salvador.....	110

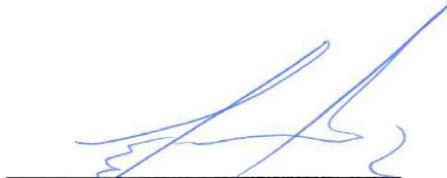
**DETERMINACIÓN DE ÍNDICES TÉCNICOS DE GESTIÓN EN EL  
DESARROLLO DE LABORES MINERAS SUBTERRÁNEAS EN LA MINA  
SAN SALVADOR**

**RESUMEN**

El presente trabajo tiene como objetivo determinar índices técnicos de gestión que intervienen en las actividades mineras subterráneas en la mina San Salvador; mediante la recolección de datos, determinación de variables y parámetros de mayor relevancia que se deben medir. Afianzados en la recolección de la información se proponen los indicadores que ayudan con la gestión de procesos mineros, donde se puede identificar como estos cambian de acuerdo a las condiciones de trabajo. Basados en la comparación de resultados económicos y de eficiencia obtenidos, se deduce que los indicadores realmente representan el comportamiento de procesos y sobre los cuales la gerencia de la operación puede actuar en forma efectiva y segura para mejorar el desempeño de la industria minera.

**Palabras clave:** Índices, gestión.

  
Leonardo Aníbal Núñez Rodas  
**Director del Trabajo de Titulación**

  
Leonardo Aníbal Núñez Rodas  
**Coordinador de Escuela**

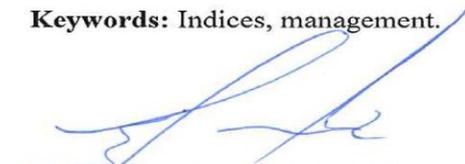
  
Rony José León Delgado  
**Autor**

**DETERMINATION OF TECHNICAL MANAGEMENT INDICES IN THE  
DEVELOPMENT OF UNDERGROUND MINING WORKS IN THE SAN  
SALVADOR MINE**

**ABSTRACT**

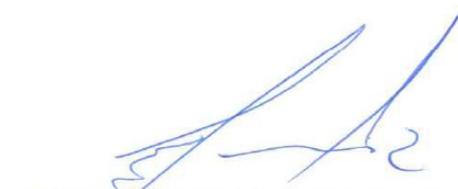
The objective of this work was to determine the technical management indexes that intervene in the underground mining activities at San Salvador mine through the collection of data, determination of variables and parameters of greater relevance that must be measured. Supported in the collection of information, indicators that help with the management of mining processes are proposed. It can be identified how these indicators change according to the working conditions. Based on the comparison of economic and efficiency results, it can be deduced that the indicators really represent the behavior of processes and that the management of the operation can act on these effectively and safely to improve the performance of the mining industry.

**Keywords:** Indices, management.



---

Leonardo Aníbal Núñez Rodas  
**Thesis Director**



---

Leonardo Aníbal Núñez Rodas  
**Faculty Coordinator**



---

Rony José León Delgado  
**Author**

León Delgado Rony José

Trabajo de Titulación

Ing. Leonardo Aníbal Núñez Rodas

Marzo, 2019

**DETERMINACIÓN DE ÍNDICES TÉCNICOS DE GESTIÓN EN EL  
DESARROLLO DE LABORES MINERAS SUBTERRÁNEAS EN LA  
MINA SAN SALVADOR**

**INTRODUCCIÓN**

Las operaciones subterráneas requieren una alta inversión, especialmente en aspectos técnicos (personal calificado, mano de obra, maquinaria, herramientas, energía e insumos), los cuales generan gastos a lo largo de toda la vida de la mina, por lo tanto se ve la necesidad de tener conocimiento sobre qué?, cómo? y cuánto? se requiere para desarrollar las labores mineras. Añadiendo que las labores mineras están asociadas de acuerdo a las condiciones climáticas, geológicas, hidrogeológicas, estructurales y mecánicas que se presentan en cada mina.

Por lo tanto a través del presente trabajo se pretende determinar los índices técnicos de gestión que intervienen en el desarrollo de las actividades mineras subterráneas en la mina “San Salvador”, mediante la identificación de todos los insumos necesarios para el desarrollo de las labores mineras y además con la recolección de datos (tiempos, rendimientos, consumos, etc.) en todas las operaciones (perforación, voladura, carga, transporte e instalaciones).

Los indicadores de gestión harán posible alcanzar un mejor control de las actividades realizadas, es decir que estos indicadores nos permitirán tener una representación cuantitativa y objetiva de la información tomada en las labores mineras. Posteriormente estos indicadores pueden ser usados para determinar el nivel de avance respecto a las metas pre-establecidas por la empresa.

El control y la medición de las actividades y operaciones desempeñadas en las labores mineras, permiten tener una buena gestión y por lo tanto mejorar sus actividades.

## CAPÍTULO I

### MARCO TEÓRICO

#### 1.1 Descripción de la zona de estudio

##### 1.1.1 Ubicación Geográfica

El área de estudio se encuentra ubicada en el límite de las provincias de El Oro y Azuay, perteneciendo políticamente a esta última, se ubica en un rango altitudinal entre 1050 y 1100 m.s.n.m; aproximadamente. Su localización es en la Región Sur – Occidente del Ecuador, en el recinto San Salvador, Cantón Camilo Ponce Enríquez, provincia del Azuay, donde SOMILOR S.A (Sociedad Minera Liga de Oro) realiza trabajos de exploración y explotación de yacimientos auríferos vetiformes en el área concesionada.

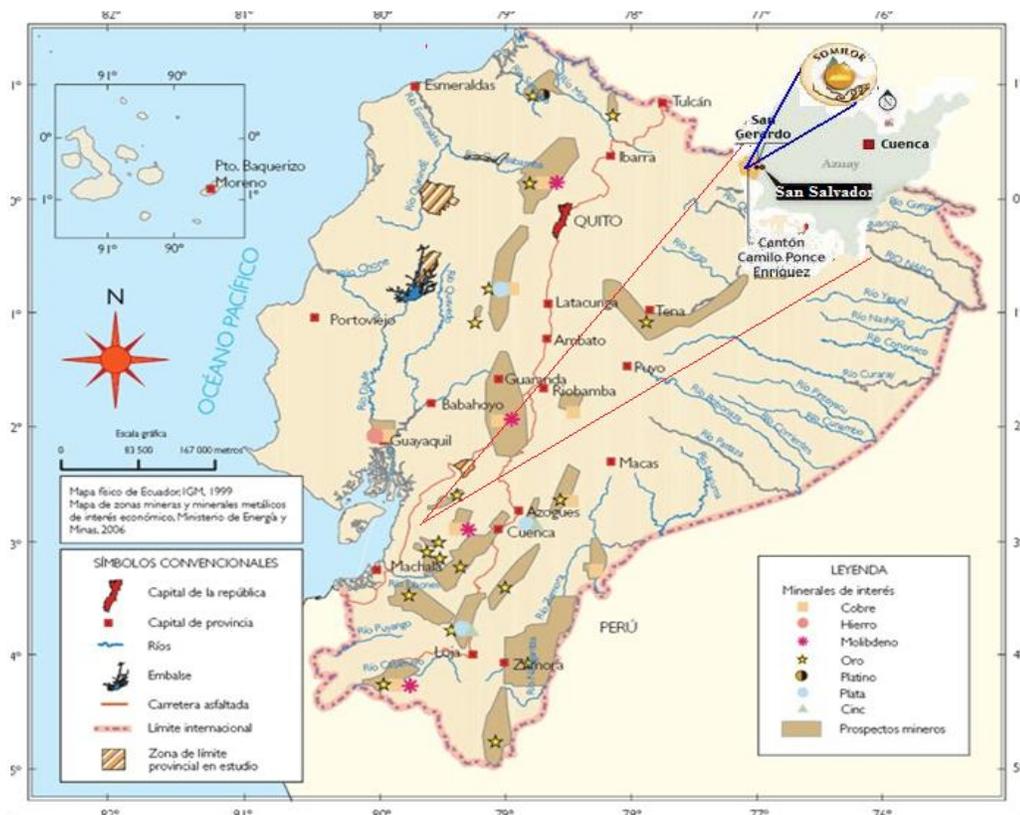


Figura 1.1 Ubicación de somilor s.a. en san salvador.

Fuente: <http://www.ec.kalipedia.com/geografia-ecuador/tema/graficos-zonas-mineras-ecuador>

### 1.1.2 Acceso y Vías de Comunicación

La principal ruta de acceso terrestre hacia el área del proyecto desde la ciudad de Cuenca, capital de la provincia del Azuay, es siguiendo la vía La Troncal Puerto Inca y La Troncal de la Costa las cuales unen las ciudades de Cuenca y Machala, pasando por el Parque Nacional El Cajas, Puerto Inca, Naranjal, hasta llegar a la altura del cantón Camilo Ponce Enríquez donde se sigue por una vía de segundo orden para finalmente llegar al sitio San Salvador en el área minera “Frejolito” código:10000368 de la compañía minera SOMILOR S.A. El trayecto antes mencionado tiene una duración aproximada de cinco horas y media.



Figura 1.2 Mapa de accesos y vías de comunicación  
Fuente: Programa de posicionamiento satelital Google Earth, 2018

### 1.1.3 Clima

Las características climáticas de la zona son de tipo monzónico, este tipo de clima corresponde a la zona de vida bosque húmedo premontano.

El bosque húmedo premontano en sentido altitudinal se extiende desde los 300 hasta los 2000 msnm, su temperatura promedio anual es de 18 a 24°C y recibe un promedio de 2000 mm de precipitación anual. (SOMILOR S.A, 2009)



Figura 1.3 Paisaje de San Salvador

### 1.1.4 Vegetación

La vegetación encontrada se caracteriza por tener árboles con más de 20 m de altura y un denso estrato herbáceo de helechos y plantas.

El bosque original ha sido cortado intensamente, dando paso al crecimiento de las gramíneas nativas que se propagan bien, siendo muy altas y tupidas, convirtiéndose en un buen heno, bajo estas condiciones la gente local practica la ganadería de vacunos. Los árboles más representativos de la zona son: tagua, nogal, pambil, chonta, guarumo, cacao de monte, limoncillo. (SOMILOR S.A, 2009)



Figura 1.4 Árboles de la zona de San Salvador (Tagua, Aguacate y nogal)

## 1.2 Geología

### 1.2.1 Geología Regional

La región es conocida por sus depósitos de Cu – Au – Mo en pórfidos, vetas, brechas y stockwork, epi – mesotermales, desarrollados dentro de rocas de caja volcánicas. El recurso mineral de Camilo Ponce Enríquez está situado en la Unidad Pallatanga del Cretácico Medio Temprano, que forma una banda casi continua limitada por fallas a lo largo de las estribaciones occidentales de la Cordillera Occidental. La unidad comprende basaltos toleíticos, lávicos, masivos y almohadillados con intrusiones básicas y cantidades subordinadas de volcanoclastitas, sedimentos pelágicos y rebanadas tectónicas de rocas ultramáficas. La base de esta unidad no está expuesta y, hacia el este, está cubierta discordantemente por las rocas volcánicas subaéreas, de composición intermedia a silíceo calco – alcalina del Grupo Saraguro (Eoceno Medio Tardío o Mioceno Inferior). El espesor de esta unidad ha sido estimado en más de 1 Km al este de Ponce Enríquez. (Valencia D. 2014)

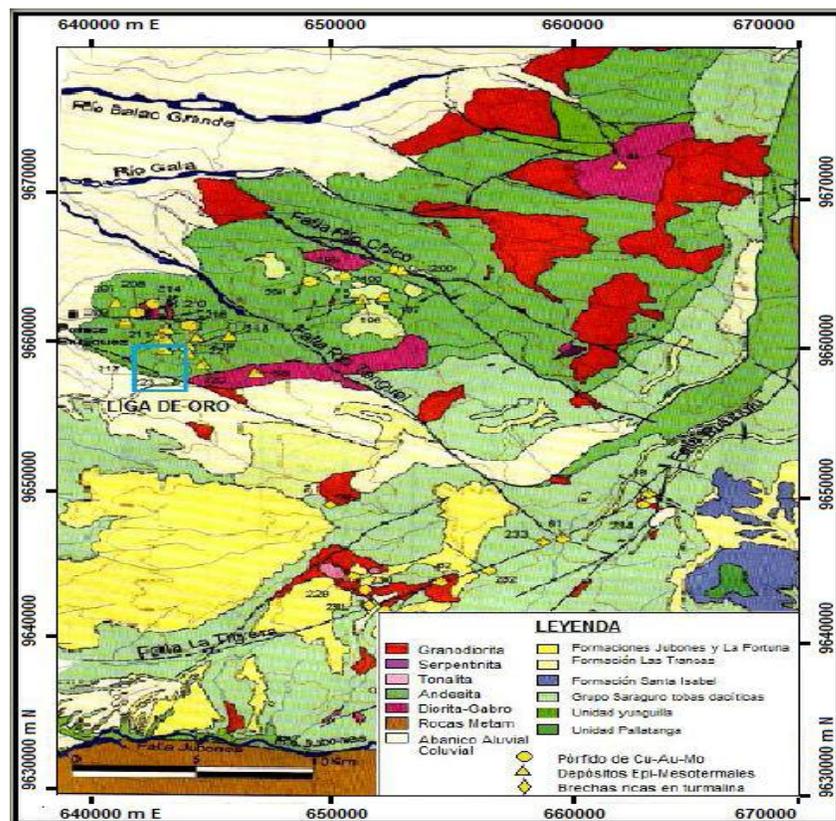


Figura 1.5 Mapa geológico regional del distrito Azuay

Fuente: Instituto Geográfico Militar (<http://www.igm.gov.ec/index.php/en/>)

### 1.2.2 Geología Local

Localmente la mineralización está encajada en rocas andesíticas de la Unidad Pallatanga, esta roca intrusiva está formada de fenocristales de plagioclasas y clorita dispuestos en una matriz afanítica finamente granulada de estructura microcristalina compuesta de magnetita, clorita y disseminaciones de pirita.

Litológicamente el yacimiento está compuesto por rocas andesíticas de color verdoso muy compactas, de textura afanítica, porfidítica con fenocristales de minerales máficos como anfíboles.

Las rocas presentan alteración hidrotermal como es la silisificación, sericitación y piritización, todas estas alteraciones están relacionadas a la mineralización del sector.



Figura 1.6 Muestra de roca mineralizada en San Salvador

Los sulfuros principales que se encuentran en el yacimiento son: pirita, calcopirita, con menor presencia de marcasita, arsenopirita, pirrotina y galena. La pirita y calcopirita se presentan de forma disseminada y en vetillas principalmente.

La galena se presenta en vetillas junto con carbonatos y cuarzo secundario, en ocasiones drúsicos, asociados a fracturas.

El oro principalmente se presenta en granos libres adosados al cuarzo, también se encuentra incluido en los cristales calcopirita y pirita en menor proporción. (SOMILOR S.A, 2009)

### 1.3 Descripción del yacimiento

La zona está caracterizada por yacimientos vetiformes los cuales tienen una simetría tabular. Cuyo origen de la estructura tabular puede ser una veta hidrotermal, un dique magmático o una zona de falla mineralizada. Los diques son estructuras de formación magmática (cristalización magmática) con un ancho entre 1 m hasta 200 m.

Mientras tanto que las vetas son estructuras de formación post-magmática, en la mayoría hidrotermal, los minerales se cristalizan de una fase acuática de acuerdo a la temperatura y presión (entre otros factores). (Griem, 2018)

Las zonas de fallas también muestran una mineralización de forma tabular a causa de una metasomatosis de las rocas fracturadas en la zona de falla. El fracturamiento dio espacio para los líquidos ascendentes.

En conclusión las diferencias entre los tres grupos no son tan marcadas, es decir tal vez existen estructuras transitorias entre los grupos, por ejemplo entre veta y zona de falla mineralizada.

La mineralización de las vetas se presenta internamente heterogéneas. Existen sectores de mediana ley o de alta ley o sectores estériles. Puede ser que la litología de la roca de caja marca una influencia a la magnitud de la mineralización.

Por supuesto las estructuras vetiformes tienen una relación a la geología estructural del sector. La estructura tabular por sí mismo es una estructura tectónica. La mineralización interna de las vetas depende también de estructuras en intersección. Depende de la secuencia de las fases tectónicas: fases más jóvenes en comparación de la estructura no afectan la veta, fases de la misma edad controlan fuertemente la mineralización. Las fases después de la formación de la veta provocan principalmente desplazamientos en la estructura. (Griem, 2018)

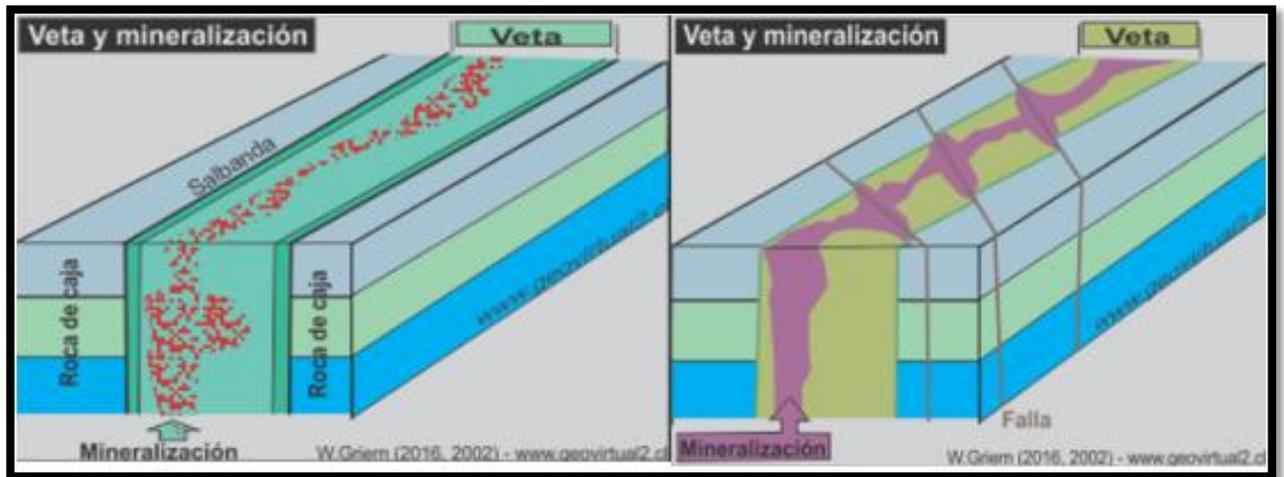


Figura 1.7 Mineralización de las vetas  
Fuente: Geología virtual/ Apuntes depósitos minerales

Estructuras tectónicas especialmente fallas, diaclasas y diques marcan edades (relativos) de su origen. El principio es muy simple:

1. Cada estructura tectónica es más joven en relación a su roca de caja. Es decir: las fallas, diaclasas, vetas, y diques en una roca siempre tienen edades menores que la roca.
2. Una estructura tectónica joven puede cortar una estructura antigua. Es decir: la génesis de un elemento tectónico afecta a las estructuras tectónicas antiguas. (Griem, 2018)

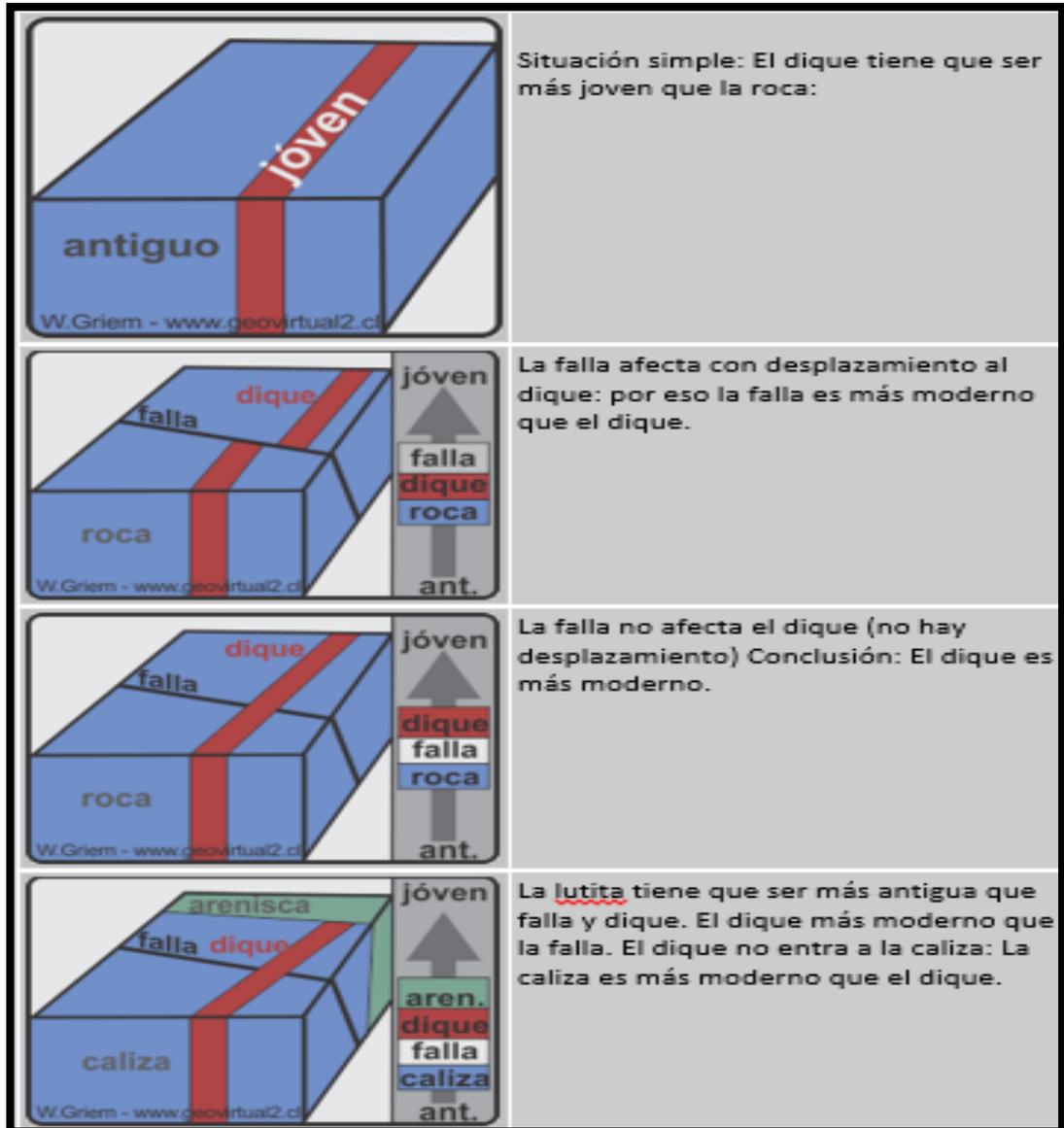


Figura 1.8 Cronología de Estructuras  
Fuente: Geología virtual/ Apuntes depósitos minerales

Con este principio se puede desarrollar la cronología de las fases tectónicas de nuestro sector. Este método por supuesto tiene sus limitaciones y sus errores, por ejemplo el comportamiento tectónico es diferente entre dos materiales (rocas) distintas.

El sector de estudio “San Salvador” presenta los siguientes acontecimientos geológicos.

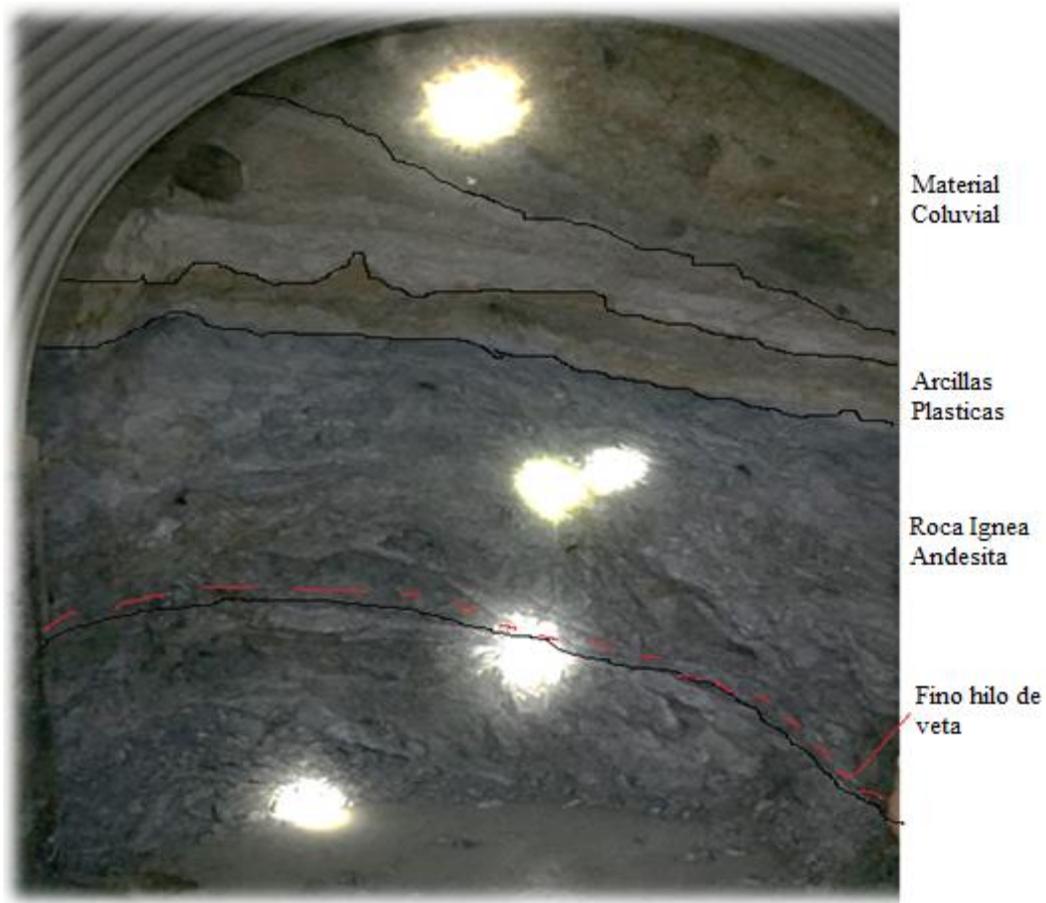


Figura 1.9 Cronología de fases tectónicas San Salvador.

Las capas de material coluvial y arcillas son concordantes entre sí y presentan un contacto concordante sobre la roca ígnea. Este hecho nos indica que las capas de estos materiales se depositaron sobre la roca ígnea sin que ésta fuera erosionada.

Los materiales se depositaron horizontalmente, y como se encuentran inclinadas, podemos deducir que han sufrido una deformación tectónica.

La vetilla se ha introducido a través de una falla antes de la sedimentación de los materiales sobre la roca, a la que corta, pues estos materiales sedimentarios no han sido afectados. (Griem, 2018)

### 1.3.1 Valorización de las Intersecciones Tectónicas

Algunas interpretaciones de intersecciones de elementos tectónicos no llegan al resultado esperado a causa de algunos factores durante el emplazamiento del elemento tectónico.

- a) Formación de grietas de enfriamiento en el dique cuales muestran una dirección tectónicamente no existente.
- b) Fracturamiento refractado: En casos de inhomogeneidades (por ejemplo roca del dique dura, roca de caja más blanda) las direcciones de las fracturas se cambian.
- c) Desplazamiento aparente: vetillas y diaclasas muestran una continuación desplazada por razones genéticas.
- d) Ausencia de emplazamiento de diques por razones de dureza de roca. (Griem, 2018)

### 1.3.2 Evaluación de las intersecciones

El grupo uno y dos se constituyen de alta confianza. El grupo 4 se analiza con alta precaución.

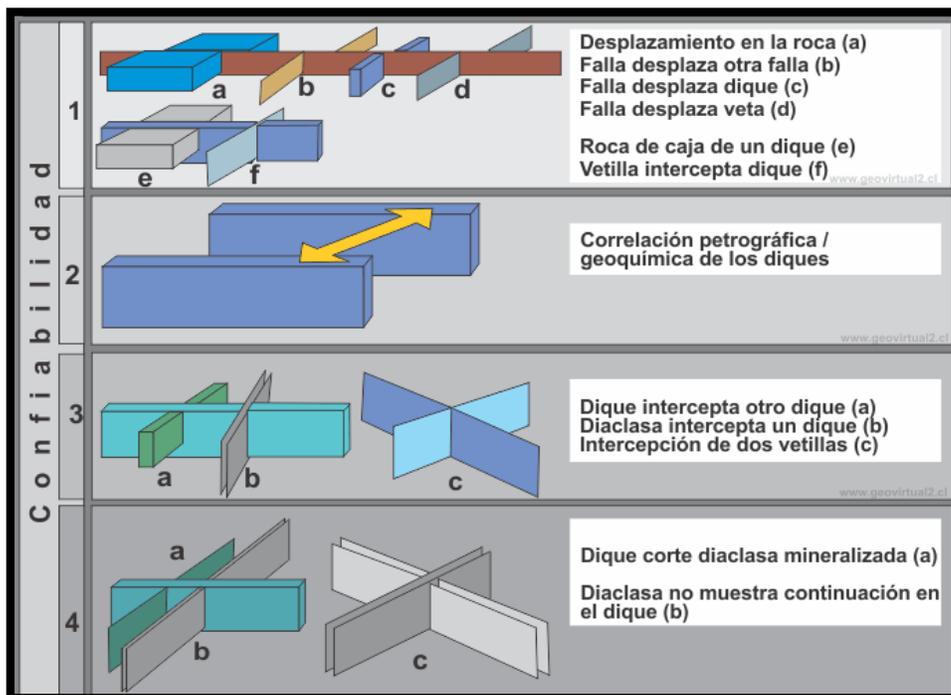


Figura 1.10 Valorización de las Intersecciones Tectónicas  
Fuente: Geología virtual/ Apuntes depósitos minerales

Las estructuras de mayor confianza son relacionadas con fallas tectónicas con indicadores directas del desplazamiento como estrías.

La correlación petrográfica y geoquímica muestra una confianza menor. Intersecciones entre diques, vetas, rellenos de diaclasas o solo diaclasas se encuentra en los grupos de baja confianza (Grupo 3 y 4). (Griem, 2018)

### 1.3.3 Vetas o depósitos vetiformes

Vetas o estructuras vetiformes generalmente aparecen en "sets" es decir estructuras paralelas o subparalelas que se pierden después de algunos cientos de metros. Además las fallas syn-genéticas muestran una mineralización. (Griem, 2018)

Conclusión para yacimientos vetiformes:

- a) Fuerte impacto tectónico.
- b) Estructuras tectónicas syn- y postgenéticas.
- c) Factores de formación: mineralización correspondiente a la temperatura, presión, pH, fugacidad de Oxígeno del sistema hidrotermal, porosidad de la roca, fracturamiento de la roca, tipo de minerales.
- c) Cambios de la mineralización hacia la profundidad, a la corrida y al ancho de la estructura.
- d) Comportamiento no-lineal de la distribución de la mineralización

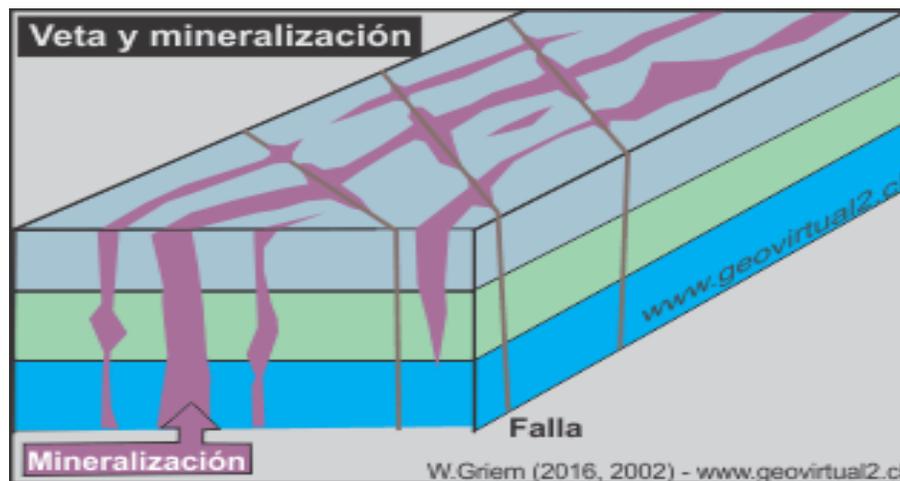


Figura 1.11 Ejemplo de vetas subparalelas con impacto de estructuras syn-genéticas.  
Fuente: Geología virtual/ Apuntes depósitos minerales

También hay que mencionar que estos yacimientos son los más importantes depósitos en la minería. Las altas leyes eran una fuerte ventaja.

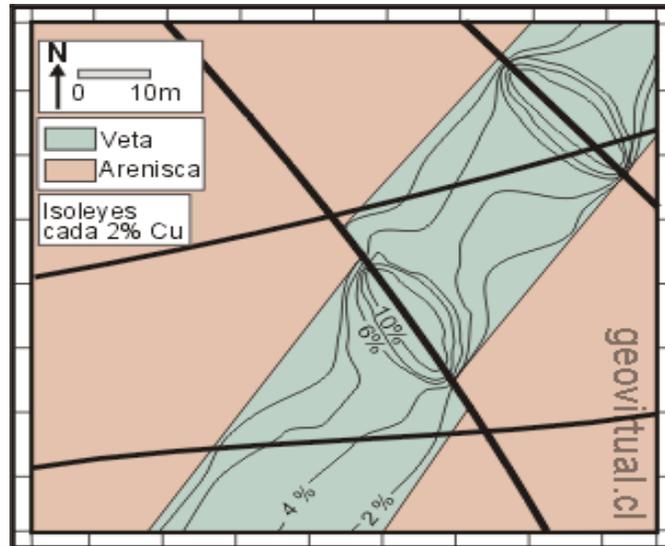


Figura 1.12 Enriquecimiento fuerte en estructuras syn-genéticas graficado con isopleques.  
Fuente: Geología virtual/ Apuntes depósitos minerales

Las Vetas son estructuras sumamente heterogéneas, es decir se puede esperar cambios bruscos en litología y por supuesto en los contenidos de mena. La heterogeneidad se extiende a las tres dimensiones - la corrida de la veta, el ancho de la veta y la profundidad.

Se recomienda:

- a) Realizar zanjas de muestreo (interior y exterior siempre perpendicular de la estructura principal).
- .b) Perforaciones se realiza desde afuera, cortando la veta en profundidad, nunca desde el interior de la veta hacia abajo, persiguiendo la veta.

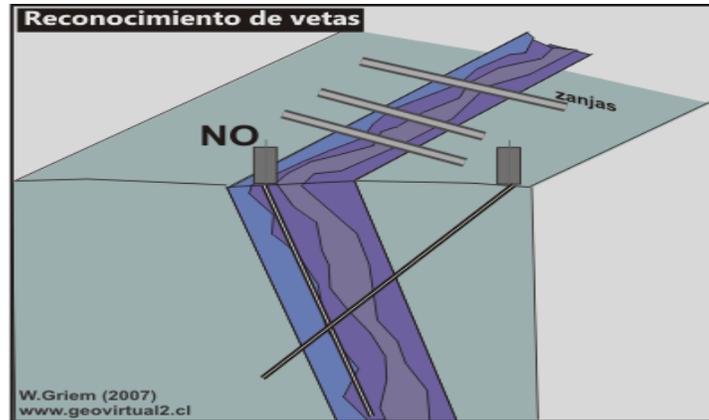


Figura 1.13 Ejemplo de Zanjas de Muestreo y Perforaciones en Veta  
Fuente: Geología virtual/ Apuntes depósitos minerales

Las perforaciones desde afuera, cortando la veta tienen la ventaja de atravesar toda la veta y permiten realizar análisis de todo el ancho de la estructura, incluyendo los contactos. Es casi la única manera de obtener una imagen completa de toda la estructura.

Pero ojo: Los sondajes atraviesan la estructura en un ángulo que obliga realizar una corrección del espesor aparente al espesor real. Se nota en la figura 1.14 que los tres sondajes no son perpendicular de la veta - entonces producen un espesor aparente - el espesor real es menor, de acuerdo de la línea perpendicular.

Además se muestra que de la misma instalación de la perforadora se puede realizar varios tiros, con diferente inclinación. (Griem, 2018)

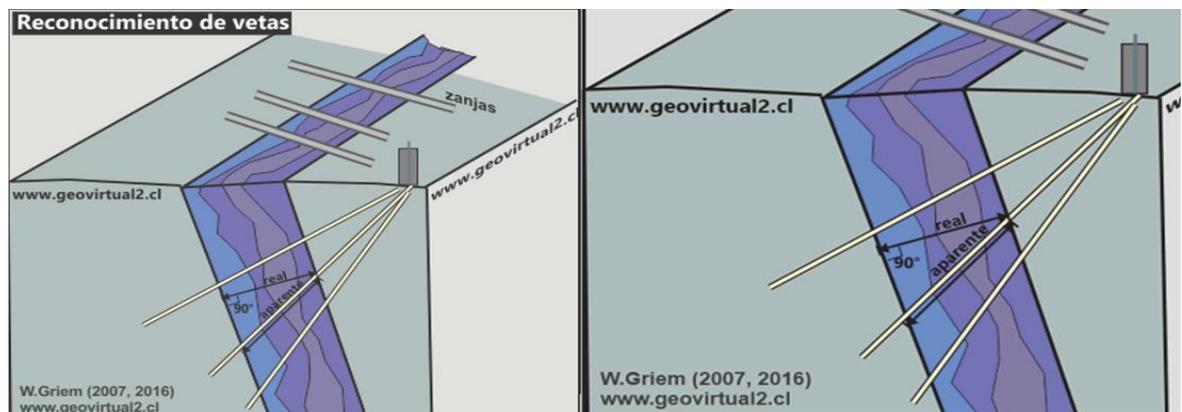


Figura 1.14 Ejemplo de análisis del espesor de una Veta  
Fuente: Geología virtual/ Apuntes depósitos minerales

## 1.4 Implantación del campamento

Las coordenadas UTM de la boca mina (campamento San Salvador) referenciadas al DATUM PSAD 56 son: 9,657.889 Norte y 651.550 Este.



Figura 1.15 Mapa de localización de boca mina en coordenadas geográficas

Fuente: Programa de Posicionamiento satelital Google Earth

El proyecto se encuentra en la concesión “Frejolito” código: 10000368, la cual tiene una superficie de 293 ha y sus coordenadas son X: 651550, Y: 9657889.

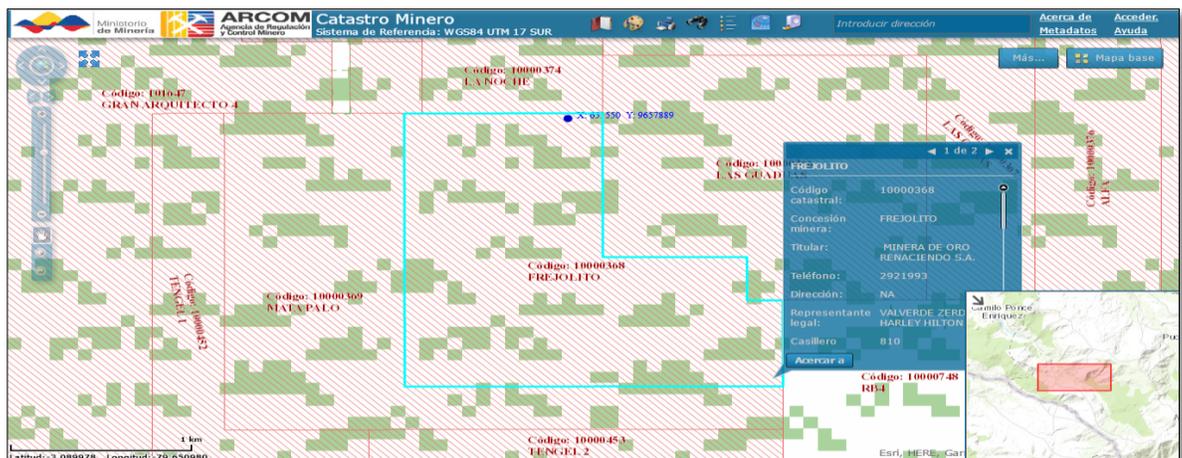


Figura 1.16 Mapa de concesión minera "frejolito"

Fuente: [http://geo.controlminero.gob.ec:1026/geo\\_visor/](http://geo.controlminero.gob.ec:1026/geo_visor/)

### 1.4.1 Descripción del campamento

La mina San Salvador, de la Sociedad Minera Liga de Oro, SOMILOR S.A tiene un nuevo y moderno campamento, el cual posee varias instalaciones diseñadas de acuerdo con la extensión de la concesión y las reservas probables a explotar, esto quiere decir que básicamente San Salvador representa una extensión o un nuevo frente de trabajo para la empresa SOMILOR SA.

Al momento de desarrollar este proyecto de tesis se ha podido evidenciar que el campamento de San Salvador cuenta con los requerimientos e instalaciones apropiadas para ejecutar los trabajos de explotación, cumpliendo así mismo con las normas ambientales y de seguridad.

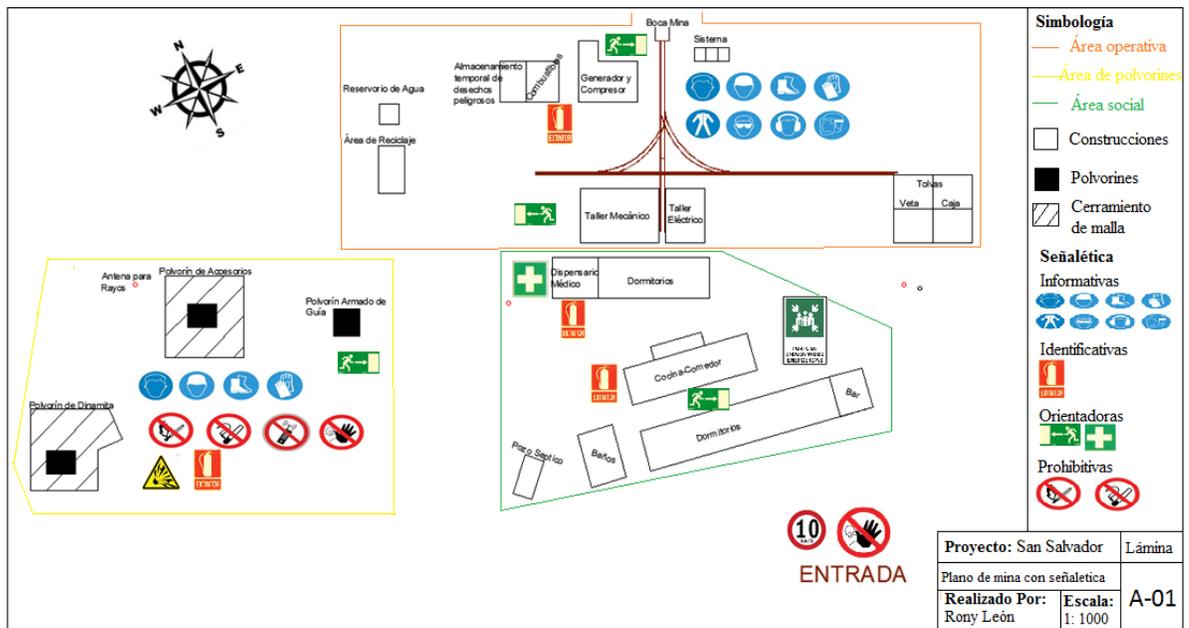


Figura 1.17 Instalaciones del Campamento San Salvador

El campamento consta de tres áreas principales: Área Operativa, Área de polvorines y Área Social.

### 1.4.1.1 Área operativa

Comprende todas las instalaciones necesarias para realizar las operaciones mineras subterráneas, en donde se tiene un área de almacenamiento de combustible, área de máquinas generadoras de energía/aire, área de talleres eléctricos/mecánicos y área de tolvas para veta/caja. Las dimensiones y el lugar de cada instalación no son definitivas, debido al incremento de las necesidades operacionales para una mina en continuo crecimiento tanto en el subsuelo como en superficie.



Figura 1.18 Generador, compresor, locomotora para el área operativa

### 1.4.1.2 Área de polvorines

Esta área contiene los polvorines debidamente acondicionados para el almacenamiento de explosivos, los cuales están autorizados para su uso por los organismos pertinentes. Los polvorines con los que se cuenta son tres, uno para ensamblar mechas con detonadores, otro asignado al almacenamiento de accesorios (mecha lenta, fulminantes, conectores, etc.) y otro para el almacenamiento de dinamita.



Figura 1.19 Área de Polvorines

Fuente: Planos proyecto San Salvador, Elaborado por Ing. Marcelo Salazar.

### 1.4.1.3 Área social

Esta área está comprendida por el departamento médico, por la oficina del departamento mina, comedor y dormitorios. Lugares donde la mayor parte del personal permanece en sus horas de descanso.



Figura 1.20 Dispensario médico, comedor del área social

## 1.5 Base Teórica

### 1.5.1 Indicadores de gestión

Un indicador de gestión es la expresión cuantitativa del comportamiento y desempeño de un proceso, cuya magnitud, al ser comparada con algún nivel de referencia, puede estar señalando una desviación sobre la cual se toman acciones correctivas o preventivas según el caso.

Para trabajar con los indicadores debe establecerse todo un sistema que vaya desde la correcta comprensión del hecho o de las características hasta la de toma de decisiones acertadas para mantener, mejorar e innovar el proceso del cual dan cuenta.

El concepto de indicadores de gestión, remonta su éxito al desarrollo de la filosofía de Calidad Total, creada en los Estados Unidos y aplicada acertadamente en Japón. (Jaramillo, 2016)

Al principio su utilización fue orientada más como herramientas de control de los procesos operativos que como instrumentos de gestión que apoyarán la toma de decisiones. En consecuencia, establecer un sistema de indicadores debe involucrar tanto los procesos operativos como los administrativos en una organización, y derivarse de acuerdos de desempeño basados en la Misión y los Objetivos Estratégicos.

Un indicador es una medida de la condición de un proceso o evento en un momento determinado. Los indicadores en conjunto pueden proporcionar un panorama de la situación de un proceso, de un negocio, de la salud de un enfermo o de las ventas de una compañía.

Empleándolos en forma oportuna y actualizada, los indicadores permiten tener control adecuado sobre una situación dada; la principal razón de su importancia radica en que es posible predecir y actuar con base en las tendencias positivas o negativas observadas en su desempeño global.

Los indicadores son una forma clave de retroalimentar un proceso, de monitorear el avance o la ejecución de un proyecto y de los planes estratégicos, entre otros. Y son más importantes todavía si su tiempo de respuesta es inmediato, o muy corto, ya que de esta manera las acciones correctivas son realizadas sin demora y en forma oportuna.

No es necesario tener bajo control muchos indicadores, sino sólo los más importantes, los claves. Los indicadores que engloben fácilmente el desempeño total del negocio deben recibir la máxima prioridad. El paquete de indicadores puede ser mayor o menor, dependiendo del tipo de negocio, sus necesidades específicas entre otros. (Jaramillo, 2016)

### **1.5.2 Importancia de la medición**

La importancia de la medición parte del entendido en que existe un vínculo entre esta y la planeación estratégica o planeación institucional, toda vez que la medición permite “comparar una magnitud con un patrón preestablecido, lo que permite observar el grado en que se alcanzan las actividades propuestas dentro de un proceso específico”.

Los resultados obtenidos a través de la medición permiten mejorar la planificación, dado que es posible observar hechos en tiempo real, logrando tomar decisiones con mayor certeza y confiabilidad.

La decisión sobre cuáles proyectos, procesos o actividades específicas van a ser medidos o evaluados, dependerá del análisis de variables clave, adecuadas y suficientes para que suministren información relevante sobre el objeto de evaluación, por lo que no es deseable medirlo todo.

### **1.5.2.1 Premisas para definir tipos de índices**

Como premisas antes de decidir sobre cuáles indicadores utilizar es importante tener en cuenta:

- Evitar el diseño de indicadores que inducen a resultados no esperados o incentivos perversos.
- No se debe medir atendiendo el criterio de “quedar bien”. Ejemplo: Total ejecutado/Total programado.
- Medir no garantiza el éxito de una actividad sino que evidencia los atributos que hemos decidido monitorear.
- La esencia y existencia de un indicador solo se da y justifica si este sirve para la toma de decisiones.

### **1.5.2.2 Premisas para una medición adecuada**

En consecuencia, de acuerdo a Taylor, Benavides y Ramírez una adecuada medición requiere ser:

**Pertinente:** Esto significa que las mediciones que se lleven a cabo deberán ser relevantes y útiles para facilitar las decisiones que serán tomadas sobre la base de sus resultados.

**Precisa:** Debe reflejar fielmente el comportamiento de las variables de medición, en este punto interviene la adecuada elección del instrumento de medición.

Oportuna: Que los resultados de la medición estén disponibles en el tiempo en que la información es importante y relevante para la toma de decisiones, tanto para corregir como para prevenir.

Económica: Debe existir una proporcionalidad y racionalidad entre los costos incurridos en la medición y los beneficios o la relevancia de la información suministrada. (Taylor, Benavides, & Ramírez, 2012)

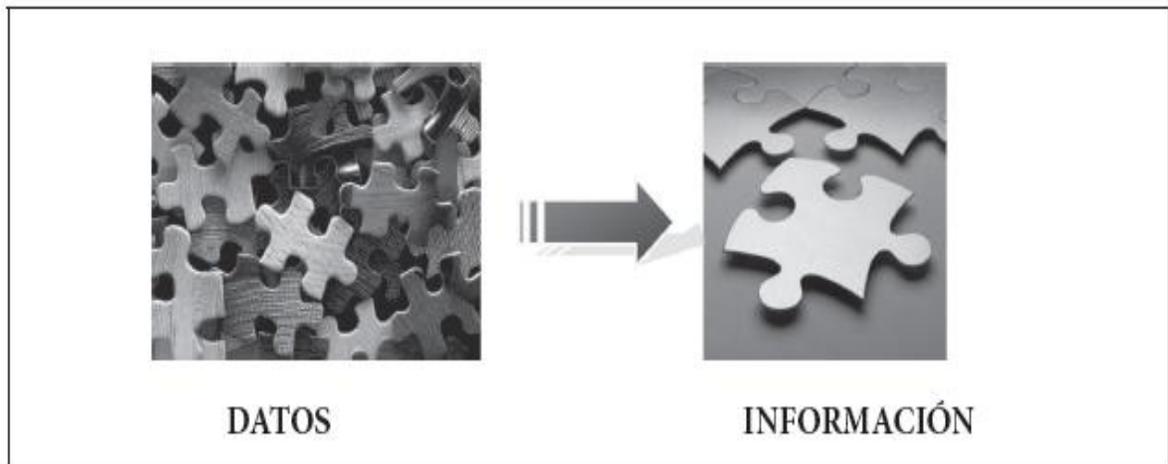


Figura 1.21 Representación de datos e información  
Fuente: (Taylor, Benavides, & Ramírez, 2012)

### 1.5.3 Beneficios derivados de los indicadores de gestión

Entre los diversos beneficios que puede proporcionar a una organización la Implementación de un sistema de indicadores de gestión, se tienen:

#### 1.5.3.1 Monitoreo del proceso

El mejoramiento continuo sólo es posible si se hace un seguimiento exhaustivo a cada eslabón de la cadena que conforma el proceso. Las mediciones son las herramientas básicas no sólo para detectar las oportunidades de mejora, sino además para implementar las acciones. (Jaramillo, 2016)

### **1.5.3.2 Benchmarking**

Si una organización pretende mejorar sus procesos, una buena alternativa es traspasar sus fronteras y conocer el entorno para aprender e implementar lo aprendido. Una forma de lograrlo es a través del benchmarking para evaluar productos, procesos y actividades y compararlos con los de otra empresa. Esta práctica es más fácil si se cuenta con la implementación de los indicadores como referencia. (Jaramillo, 2016)

### **1.5.3.3 Gerencia del cambio**

Un adecuado sistema de medición les permite a las personas conocer su aporte en las metas organizacionales y cuáles son los resultados que soportan la afirmación de que lo está realizando bien. (Jaramillo, 2016)

### **1.5.4 Características de los indicadores de gestión**

Los indicadores de gestión deben cumplir con unos requisitos y elementos para poder apoyar la gestión para conseguir el objetivo. Estas características pueden ser: (Jaramillo, 2016)

- **Simplicidad**

Puede definirse como la capacidad para definir el evento que se pretende medir, de manera poco costosa en tiempo y recurso.

- **Adecuación**

Entendida como la facilidad de la medida para describir por completo el fenómeno o efecto. Debe reflejar la magnitud del hecho analizado y mostrar la desviación real del nivel deseado.

- **Validez en el tiempo**

Puede definirse como la propiedad de ser permanente por un periodo deseado.

- Participación de los usuarios

Es la habilidad para estar involucrados desde el diseño, y debe proporcionárseles los recursos y formación necesarios para su ejecución. Este es quizás el ingrediente fundamental para que el personal se motive en torno al cumplimiento de los indicadores.

- Utilidad

Es la posibilidad del indicador para estar siempre orientado a buscar las causas que han llevado a que alcance un valor particular.

- Oportunidad

Entendida como la capacidad para que los datos sean recolectados a tiempo.

Igualmente requiere que la información sea analizada oportunamente para poder actuar. (Jaramillo, 2016)

### 1.5.5 Tipología de los Indicadores

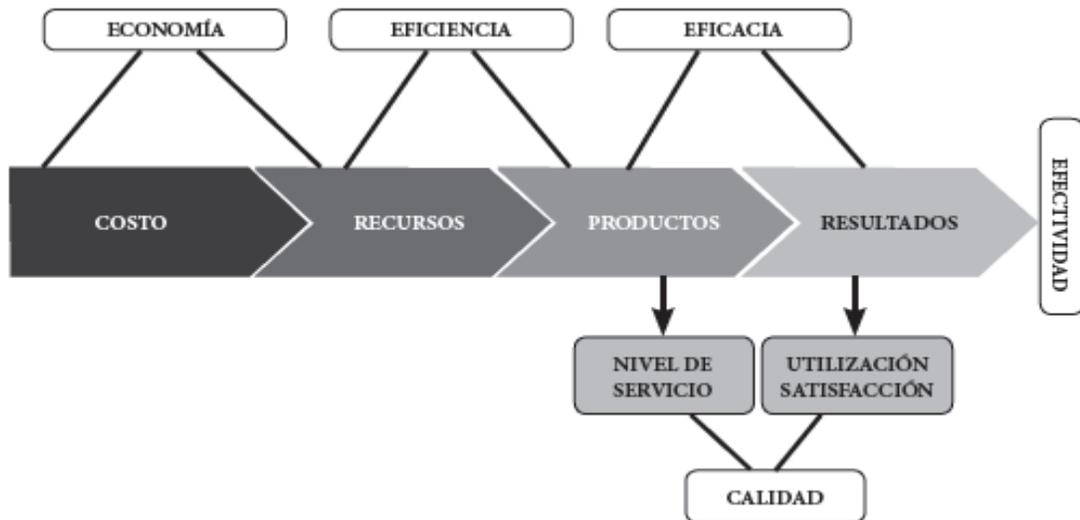


Figura 1.22 Interrelación entre los procesos y los tipos de Indicadores

Fuente: Indicadores de desempeño en el Sector Público. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (Cepal). Santiago de Chile. Noviembre de 2005.

### **1.5.5.1 Indicadores de eficacia**

Cuando se habla de eficacia, se busca establecer el cumplimiento de planes y programas de la entidad, previamente determinados, de modo tal que se pueda evaluar la oportunidad (cumplimiento de la meta en el plazo estipulado), al igual que la cantidad (volumen de bienes y servicios generados en el tiempo).

Los indicadores de eficacia llevan de forma inherente la definición previa de objetivos y el seguimiento de estos a través de un sistema mínimo de información que permita informar sobre aspectos básicos del programa o la gestión a ser evaluada, entre los que se mencionan:

- Productos que entrega el programa o el servicio.
- Usuarios a quienes se dirige (número, características).
- Objetivos principales o estratégicos (logro que se pretende obtener, mejorar, ampliar, optimizar, etc.).
- Metas concretas con las cuales hacer el seguimiento (cuándo, dónde, en qué condiciones).

Lo importante aquí es destacar que “la ambigüedad en la definición de los objetivos y las metas, no permitirá posteriormente realizar una evaluación útil y confiable, anulando los esfuerzos y costos incurridos en dicha evaluación”.

Este concepto plantea en qué medida la organización como un todo, o un área específica de esta, cumple con sus objetivos estratégicos. (Taylor, Benavides, & Ramírez, 2012)

### **1.5.5.2 Indicadores de eficiencia**

Los indicadores de eficiencia, se enfocan en el control de los recursos o las entradas del proceso; evalúan la relación entre los recursos y su grado de aprovechamiento por parte de los mismos.

Consisten en el examen de costos en que incurren las entidades públicas encargadas de la producción de bienes y/o la prestación de servicios, para alcanzar sus objetivos y resultados.

Es posible obtener mediciones de eficiencia, relacionando por ejemplo número de subsidios entregados, cantidad de usuarios atendidos, inspecciones realizadas, etc., con nivel de recursos utilizados para tales actividades, como son gastos de infraestructura, personal requerido para la atención, horas hombre requeridas, etc.

Este tipo de indicadores miden la forma de cómo se utilizaron los recursos durante el proceso de generación del producto y/o servicio.

El análisis de la eficiencia se refiere a la adquisición y el aprovechamiento de los insumos (entradas del proceso), que deben ser adquiridos en tiempo oportuno, al mejor costo posible, en la cantidad adecuada y con una buena calidad. Por lo que se incluyen medios humanos, materiales y financieros. (Taylor, Benavides, & Ramírez, 2012)

#### **1.5.5.3 Indicadores de efectividad**

Para el análisis de este tipo de indicadores es necesario involucrar la eficiencia y la eficacia, es decir “el logro de los resultados programados en el tiempo y con los costos más razonables posibles”.

Se relaciona con la medición del nivel de satisfacción del usuario que aspira a recibir un producto o servicio en condiciones favorables de costo y oportunidad, y con el establecimiento de la cobertura del servicio prestado.

La efectividad está relacionada con las respuestas que damos al interrogante ¿para qué se hizo?; este tipo de indicadores miden los resultados alcanzados frente a los bienes o servicios generados a los clientes y usuarios. (Taylor, Benavides, & Ramírez, 2012)

#### **1.5.5.4 Indicadores de economía**

Este concepto se puede definir como:

La capacidad de una institución para generar y movilizar adecuadamente los recursos financieros en pos del cumplimiento de sus objetivos. Todo organismo que administre fondos, especialmente cuando estos son públicos, es responsable del manejo eficiente

de sus recursos de caja, de ejecución de su presupuesto y de la administración adecuada de su patrimonio.

Indicadores típicos de economía son la capacidad de autofinanciamiento (cuando la institución tiene atribuciones legales para generar ingresos propios), la ejecución de su presupuesto de acuerdo a lo programado y su capacidad para recuperar préstamos y otros pasivos. (Taylor, Benavides, & Ramírez, 2012)

### **1.5.6 Determinación y construcción de indicadores**

Para la construcción de indicadores de gestión son considerados los siguientes elementos:

- **La Definición**

Expresión que cuantifica el estado de la característica o hecho que quiere ser controlado.

- **El Objetivo**

El objetivo es lo que persigue el indicador seleccionado. Indica el mejoramiento que se busca y el sentido de esa mejora (maximizar, minimizar, eliminar, etc.).

El objetivo en consecuencia, permite seleccionar y combinar acciones preventivas y correctivas en una sola dirección.

- **Los Valores de Referencia**

El acto de medir es realizado a través de la comparación y esta no es posible si no se cuenta con un nivel de referencia para comparar el valor de un indicador.

Existen los siguientes valores de referencia:

- **Valor histórico:**

Muestra cómo ha sido la tendencia a través en el transcurso del tiempo.

Permite proyectar y calcular valores esperados para el período.

El valor histórico señala la variación de resultados, su capacidad real, actual y probada, informa si el proceso está, o ha estado, controlado.

El valor histórico dice lo que se ha hecho, pero no dice el potencial alcanzable.

- Valor estándar:  
El estándar señala el potencial de un sistema determinado.
- Valor teórico:  
También llamado de diseño, usado fundamentalmente como referencia de indicadores vinculados a capacidades de máquinas y equipos en cuanto a producción, consumo de materiales y fallas esperadas. (Jaramillo, 2016)

### **1.5.6.1 Mejoramiento continuo**

Es una estrategia para la supervivencia con un nuevo conjunto de valores que continuamente mejoran la calidad y la productividad.

Todo proceso busca en el tiempo optimizar sus recursos para alcanzar lo propuesto; siendo necesario un proceso de innovación, el cual no va acompañado por una retroalimentación oportuna, por ello al comenzarse con éste la mejora se sostiene determinado tiempo y luego empieza a decaer, en este punto vuelve a hacerse una innovación iniciando nuevamente el ciclo. Esta forma de trabajar requiere mucho tiempo y posiblemente no alcance el objetivo deseado.

Trabajar con la filosofía del Mejoramiento Continuo permite obtener beneficios como: mejoramiento en calidad, alta productividad, mejor disponibilidad y confiabilidad de cada uno de los equipos, estandarización, servicios de preventa y postventa a los clientes y competitividad en un futuro.

Además hay reducción en:

- Los inventarios
- Los tiempos de respuesta a los clientes
- Los costos unitarios
- El tiempo de diseño por la estandarización y procesos definidos
- El espacio o la energía requerida.

Lo anterior muestra que el Mejoramiento Continuo es un camino hacia la excelencia y ésta a su vez es la que permite la supervivencia de las empresas. (Jaramillo, 2016)

La aplicación continua y sistemática del ciclo PHVA permite el aseguramiento y el logro de superiores niveles de desempeño.

El mejoramiento continuo se basa en el ciclo PHVA que se expone en la figura

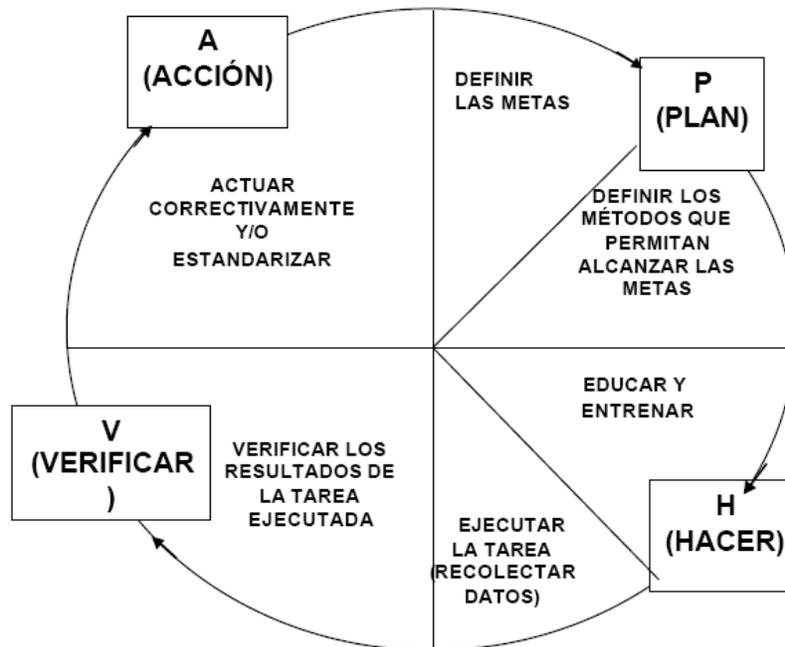


Figura 1.23 Ciclo PHVA  
Fuente: (Jaramillo, 2016)

El modelo P.H.V.A. (Planear, Hacer, Verificar y Actuar), ayuda de manera efectiva a adoptar y monitorear los procesos en ajustar/administrar en una empresa, siempre y cuando se constituya en un proceso sin fin, es decir, que se planee, se tome una acción, se verifique si los resultados eran los esperados y se actúe sobre dichos resultados para volver a iniciar el proceso.

El P.H.V.A. es una concepción gerencial que dinamiza la relación entre las personas y los procesos y busca controlarlos con base en el establecimiento, mantenimiento y mejora de estándares, tarea que se logra mediante la definición de especificaciones de proyectos (estándares de calidad), especificaciones técnicas de proceso y procedimientos de operación.

La Gerencia de Procesos mediante el ciclo P.H.V.A. consiste básicamente en:

- **Planear:** entendido como la definición de las metas y los métodos que permitirán alcanzarlas.
- **Hacer:** consisten en ejecutar la tarea y recoger los datos, no sin antes haber pasado por un proceso de formación (educar y entrenar).
- **Verificar:** evaluar los resultados de la tarea ejecutada; identificación de los problemas que originan el no cumplimiento de las tareas (formación, planeación).
- **Actuar:** tomar medidas correctivas para lograr el cumplimiento de las metas. (Jaramillo, 2016)

#### 1.5.6.2 Implantación de un sistema de indicadores

Cualquier metodología que permita implementar un sistema de indicadores de gestión debe tener en cuenta los elementos asociados con un indicador, para permitir una adecuada retroalimentación, y además presentar información clara y complementarse con otras herramientas de gestión que ayuden a analizar causas y a establecer puntos de mejora para sustentar así la decisión a tomar. Si es posible, debe mostrarse la relación que presenta con otros indicadores.

- **Objetivo.** Muestra la mejora buscada, hace evidente el reto.
- **Definición.** Debe ser simple y clara, e incluir además sólo una característica.
- **Responsabilidad.** Indica el área dueña del indicador y por lo tanto la responsable de las acciones que se deriven del mismo.
- **Recursos.** De personal, instrumentos, informáticos, entre otros.
- **Periodicidad.** Debe ser la suficiente para informar sobre la gestión.
- **Nivel de referencia.** Pueden ser datos históricos, un estándar establecido, un requerimiento del cliente o de la competencia, o una cifra acordada por consenso en el grupo de trabajo.

· Puntos de lectura. Debe tenerse claro en qué punto se llevará a cabo la medición, al inicio, en una etapa intermedia o al final del proceso. (Jaramillo, 2016)

### **1.5.7 Aplicación e implementación de indicadores en diversos estudios**

Un paso importante en el diseño de sistemas de indicadores para la industria minera, lo constituye la metodología propuesta por la Global Reporting Initiative (GRI), para la elaboración de reportes de sostenibilidad sobre las actuaciones económicas, medioambientales y sociales de las empresas mineras, la cual parte de las tres dimensiones del concepto de desarrollo sostenible y establece la necesidad de incorporar los indicadores de sostenibilidad a otras actividades humanas.

Un grupo de investigadores de la Escuela de Ingeniería del Ambiente de la Universidad de Surrey en el Reino Unido de la Gran Bretaña, liderado por Azapagic en el 2000, propuso un sistema de indicadores para la industria minera; a partir del análisis del ciclo de vida de los minerales, integrado por tres componentes, (impacto ambiental, eficiencia ambiental y acciones voluntarias).

Vargas, y Forero (2000), proponen un sistema de indicadores a partir del estudio y análisis de las condiciones minero-geológicas concretas de yacimientos minerales de Colombia, con lo cual aplican una metodología que integra las dimensiones del concepto de desarrollo sostenible.

Gordillo (2002), propone un sistema de indicadores de sostenibilidad basada en el estudio del proyecto Tambogrande en Perú. Martín, González y Vale, proponen indicadores de sostenibilidad para la minería, donde insertan nuevas variables, tomando en consideración la legislación ambiental y los indicadores de productividad minera.

Autores como Han y Kamber (2001) consideran que el auge que ha alcanzado actualmente el Data Mining es debido a que en el presente nos encontramos ante enormes cantidades de datos y con la urgente necesidad de transformarlos en

información útil y conocimiento. Se dice que sin Data Mining somos ricos en datos pero pobres en información. El Data Mining es la evolución natural de la tecnología de información. Por lo antes expuesto, se puede inferir que las necesidades de información de las organizaciones ha cambiado a lo largo del tiempo. Hoy día, la creciente dinámica de mercado y competitividad llevan a la necesidad de contar con la información adecuada en el momento indicado y para ello los gerentes necesitan estar bien informados para poder tomar las decisiones de negocio apropiadas. Por otra parte, los datos con los que cuentan dichas organizaciones generalmente se encuentran dispersos a través de diversos sistemas, propiciando de esta manera que datos valiosos se pierdan. De lo último, se puede decir que lo que poseen las empresas son datos, no información.

## **CAPITULO II**

### **CARACTERIZACIÓN OPERATIVA SUBTERRÁNEA.**

#### **2.1 Traslado hacia y desde el lugar de trabajo**

##### **2.1.1 Descripción de la operación**

Esta actividad consiste en el traslado del personal hacia y desde el lugar de trabajo de manera oportuna, evitando accidentes, contratiempos, malos entendidos y demás inconvenientes en el trayecto.

##### **2.1.2 Requerimientos para su ejecución**

- a) Recibir la orden de trabajo y asegurarse de haberla entendido bien, y de ser necesario pida al supervisor encargado que le repita la orden nuevamente.
- b) Si no conoce el sitio de trabajo comunicar al supervisor para que lo envíe con una persona que conozca el sector.
- c) Llevar las herramientas que sean necesarias para evitar atrasos en el trabajo.
- d) Antes, durante y después del turno de trabajo comunicar novedades a la supervisión.(SOMILOR S.A, 2018)

#### **2.2 Aseguramiento del área de trabajo**

##### **2.2.1 Descripción de la operación**

Esta operación tiene que ver con las actividades preventivas y demás procedimientos que se deben realizar según sea el caso para asegurar el área de trabajo.

## **2.2.2 Requerimientos para su ejecución**

### **2.2.2.1 Para avance de galería en suelo y matriz rocosa inestable**

- a) Si se está avanzando con la galería sobre suelo o sobre una matriz de suelo y roca inestable, llegar al frente de trabajo siempre con la precaución debida, mantenerse alerta ante posibles deslizamientos o caídas de roca.
- b) Verificar el estado del techo y paredes de la galería desde el exterior hacia el frente de avance utilizando una barretilla, con la cual se deben dar golpes y hacer desprender el suelo o rocas inestables.
- c) Proceder con el desalojo del material siempre teniendo precaución y verificando el estado de las paredes y techo de la galería.
- d) Inmediatamente continuar con el aseguramiento del área recién avanzada, colocando una estructura metálica bajo esta área (techo y paredes de galería).
- e) Antes de colocar la estructura metálica, hacer la respectiva revisión de las instalaciones eléctricas para el uso de soldadora en interior mina.
- f) Hacer una revisión del estado de válvulas tanto de gas como de oxígeno, así como también hacer la revisión a las mangueras y válvula de oxicorte, toda la revisión debe realizarse antes y después del montaje de la fortificación.
- g) La fortificación consta de puntales (tubos de acero de 4 pulgadas x 1.80m), quesos (planchas de acero) que sirven como patas, vigas en ángulo, perfil de acero en U y malla electro soldada para las paredes y ármicos (planchas de acero en forma de dovela) para el techo de la galería.
- h) Una vez que se ha colocado la fortificación para sostener la galería inestable, proceder con los trabajos de avance, en este caso para material suave e inestable el avance se lo realiza a través de vibración con la máquina perforadora (sin explosivos).

### **2.2.2.2 Para avance de galería en roca**

- a) Al llegar al lugar de trabajo, si en éste se realizaron voladuras en el turno anterior, manténgase con el respirador colocado y verifique la ventilación, si evidencia la presencia de polvo y/o gases, de inmediato busque la manguera de aire comprimido y proceda a ventilar, mantenga el flujo de aire durante 10 a 15

minutos o hasta que el área quede libre de polvos y gases. Si existe saturación de gases, deje colocada la manguera de aire y salga del área hasta que ésta se ventile.

- b) Una vez ventilada el área, manténgase con el respirador colocado para evitar el ingreso de polvo a los pulmones, busque la manguera de agua y proceda a humedecer el techo, las paredes, el frente de la labor y el material volado. Esta actividad ayudará a asentar el polvo y a evidenciar rocas sueltas.
- c) Continuar con el aseguramiento del área verificando el estado del techo y paredes, la detección más práctica y usual es la de golpear la roca con la barretilla y este devolverá un sonido nítido o metálico si las rocas se encuentran en buenas condiciones o devolverá un sonido ronco y hueco si la roca está fracturada o con riesgo de caer.
- d) Realizar el desalojo entre dos personas, realizarlo desde el exterior hacia el frente de la labor de tal forma que el personal se encuentre siempre debajo de zonas de roca estable.
- e) Empezar el desalojo con las rocas del techo y paredes, tomar la barretilla con un ángulo aproximado de 45 grados y en posición que no apunte jamás a parte alguna del cuerpo, busque el área de debilidad de las rocas sueltas y proceda a desatarlas hasta dejar el área completamente saneada.
- f) Durante el avance del trabajo esté pendiente de rocas que pueden estar flojas y realice la acañadura respectiva.
- g) Identificar y señalar los puntos donde las condiciones no permitan acañar o botar la totalidad de los bloques que pudieran caer, dar a conocer al supervisor para proceder al desquinche o acañadura con la utilización de una máquina de barrenar.

### **2.2.3 Manipulación, transporte y uso de explosivos**

- a) Para trabajar con explosivos se requiere de personas debidamente instruidas y capacitadas para ello.
- b) Las personas que manipulan explosivos deben estar conscientes de la responsabilidad que adquieren y del cuidado que deben tener en respetar las instrucciones de operaciones.

- c) Antes de trabajar con cualquier tipo de explosivo, ya sea manipulación, transporte o almacenamiento, debe recibir capacitación sobre explosivos y normativas para el uso y transporte de explosivos.
- d) Verificar que su equipo de protección personal se encuentre en buen estado y completo.
- e) En el momento de abrir las cajas que contengan material explosivo, no se deben utilizar herramientas metálicas que puedan producir chispas y se debe evitar que las cajas sean golpeadas entre sí o con la herramienta utilizada.
- f) Según la orden expedida en logística, deberán suministrarse los explosivos en cantidad precisa a la que se ha solicitado.
- g) Al momento de transportar explosivos, deberá hacerse en los respectivos cajones de madera.
- h) El transporte de explosivos deberá hacerse por separado, por un lado los explosivos y por otro los accesorios de voladuras.
- i) No se debe utilizar equipos de radio transmisión en las cercanías del polvorín.
- j) Al descargar los agentes de voladura, no se debe dejar caer estos sobre el suelo, sino depositarlos suavemente. Hay que asegurarse que el piso sobre el cual van a ser colocados las cajas con explosivos esté libre de objetos que puedan golpearlos.
- k) Está estrictamente prohibido dejar o mantener explosivos fuera del polvorín, excepto los que vayan a ser utilizados y detonados.
- l) Prohibido almacenar ni siquiera temporalmente explosivos junto con accesorios de detonación.
- m) No debe transportarse algún tipo de explosivo en los bolsillos de la ropa o en la vestimenta.
- n) Nunca deje abandonados los explosivos.
- o) Está estrictamente prohibido fumar en interior mina.
- p) No coloque explosivos donde existe peligro que ardan, calor excesivo, peligro de chispas o de incendios.
- q) No trate de extinguir un incendio cuando las llamas ya están cerca o entrando en contacto con el explosivo.
- r) No permita, ni realice voladuras en lugares con explosivos o cerca a polvorines.

- s) Esta estrictamente prohibido perforar y cargar en forma simultánea en el aérea de trabajo.
- t) Se prohíbe perforar en restos de perforación del disparo anterior.
- u) No se puede ingresar al sector tronado hasta que no se hayan disipado los gases y polvos producidos por el disparo.
- v) Queda prohibido iniciar la perforación si no se ha evaluado el área detonada, limpiar y comprobar que no existan explosivos sin detonar.
- w) No se podrá iniciar la perforación, si existen explosivos sin detonar. Estos deberán ser detonados antes, de acuerdo al procedimiento interno.(SOMILOR S.A, 2018)

## **2.3 Proceso de perforación**

### **2.3.1 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.



Figura 2.1 Trabajo de perforación

### **2.3.2 Requerimientos para su ejecución**

#### **2.3.2.1 Traslado de máquinas de perforar en galerías**

- a) Ubicar la máquina de perforación y antes de trasladarla verificar que cuente con todas las piezas físicamente visibles:

- b) Revisar que las entradas de aire y agua estén en buenas condiciones.
- c) Verifique que la máquina cuente con los resortes, pernos laterales, regulador de paso de aire, palanca de regulación de velocidad de rotación.
- d) El silenciador de la máquina debe estar en buen estado, no coloque parches que al momento del trabajo será causa de exceso de aceite en el cuerpo de la máquina que impedirá hacer maniobras adecuadas de emergencia.
- e) Revisar el ajuste de las partes de la máquina que estén correctas y además en el caso de estar incompleta debe ser reemplazada, no la repare sin autorización.
- f) Compruebe que la máquina de perforación tenga en buen estado la manigueta de avance.
- g) Compruebe que el ingreso de agua este con el seguro colocado y gire los 180 grados.
- h) Ubicar el pie de avance y verificar su funcionamiento, asegúrese que tenga todas las piezas: tuerca de ajuste, empaque (caucho), uñeta.
- i) La máquina debe ser transportada dentro de una mochila de cuero y evitar golpes a la persona que está realizando esta operación. Si el traslado lo va realizar por lugares de difícil acceso no intente llevar en conjunto la máquina y el pie de avance.

### **2.3.2.2 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.
- b) Revisar y asegurarse de que las entradas de aire y agua estén libres de polvo y piedras.
- 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 para no emanar un exceso de humo al momento de la combustión.

- 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.
- d) Revisar el nivel de aceite en la lubricadora ó aceitera, al colocar aceite cuidar de que no caigan restos de roca o basura que luego cause taponamientos, ajustar el tapón adecuadamente.
- e) Conectar el pie de avance y sujetar adecuadamente.

### **2.3.2.3 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.
- b) Revisar que el perno retenedor del barreno esté correctamente asegurado.
- c) Anclar el pie de avance en un sitio adecuado, para que este no se deslice, y así asegurar la penetración del barreno.
- d) El perforista debe sujetar firmemente la máquina de barrenar de la empuñadura con la mano derecha y la mano izquierda sobre la palanca de control múltiple.
- e) El ayudante debe sostener la punta del barreno contra la marca del taladro y soportar al mismo justo detrás de la broca, aproximadamente a 20 cm del frente.
- f) El perforista debe dar un mínimo de presión al pistón abrir el control de mando múltiple dos o tres posiciones para comenzar la perforación.
- g) Cuando la broca con el barreno hayan penetrado en la roca aproximadamente unos 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.

### **2.3.2.4 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.
- b) Recoger la manguera de agua, envolverla y retirarla de igual forma hacia un lugar seguro como ya se explicó en el punto anterior.

- c) 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.
- d) Mientras el paso del aire este abierto debe introducirse y retirarse la manguera para forzar a la compresión y descompresión logrando un barrido efectivo.
- e) Una vez terminado este procedimiento que toma alrededor de 1 minuto por barreno perforado, se debe cerrar el paso de aire en su totalidad.

**Nota:** Durante este proceso se debe utilizar tanto respirador para evitar la absorción de polvo así como los protectores auditivos. (SOMILOR S.A, 2018)

## 2.4 Proceso de voladura

### 2.4.1 Descripción de la operación

Es el proceso en donde se detonan los explosivos de manera controlada y coordinada para conseguir buenos resultados tanto en avance y dimensión de galerías, como en la disgregación de la roca volada.



Figura 2.2 Trabajo de carga de explosivos

## **2.4.2 Requerimientos para su ejecución**

### **2.4.2.1 Trazado de la malla de perforación**

El principio de la voladura en frentes reside en crear una cavidad inicial, denominada corte, cuele o arranque, esta cavidad sirve para crear una segunda cara libre de gran superficie que facilitará la rotura del resto de la sección. Los taladros del núcleo y de la periferia trabajan rompiendo la roca con dirección hacia dicha cavidad

- a) La única superficie libre en voladura de túneles, piques o chimeneas viene a ser el frente de ataque. Considerar que la rotura de la roca se realiza en condiciones de gran confinamiento.
- b) Cuanta más pequeña sea la sección del frente a disparar se requerirá mayor carga específica de explosivo por metro cúbico a romper.
- c) El burden y espaciamiento son cortos, especialmente en el área del arranque.
- d) Normalmente varían ( los espaciamientos)
  - Arranque de 15 a 30 cm,
  - Ayudas de 60 a 90 cm y
  - En los cuadradores de 50 a 70 cm
- e) Los taladros periféricos (alzas y cuadradores) se deben perforar a unos 20 o 30 cm del límite de las paredes del túnel, para facilitar la perforación y para evitar la sobre rotura, en voladura normal.
- f) En los taladros paralelos, es necesario perforarlos del techo y piso con cierto ángulo. Si estos ángulos se exageran los resultados serán negativos por sobre rotura.

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

- a) Solicitar al supervisor del área la autorización por escrito donde se indique la cantidad necesaria de explosivos que se van a utilizar en la voladura.
- b) Entregar al polvorinero la autorización para la entrega de explosivos. Solicitar los explosivos que estén detallados en el formulario de entrega proporcionado por el supervisor.
- c) Contar minuciosamente los explosivos y accesorios de detonación que recibe, y cerciorarse que la cantidad sea la detallada en el formulario.

- d) Al recibir los explosivos verificar que estén en buenas condiciones. Si encuentra anomalías, no recibir los explosivos y comunicar a su supervisor inmediato.
- e) Llevar la carga con cuidado hasta el área de la voladura, realizar el traslado en mochila y debidamente separados los fulminantes de los explosivos.
- f) Durante el traslado de los explosivos y accesorios tener cuidado de no golpearlos y no dejarlos olvidados.
- g) 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.
- h) No dejar cerca explosivos con accesorios. Los fulminantes deben quedar separados de la dinamita por lo menos 5 metros uno del otro.

#### **2.4.2.3 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
- 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.
- c) Meter el taco con la guía en funda para evitar el paso del agua hacia el fulminante.
- d) Envolver el conjunto taco mecha y funda con cinta adhesiva; procurando que la mecha de media vuelta para evitar que se salga por accidente la mecha.
- e) En el caso donde se encuentre agua se realizara el mismo procedimiento con emulsión, pero teniendo la consideración de que se trata de un explosivo de diferente textura y resistencia a las presiones.

#### **2.4.2.4 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
- 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 sin realizar golpes para evitar la ignición accidental.
- c) Se introduce explogel 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.
- d) Se introduce el resto de nitratos necesarios hasta completar la columna explosiva empleando mayor fuerza al retacar para asegurar un mayor confinamiento de los explosivos para aprovechar la fuerza explosiva.
- e) Siendo el caso de encontrarse en un frente de arranque con agua se utilizarán las emulsiones en lugar de nitratos para lograr impermeabilizar el barreno.

#### **2.4.2.5 Secuencia de disparo y encendido**

##### **Conectores-mecha rápida (termolito)**

- a) El supervisor o encargado del área debe autorizar el amarre de los tiros y especificar la hora de encendido.
- b) Contabilizar los tiros cargados y listos para ser detonados.
- c) Asegurarse de que se tiene la cantidad necesaria de termolito o mecha rápida para proceder a realizar el amarre.
- d) Envolver en el conector el termolito desde los tiros más cercanos a los barrenos de alivio o desfogue hacia los exteriores terminando en los barrenos de techo, piso y paredes, para lo cual hay que tener la precaución de que se realice un

nudo pequeño alrededor del conector, así mismo el termolito debe pasar dentro el destaje en el conector.

- e) En el centro del frente de voladura se debe dejar una cantidad aproximada de 15 centímetros de termolito libre para el encendido.
- f) No se debe realizar el encendido hasta no recibir la orden específica del supervisor o del encargado del área.

**Faneles (Detonadores no eléctricos):**

- a) Difiere del caso anterior por los retardos ofrecidos por los fulminantes de faneles, los cuales se introducen en los tacos del mismo modo como se explicó con anterioridad
- b) Se utiliza guía primacord como guía principal a la cual se sujetan los conectores de los faneles sin importar el orden de amarre debido a la velocidad de quema que posee el primacord.
- c) La guía en mención es amarrada alrededor de un fulminante ordinario con mecha lenta, la cual brindara el tiempo adecuado para la evacuación del personal del lugar.
- d) Este nudo armado entre primacord y fulminante ordinario debe ser recubierto o aislado del agua en caso de existir, para lo cual se puede emplear, fundas plásticas o el mismo material explosivo de las emulsiones.
- e) Con respecto a los cuidados que se deben tener al utilizar el primacord, es de destacar que este no debe ser encendido por abrasión ni utilizando herramientas que provoquen chispas que puedan dar inicio a la ignición de este elemento.
- f) Una vez realizado todo lo anterior se solicita la autorización al supervisor o al encargado del área para realizar el encendido, el cual se lo realiza con ayuda de aproximadamente 25 centímetros de termolito o abriendo la mecha con el cuchillo de bronce y encendiéndolo en la mecha. (SOMILOR S.A, 2018)

## 2.5 Proceso de carga y transporte

### 2.5.1 Descripción de la operación

Es la etapa en la que se llevan a cabo las labores de carguío y traslado del mineral extraído de las etapas perforación y voladura hasta la superficie mediante diferentes medios tales como palas de mano, cargadoras neumáticas, vagones y locomotoras.



Figura 2.3 Trabajo de carguío y transporte

### 2.5.2 Requerimientos para su ejecución

#### 2.5.2.1 Carga y descarga de vagones

- a) Verificar que el vagón o vagones a utilizarse se encuentre en condiciones de ser utilizados, que sea posible el empujar el vagón con material y vacío, verificar además los seguros.
- b) Acomodar el material dentro del vagón haciendo uso de una pala, distribuyendo de manera adecuada y aprovechando el espacio que brinda el balde del vagón.
- c) Transportar el vagón con material rocoso hasta el lugar de descarga del mismo.
- d) Al llegar al lugar de descarga, colocar el vagón en forma que al ser volteado el balde el material discurra por el buzón de manera continua, retirar el seguro del balde de ambos lados del balde.
- e) Empujar el balde con la fuerza necesaria sin caer en el exceso de la misma para evitar el volteo del balde o del vagón.

- f) Procurar la evacuación completa del material rocoso fuera del vagón, levantar el vagón a su posición inicial, colocar los seguros y regresarlo al lugar de carga nuevamente.

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

- a) Luego de recibir instrucciones sobre el lugar desde donde se va a evacuar material rocoso, se inspecciona la locomotora 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, además luces y pito deben estar en funcionamiento óptimo.
- b) Inspeccionar los vagones que no tengan aberturas producto de la abrasión o desgaste, así mismo deben estar en condiciones de ser remolcados con la locomotora, es decir que consten sus respectivas cadenas y seguros.
- c) Verificar que el contenido y llenado de los vagones sea el correcto, es decir que no se encuentre demasiado alto y obstruir su libre paso a través de galerías, o muy bajo desperdiciando el espacio brindado por el vagón, en los que hay cambios de dirección en las rieles, circular a una velocidad prudente para evitar descarrilamientos.
- d) Antes de salir de la mina comunicar de su salida para no cruzarse con otra locomotora.
- e) Transportar la carga no excediendo la velocidad permitida y poniendo atención en el trayecto. Estar pendiente con las personas que circulen por la vía.
- f) Al llegar a la boca mina, disminuir la velocidad a la mínima, observando que no haya ningún obstáculo que pueda provocar descarrilamientos.
- g) Al llegar cambio cercano al lugar de descarga, detenerse completamente y observar su correcta ubicación.
- h) Evite frenar de manera brusca antes de llegar a un cambio.
- i) Revisar el trayecto restante y verificar que no hayan obstáculos.
- j) Informar al personal de seguridad física sobre el lugar, labor y la cantidad de mineral o estéril que ha transportado.
- k) Halar los vagones hasta el lugar de descarga.

- l) Ya en el lugar de descarga, asegurar la locomotora y realizar la descarga.  
(SOMILOR S.A, 2018)

## **2.6 Proceso de instalaciones subterráneas**

### **2.6.1 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, fortificación y vías de acarreo (rieles).



Figura 2.4 Trabajo de Instalaciones Subterráneas

### **2.6.2 Requerimientos para su ejecución**

#### **2.6.2.1 Generalidades**

- a) Al instalar, nuevas acometidas de aire comprimido, agua o mangas de ventilación, se lo realizará tomando las precauciones del caso y al terminar verificar que no hayan fugas.
- b) La red de aire y de agua debe ir de tal forma que vaya debajo y alejado de los cables eléctricos.
- c) El aseguramiento contra la pared debe ser estable y duradero.
- d) Nunca las redes de agua y aire deben obstruir el acceso a escaleras o buzones.
- e) Las redes de agua y aire deben ir a no más de 30 metros del frente de arranque.
- f) Cuando se tenga que interrumpir algunas actividades por cambio o reparación esta se hará con la coordinación de la supervisión.

### 2.6.3 Instalación de aire comprimido y agua

En caso de manguera reforzada de 63mm de diámetro.

- a) Después de recibir la orden de donde debe ser colocado un nuevo tramo de mangueras de aire comprimido, se debe llevar hasta el lugar manguera de dos pulgadas de diámetro a la cual se le roscara en los extremos por medio de la terraja.
- b) 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.
- c) Para evitar las fugas, las roscas externas deben ser recubiertas por una película de teflón el cual sellara de manera hermética las juntas.

En caso de que se trate de tubería rígida de 6 o de 4 pulgadas de diámetro serán colocadas por medio de unión entre bridas con pernos o abrazaderas con pernos, la diferencia entre las dos radica en que en el primer caso utilizan empaques planos perforados para el paso de los pernos, y el segundo caso son con empaques que cubren la unión entre tuberías y estos empaques a su vez serán presionados por medio de abrazaderas.

- a) 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.
- b) Los empaques son colocados de tal forma que se encuentre la mitad sobre un tubo y la otra mitad sobre el otro, la sujeción por medio de las abrazaderas es suficiente para lograr el sellado hermético necesario evitando las fugas.
- c) Para terminar la sujeción completa del tramo de tubería debe ser sustentado por varillas colocadas en perforaciones previas de por lo menos 1.2 metros de longitud colocados cada 3 metros a lo largo de la línea conformando una base sobre la cual se asentara la tubería rígida.

Para instalaciones de agua con tubería galvanizada de 1 o 2 pulgadas de diámetro.

- a) Una vez definido el tramo en el cual se colocara el avance de tubería, se solicita y se lleva la cantidad de tubos, accesorios y herramientas necesarias.

- b) 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  $\frac{3}{4}$ " y salidas para mangueras de  $\frac{1}{2}$ " con su respectiva cortadora.
- c) Las uniones entre tubos se las realizara mediante uniones, universales y con la utilización de teflón para sellar las juntas y evitar fugas.
- d) 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.

En todos los casos, los accesorios sobrantes y los que hayan sido cambiados así como las herramientas utilizadas deben ser devueltas a la bodega.

#### **2.6.4 Instalación de mangas de ventilación**

- a) Después de identificar el lugar donde será colocado el extractor o ventilador se procede a perforar por lo menos dos huecos para la colocación de varillas que servirán como sujeción de tablonces que conformarán la estructura base del ventilador o extractor.
- 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.
- 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.
- d) Cuando se trata de mangas ya utilizadas que no cuenten con el velcro se procede a cocer los extremos por medio de agujas con fibras sintéticas (cabos delgados), cuidando de que las costuras estén reforzadas para evitar que al encender los ventiladores por el inflamamiento se desprendan o rompan las costuras.
- e) Amarrar con cabos delgados las mangas de ventilación en los ojales destinados para el efecto, esto realizarlo con el cuidado necesario de no estrangular las mangas y provocar que se rompa por exceso de presión.
- f) Cuidar de que la manga de ventilación no obstruya el paso de personal o locomotoras y en caso de hacerlo comunicar al supervisor para tomar las

medidas necesarias que en este caso sería la ampliación de la sección por la cual deberá circular la manga.

- g) 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.

### **2.6.5 Instalación de mangueras y accesorios para bombeo**

Para bombas neumáticas:

- a) Para la colocación de mangueras de bombeo debe existir colectores y un sumidero donde se acumulará el agua procedente de mina o las instalaciones de las cuales exista agua (cisterna).
- b) Hasta dicha cisterna debe llegar una línea de aire comprimido de  $\frac{3}{4}$ " de diámetro y esta a su vez debe ser alimentada por cualquier línea de aire comprimido con tubería de 2" de diámetro.
- c) Desde la línea de  $\frac{3}{4}$  será colocado un acople rápido de  $\frac{3}{4}$  al cual se colocará por medio de un segundo acople una lubricadora y seguido de esto por medio de otro par de acoples un tramo de 3 metros de manguera hidráulica que llegará hasta la entrada de aire de la bomba neumática.
- d) En la Bomba, en la succión de agua se coloca manguera corrugada y anillada, de dos pulgadas de diámetro sujeta con una abrazadera. En el otro extremo de la manguera es necesario un adaptador para la colocación de una válvula "check" vertical, misma que sirve para evitar el paso de basura, trozos de roca y evitar el retorno de agua.
- e) El flujo de aire a presión debe ser regulado de tal modo que el flujo de agua sea constante y suficiente para alimentar la siguiente fase de bombeo si es que existiera.
- f) De la salida de agua que tiene la bomba neumática se coloca tubería de 2 pulgadas o de  $\frac{3}{4}$  según brinde la facilidad de bomba instalada, la tubería será guiada a través de las labores mineras (galerías, chimenea, etc.) hasta llegar al lugar requerido.

### 2.6.6 Colocación de rieles

- a) Se inspecciona el espacio en el cual se colocara el nuevo tramo de rieles, para lo cual se deben cavar espacios suficientes para la colocación de los durmientes que poseen las siguientes dimensiones: largo=1m. alto=10cm, espesor=15cm).
- b) El proceso de cavado se lo realiza por medio de la ayuda de herramientas como pala y barretilla.
- c) Cuando se tenga el espacio mencionado se coloca los durmientes que serán la base sobre la cual se asienta los rieles.
- d) En el último durmiente del tramo colocado con anterioridad se coloca un clavo en el centro del espacio ofrecido por los rieles, si la vía es completamente recta se coloca un clavo aún más atrás con el objetivo de amarrar piola y lograr la alineación adecuada de los rieles.
- e) Si por el contrario la vía debe presentar cierta curvatura no es necesario la colocación de clavos para alineación, solo debe ser clavado en uno de los durmientes colocados en el nuevo tramo para visualizar a breves rasgos la curvatura que poseería la vía al final de la colocación.
- f) Una vez colocados los durmientes en cada espacio cavado se procese con la colocación de los rieles tomando en cuenta que el centro o la piola amarrada se debe medir 30 cm hacia un lado y 30 cm hacia el otro para lograr una adecuada alineación de las rieles. Separación entre metros 0.60 m
- g) Una vez colocados los rieles se procede a clavarlas contra los durmientes, con por lo menos 2 clavos en cada lado del riel en cada durmiente.
- h) Tomando en cuenta que depende la estabilidad propia del lugar por donde se transita se coloca la cantidad de durmientes necesarios, es así que cuando se necesita una mayor estabilidad por un fuerte tráfico de vagones o locomotoras se coloca a cada metro de distancia los durmientes; se hace necesario la utilización de por lo menos 56 clavos en cada tramo si se usa del mismo modo chavetas para la unión de los extremos de cada riel se hace necesario el uso de 4 chavetas con 8 pernos de 5/8 x 2 ½ pulgadas.
- i) Una vez terminado el proceso de clavado de las rieles se procede a rellenar el espacio entre durmientes con la gravilla producto de la excavación previa.(SOMILOR S.A, 2018)

## CAPITULO III

### DETERMINACIÓN DE ÍNDICES

#### 3.1 Metodología para la determinación de índices de gestión

##### 3.1.1 Identificación de procesos

Los procesos de operación minera que se realizan en el proyecto minero San Salvador se representan a través del siguiente flujo Fig. 3.1, donde se identifican las actividades que se realizan y el tiempo promedio que pueden llegar a tomar estas operaciones. Se puede identificar dos tiempos totales de toda la operación, los cuales dependen directamente de los trabajos que necesariamente se deben realizar debido a condiciones geológicas, hidrogeológicas y estructurales.

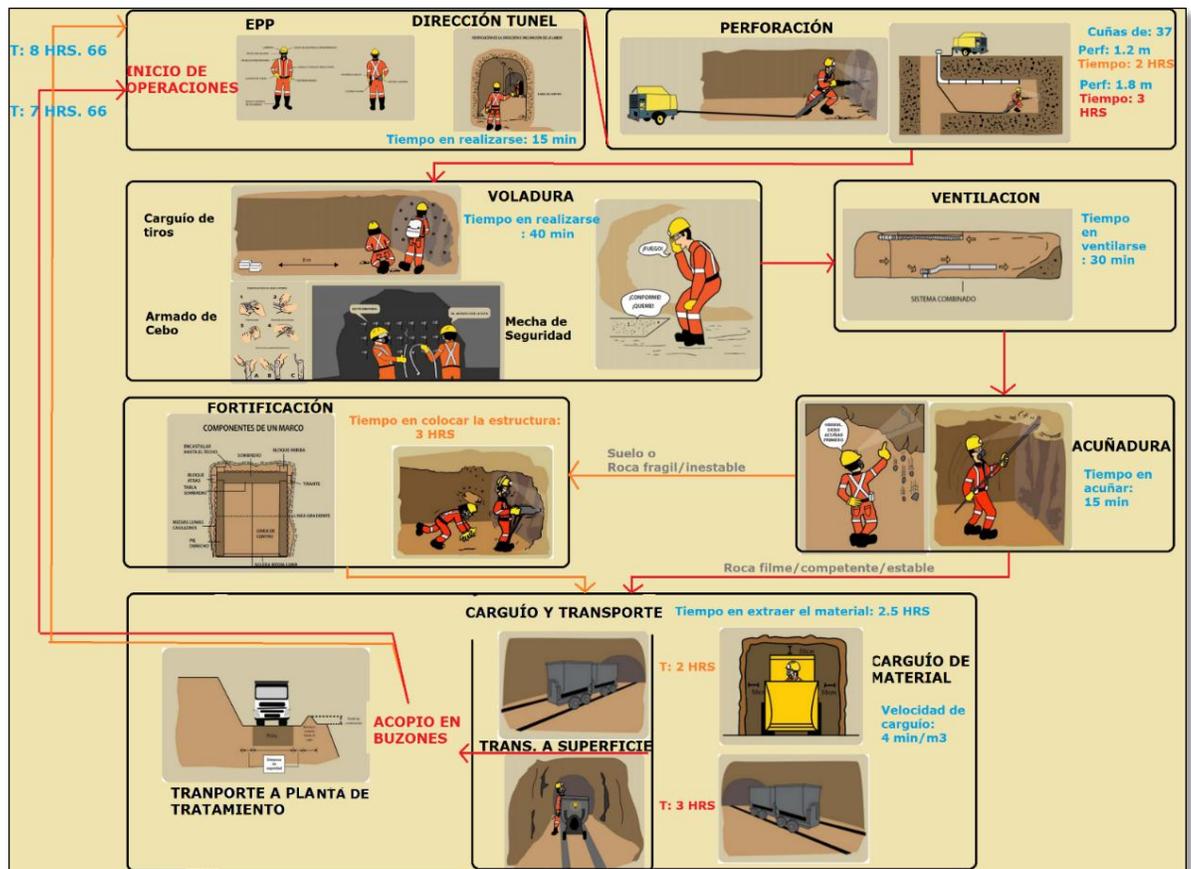


Figura 3.1. Flujo de procesos mineros subterráneos "San Salvador".  
Fuente: Gráficos obtenidos de "Guía de operación para pequeña minería".

### 3.1.1.1 Materiales e insumos requeridos

A continuación se presentan los equipos, materiales e insumos que se requieren con mayor frecuencia para ejecutar cada actividad y proceso en interior mina.

Tabla 3.1 Materiales e insumos utilizados para ejecutar las actividades mineras

<b>Equipos de protección personal</b>
Bota Caucho (P.A.)
Camiseta Licra
Casco Suspensión Rachet
Casco
Chaleco Somilor Minero
Chaleco Verde Reflectivo
Chompa P/ Soldador Jean
Cinturones
Delantal Impermeable
Filtro 2097 Polvo Toxico Soldadores
Filtro Mascarilla
Filtro Polvo/Neblina 7093
Gafa Oscura 3m
Guantes Anticorte Naranja
Guantes de Cuero
Guantes de Nitrilo
Guante Mapa Nitrilo U/Petrolero # 285-T9
Lámpara China Sg Mod. K14lm
Mascarilla Sencilla
Orejas P/ Casco
Pantalón Jean
Porta Cable P/ Casco Mina
Pre Filtro
Repuesto Orejera
Retenedor de Filtro
Tapón Auditivo

<b>Materiales en perforación</b>
Compresor de Aire Atlas Copco Xas 375
Máquinas de Barrenar YZ-27
Plantilla de Perforación
Barras de 1.80 m SANDVIK
Barras de 1.20 m SASNDVIK
Barreno 1.60 Integral Sandvik
Barra de Extension de 1.60 m
Broca P/ Perforar Rocbick 36mm
Politubo 1/2" Agua
Manguera Enlonada 3/4 P/Aire
Aceite 100 Para Maquinas de Mina

<b>Materiales en voladura (explosivos)</b>
Dinamita Emulsen 5000x 1-1/8 X 4"
Dinamita Emulnor Famesa 1-1/8 X 8"
Fulminante N° 8 100 Und
Nitrato de Amonio 50 Kg.
Mecha Lenta Plastificada (Guia)
Conector Para Mecha Rapida
Dinamita Explogel Iii 1 1/8 X 4

<b>Materiales en extracción y transporte</b>
Compresor De Aire Atlas Copco Xas 375
Cargadora Neumática
Palas
Tablas Semiduras 5 Varas
Sacos Usados
Tablas 4 - 5 VARAS DURAS
Generador Eléctrico, desde 8kW hasta 1000kW
Locomotora
Vagones / 1m3
Rieles de 15 Kg/m X 6 m
Rieles de 22 Kg/m X 6 m
Durmientes
Clavos de 5"

<b>Materiales en instalaciones de agua, ventilación, electricidad y aire comprimido</b>
Generador Eléctrico
Ventiladores de 8000 CFM
Mangas de 20" de diámetro
Aspa /Ventilador -Bld-Vaf8000-60
Tubería 1" HG Reforzado X 6m
Aceite Rubia Tir 7900 15w40 Compresor Xp185
Filtro Aire Primario 35393685 Compresor Xp185
Filtro Elemento Separador 54625942 Compresor Xp185
Filtro Aire Secundario 35393651 Compresor Xp185
Filtro Combustible 36845493 Compresor Xp185
Filtro de Aceite Ph2849a (Mazda)
Aceite Protec 36899706 Compresor Xp185
Filtro Comb Fp-586
Filtro Elemento Diesel 22436323 Compresor Xp185
Filtro de Aceite Lfp5757
Filtro Combustible Fs1280 Retr
Filtro Aceite Lf3349 Retr
Válvula Blowdown 35322379 Compresor Xp185
Válvula Reguladora de presión Compresor Xp185 S.S.
Filtro elemento Separador 22436331 S.S.
Filtro Aire P772579 Compresor Xp185
Filtro Aceite Slf16015 Generador S.S.
Filtro de Combustible 541922 S.S.
Filtro de Aceite 39911631 Aceite Hidráulico Ingersol

<b>Materiales en montaje de estructuras y fortificación</b>
Cemento Gris 50 Kg
Cemento Holcim Fuerte 50kg
Cuarton de madera Semiduro
Plancha Negra 1/2 "
Plancha Naval 1/8 4mm
Suelda 6011
Suelda 7018
Tablon 3" X 2 Metros
UPN 80x50mm 6 M
Viga Electrosoldada 15 X 15 X 12mm
Varilla 10mm X 12 Metros
Varilla 14mm de Hierro
Varilla Corrugada de 1 ¼

<b>Materiales en varios procesos</b>
Cabo 1/2"
Cabo 3/4"
Flexometro de 5 Metros
Alambre Galvanizado 14
Alambre Galvanizado # 8
Playos
Candado Mediano Viro
Spray Fosforecente Rojo
Sacos Plásticos
Detergente Industrial
Clavos 2-1/2"
Tecele de 2 Toneladas
Foco led 20 W
Platon Pequeño
Tecele 5 Ton con Cadena
Articulos Para Comunicaciones
Gasolina
Diésel

Fuente: Informe de Gestión San Salvador (SOMILOR S.A)

### **3.1.2 Objetivos y alcances de los procesos**

Se procede a plantear y describir los objetivos y alcances para los principales procesos productivos dentro de la operación minera subterránea.

Dentro de las siguientes tablas podemos encontrar los proveedores (medios con los que contamos), insumos, productos (resultados de la operación), clientes (resultado final de la actividad), indicadores potenciales y responsables.



Tabla 3.2 Objetivos y alcances del Proceso de Perforación

PROCESO:	PERFORACIÓN					
OBJETIVO:	Medir el proceso, controlarlo, evaluar su desarrollo y realizar su respectiva gestión					
ALCANCE:	Inicia con el trazado del punto de dirección para la galería y finaliza con el sopleteado o limpieza de las perforaciones realizadas.				Responsable: Profesional de Producción	
PROVEEDOR	INSUMO	PROCESO	PRODUCTO	CLIENTE	INDICADOR	RESPONSABLE
Desarrollo Minero	Metros desarrollados según plan minero	<b>PERFORACIÓN</b>	Metros preparados según plan minero	Explotación Minera	# de metros preparados/periodo	Supervisor de Producción y operaciones
Administración y gestión humana	Mano de Obra capacitada, Programa de USSA		Metros perforados requeridos	Explotación Minera	# Total de metros perforados	Supervisor de Producción y operaciones
Ambiental	Requisitos Ambientales		Relación perforación/avance	Explotación Minera	Perforación específica m/m3	Supervisor de Producción y operaciones
Inventario	Suministros de Insumos y repuestos		Costo de perforación según presupuesto	Explotación Minera	Costo de útiles de perforación por m3 extraído	Supervisor de Producción y operaciones
Mantenimiento	Disponibilidad de Equipos		Costo de perforación según presupuesto	Explotación Minera	Costo de perforación por metro de avance	Supervisor de Producción y operaciones
Apoyo Minero	Energía, aire comprimido, agua					
Financiero	Presupuesto					

Tabla 3.3 Objetivos y alcances del Proceso de Voladura.

PROCESO:	VOLADURA						
OBJETIVO:	Medir el proceso, controlarlo, evaluar su desarrollo y realizar su respectiva gestión						
ALCANCE:	Inicia con el cargado de los explosivos en las perforaciones y finaliza con la detonación de los mismos.			Responsable: Profesional de Producción			
PROVEEDOR	INSUMO	PROCESO	PRODUCTO	CLIENTE	INDICADOR	RESPONSABLE	
Desarrollo Minero	Metros desarrollados según plan minero	<b>VOLADURA</b>	Metros preparados en las Voladuras	Explotación Minera	Rendimiento de Voladura %	Supervisor de Producción y operaciones	
Administración y gestión humana	Mano de Obra capacitada, Programa de USSA		Metros preparados según plan minero	Explotación Minera	Costo de Voladura por metro de avance.	Supervisor de Producción y operaciones	
Ambiental	Requisitos Ambientales		Costo de voladura según presupuesto	Explotación Minera	Costo de útiles de voladura por m3 extraído	Supervisor de Producción y operaciones	
Inventario	Suministros de Insumos y repuestos		Costo de voladura según presupuesto	Explotación Minera	Consumo específico de Voladura	Supervisor de Producción y operaciones	
Mantenimiento	Disponibilidad de Equipos						
Apoyo Minero	Energía, aire comprimido			Metros promedio preparador en el día	Explotación Minera	Rendimiento de avance de la galería	Supervisor de Producción y operaciones
Financiero	Presupuesto						

Tabla 3.4 Objetivos y alcances del Proceso de Carguío y transporte.

PROCESO:	CARGUÍO Y TRANSPORTE					
OBJETIVO:	Medir el proceso, controlarlo, evaluar su desarrollo y realizar su respectiva gestión					
ALCANCE:	Inicia con el carguío del material quebrado ya sea mecánicamente o con explosivos y finaliza con el acopio de material en los buzones de la superficie			Responsable: Profesional de Producción		
PROVEEDOR	INSUMO	PROCESO	PRODUCTO	CLIENTE	INDICADOR	RESPONSABLE
						
Desarrollo Minero	Material de Extracción	<b>CARGUÍO Y TRANSPORTE</b>	Material transportado	Explotación Minera	m3 de material extraído	Supervisor de Producción y operaciones
Administración y gestión humana	Mano de Obra capacitada, Programa de USSA		Costo de avance según Presupuesto	Explotación Minera	Costo por metro de avance	Supervisor de Producción y operaciones
Preparación Minera	Material		Costo de Carguío según presupuesto	Explotación Minera	Costo por m3 movido	Supervisor de Producción y operaciones
Ambiental	Requisitos Ambientales		Costo de transporte según presupuesto.	Explotación Minera	Costo por m3 transportado	Supervisor de Producción y operaciones
Inventarios	Suministros de Insumos y repuestos		Tiempo en extraer según la distancia en aumento. Aplicando mejoras.	Explotación Minera	Tiempo de ciclo por m3 extraído	Supervisor de Producción y operaciones
Mantenimiento	Disponibilidad de Equipos					
Apoyo Minero	Energía, aire comprimido					
Financiero	Presupuesto					

Tabla 3.5 Objetivos y alcances del Personal, instalaciones e infraestructuras en general.

PROCESO:	INSTALACIONES, INFRAESTRUCTURA Y TRABAJO EN GENERAL					
OBJETIVO:	Medir el proceso, controlarlo, evaluar su desarrollo y realizar su respectiva gestión					
ALCANCE:	Inicia con con la inspección e identificación de necesidades en las intalaciones y finaliza con la satisfacción en requerimientos para todos los procesos.				Responsable: Profesional de Producción	
PROVEEDOR	INSUMO	PROCESO	PRODUCTO	CLIENTE	INDICADOR	RESPONSABLE
						
Desarrollo Minero	Material de Extracción	<b>INSTALACIONES, INFRAESTRUCTURA Y TRABAJO EN GENERAL</b>	Extensión de Galería Fortificada	Explotación Minera	Costo de materiales por metro fortificado.	Supervisor de Producción y operaciones
Administración y gestión humana	Mano de Obra capacitada, Programa de USSA		Costo de energía según Presupuesto	Explotación Minera	Costo de Energia por metro de avance	Supervisor de Producción y operaciones
Preparación Minera	Material		Costo en avance según presupuesto	Explotación Minera	Costo total por metro de avance	Supervisor de Producción y operaciones
Ambiental	Requisitos Ambientales		Gastos totales en Mina según presupuesto.	Explotación Minera	Costo total por m3 de material extraído	Supervisor de Producción y operaciones
Inventarios	Suministros de Insumos y repuestos		Capacidad del Personal según sus habilidades de producción.	Explotación Minera	Rendimiento de personal por m3 extraído	Supervisor de Producción y operaciones
Mantenimiento	Disponibilidad de Equipos					
Apoyo Minero	Energía, aire comprimido					
Financiero	Presupuesto					

### 3.1.3 Factores claves de éxito

Para plantear los indicadores es necesario identificar los factores claves de éxito de las operaciones, esto se puede hacer a través de las preguntas tales como: que se quiere lograr y como se lo quiere alcanzar. A continuación se presenta la tabla con los factores claves de éxito para los principales procesos.

Tabla 3.6 Factores claves de éxito para establecer los indicadores.

Procesos	Qué se quiere lograr	Cómo se lo quiere alcanzar
Perforación	Tener mejores resultados en el proceso al menor costo.	A través de una Gestión Operativa Oportuna
Voladura	Tener mejores resultados en el proceso al menor costo.	A través de una Gestión Operativa Oportuna
Carguío y Transporte	Tener mejores resultados en el proceso al menor costo.	A través de una Gestión Operativa Oportuna
Instalaciones, Infraestructura y trabajo en General.	Tener mejores resultados en el proceso al menor costo.	A través de una Gestión Operativa Oportuna

### 3.1.4 Definiendo Indicadores

A parte de los factores claves de éxito se tomaron en consideración criterios de expertos en operaciones subterráneas (Ingenieros y Jefes de mina), lo cual facilitó plantear los siguientes indicadores.

Tabla 3.7 Indicadores operativos de Gestión para San Salvador

<b>Proceso de perforación</b>	
<b>Indicadores de Eficiencia</b> ( incluyen medios humanos, materiales y financieros)	
Parámetro	Unidad de Medida
Número de metros preparados/periodo	m/mes
Número Total de metros perforados	m/mes
Perforación específica	m/m <sup>3</sup>
Rubro	Unidad de Medida
Costo de perforación por metro de avance	\$/m
Costo de útiles de perforación por m <sup>3</sup> extraído	\$/m <sup>3</sup>
<b>Proceso de voladura</b>	
<b>Indicadores de Eficiencia</b> ( incluyen medios humanos, materiales y financieros)	
Parámetro	Unidad de Medida
Rendimiento de Voladura	%
Rendimiento de avance de la galería	m/día
Consumo específico de Voladura (Kg dinamita 60%)	Kg/m <sup>3</sup>
Rubro	Unidad de Medida
Costo de Voladura por metro de avance.	\$/m
Costo de útiles de voladura por m <sup>3</sup> extraído	\$/m <sup>3</sup>
<b>Proceso de carguío y transporte</b>	
<b>Indicadores de Eficiencia</b> ( incluyen medios humanos, materiales y financieros)	
Parámetro	Unidad de Medida
Material extraído	m <sup>3</sup> /día
Tiempo de ciclo por m <sup>3</sup> extraído	min/m <sup>3</sup>
Rubro	Unidad de Medida
Costo por metro de avance	\$/m <sup>3</sup>
Costo por m <sup>3</sup> movido	\$/m <sup>3</sup>
Costo por m <sup>3</sup> transportado	\$/m <sup>3</sup>
<b>Proceso de instalaciones, infraestructura y trabajo en general</b>	
<b>Indicadores de Eficiencia</b> ( incluyen medios humanos, materiales y financieros)	
Parámetro	Unidad de Medida
Rendimiento de personal por m <sup>3</sup> extraído	m <sup>3</sup> /hombre*día
Rubro	Unidad de Medida
Costo de materiales por metro fortificado.	\$/m
Costo de Energía por metro de avance	\$/m
Costo total por metro de avance	\$/m
Costo total por m <sup>3</sup> de material extraído	\$/m <sup>3</sup>

### 3.1.4.1 Descripción de los principales indicadores para la gestión

- **Perforación específica.:** Se define por perforación específica al volumen o la longitud de los barrenos perforados por una unidad de volumen de roca. Esta depende únicamente de estas dos variables indicadas  $\text{m}/\text{m}^3$ . (López Jimeno et al., 1995).

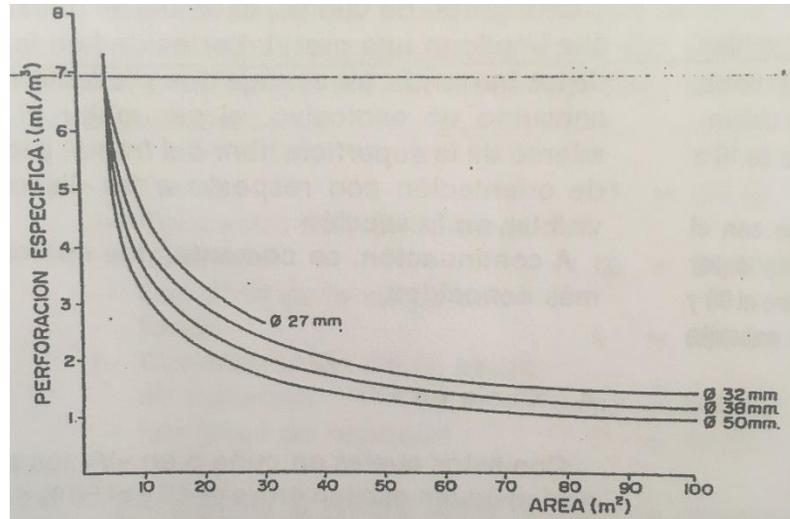


Figura 3.2 Perforación específica en función del área del túnel y diámetro de perforación.  
Fuente: (López Jimeno et al., 1995).

- **Consumo específico de explosivo:** La cantidad de explosivo necesaria para fragmentar  $1\text{m}^3$  o 1 tonelada de roca es el parámetro conocido por “consumo específico”. De acuerdo con la opinión de numerosos especialistas, este parámetro no constituye la mejor y única herramienta para diseñar las voladuras, a no ser que se refiere a un explosivo patrón o se exprese como consumo energético, fundamentalmente porque la distribución espacial de las cargas de explosivo dentro del macizo rocoso tiene una gran influencia sobre los resultados de las voladuras.

En voladuras subterráneas los Consumos específicos pueden variar entre 0.1 y 1.5  $\text{kg}/\text{m}^3$ , dependiendo del tipo de roca, superficie libre, diámetro del barreno y tipo de cueles. (López Jimeno et al., 1995).

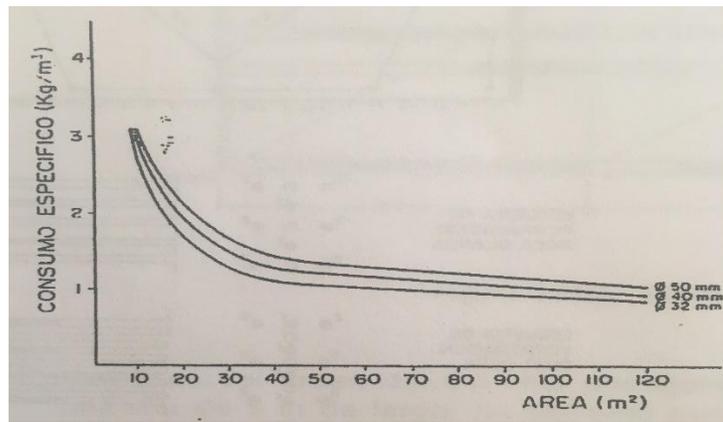


Figura 3.3 Consumo Específico en función del área del túnel y diámetro de los barrenos.  
Fuente: (López Jimeno et al., 1995).

- **Costo total de operación:** Toda la inversión realizada en procesos operacionales, instalaciones, infraestructuras, insumos, sueldos, alimentación, etc., y que sirven para extraer  $1\text{m}^3$  de material que contenga el mineral deseado se conoce como “costo por metro cubico extraído”.

Es importante señalar que los consumos específicos altos, dan lugar a menores problemas de repies y ayudan a alcanzar el punto óptimo de los costes totales de operación, es decir de perforación, voladura, carga, transporte y trituración. (López Jimeno et al., 1995).

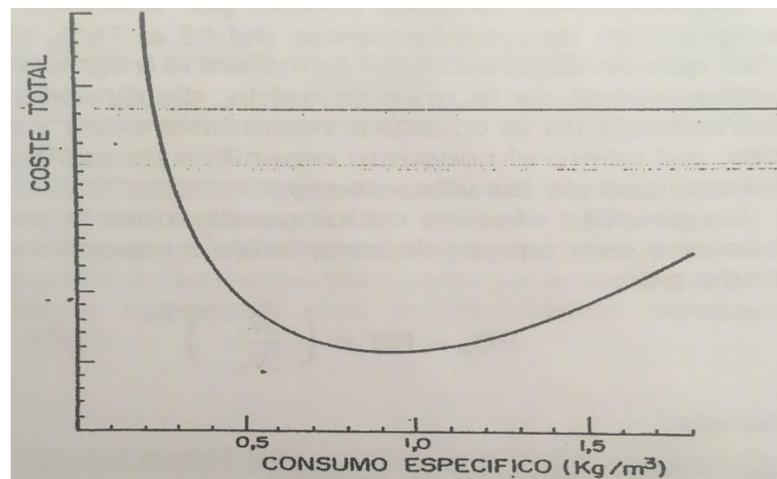


Figura 3.4 Reducción de los costes de operación con el consumo específico.  
Fuente: (López Jimeno et al., 1995).

### 3.1.5 Rango de Gestión

Se establecieron los valores máximo y mínimos que pueden llegar a tener los indicadores durante una jordana de 30 días, en la cual no existan mayores inconvenientes en las labores. Los rangos nos servirán para identificar las anomalías que se puedan presentar en los trabajos de cada proceso, donde además se podrá conocer la razón por la cual existen valores fuera del rango y de ser el caso se los podrá mantener o mejorar a través de una buena gestión.

Tabla 3.8 Rango de Gestión para indicadores de perforación.

<b>Proceso de perforación</b>			
<b>Indicadores de Eficiencia</b> ( incluyen medios humanos, materiales y financieros)		<b>Rango de Gestión</b>	
Parámetro	Unidad de Medida	<b>Min</b>	<b>Max.</b>
Números de metros preparados por mes	m/mes	51	162
Números Total de metros perforados	m/mes	1.851	5.881
Perforación específica	m/m <sup>3</sup>	5,2	8,8
Rubro	Costo unitario	<b>Min</b>	<b>Max.</b>
Perforación por metro de avance	\$/m	5	20
Materiales de perforación por m <sup>3</sup> extraído	\$/m <sup>3</sup>	1	2

Tabla 3.9 Rango de Gestión para indicadores de voladura.

<b>Proceso de voladura</b>			
<b>Indicadores de Eficiencia</b> ( incluyen medios humanos, materiales y financieros)		<b>Rango de Gestión</b>	
Parámetro	Unidad de Medida	<b>Min</b>	<b>Max.</b>
Rendimiento de Voladura	%	70	100
Rendimiento de avance de la galería	m/día	1,65	5,4
Consumo específico de Voladura (Kg dinamita 60%)	Kg/m <sup>3</sup>	0,2	1
Rubro	Costo unitario	<b>Min</b>	<b>Max.</b>
Voladura por metro de avance.	\$/m	40	60
Útiles de voladura por m <sup>3</sup> extraído	\$/m <sup>3</sup>	7	10

Tabla 3.10 Rango de Gestión para indicadores de carguío y transporte.

<b>Proceso de carguío y transporte</b>			
<b>Indicadores de Eficiencia</b> ( incluyen medios humanos, materiales y financieros)		<b>Rango de Gestión</b>	
Parámetro	Unidad de Medida	<b>Min</b>	<b>Max.</b>
Material extraído	m <sup>3</sup> /día	10	30
Tiempo de ciclo por m <sup>3</sup> extraído	min/m <sup>3</sup>	9	
Rubro	Costo unitario	<b>Min</b>	<b>Max.</b>
Por metro de avance	\$/m <sup>3</sup>	10	80
Por m <sup>3</sup> movido	\$/m <sup>3</sup>	0,2	2
Por m <sup>3</sup> transportado	\$/m <sup>3</sup>	0,8	10

Tabla 3.11 Rango de Gestión para indicadores de instalaciones, infraestructura y trabajo en general.

<b>Proceso de instalaciones, infraestructura y trabajo en general</b>			
<b>Indicadores de Eficiencia</b> ( incluyen medios humanos, materiales y financieros)		<b>Rango de Gestión</b>	
Parámetro	Unidad de Medida	<b>Min</b>	<b>Max.</b>
Rendimiento de personal por m <sup>3</sup> extraído	m <sup>3</sup> /hombre*día	0,65	3,5
Rubro	Unidad de Medida	<b>Min</b>	<b>Max.</b>
Costo de materiales por metro fortificado.	\$/m	0	300
Costo de Energía por metro de avance	\$/m	20	40
Costo total por metro de avance	\$/m	300	600
Costo total por m <sup>3</sup> de material extraído	\$/m <sup>3</sup>	60	85

### 3.1.6 Toma de datos

El levantamiento de información se lo realizo diariamente de forma oportuna y precisa, para luego hacer una compilación de la misma en forma resumida y mensual. Cabe recalcar que la información también fue requerida por la empresa a través de un reporte semanal y un informe de toda la Gestión mensual.

En las siguientes tablas se detallan los avances por periodos de 30 días, donde existen variaciones en la longitud y tipo de perforación, así como también diferente uso de carga explosiva.

Tabla 3.12 Datos en el desarrollo de la operación correspondientes a Agosto de 2018

Periodo	22/07/2018 - 21/08/2018		Perforación con barreno de 1,2 m de longitud	Vibración	TOTAL
Parámetros		Unidad			
Metros de Avance		m	48.00	7.00	<b>55.00</b>
Total Metros Perforados		m	1.728		<b>1.728</b>
Horas de Perforación		h	107		<b>107</b>
Metros cúbicos de Material en Banco		m <sup>3</sup>			<b>385</b>
	Número de voladuras	62			
Longitud de	perforación	1,1m			
Rendimiento de Voladura		%	70%		
Emulsen 5000x		u	2.555		<b>2.555</b>
Metros de guía		m	2.250		<b>2.250</b>
Unidades de guías		u	1.500		<b>1.500</b>
Nitrato de amonio		u	5.200		<b>5.200</b>
Emulnor 3000		u	0		<b>0</b>
Explogel 1 1/8 x 4"		u			<b>0</b>

Tabla 3.13 Datos en el desarrollo de la operación correspondientes a Septiembre de 2018

Periodo	22/08/2018 - 21/09/2018		Perforación con barreno de 1,7 m de longitud	Perforación con barreno de 1,5 m de longitud	TOTAL
<b>Parámetros</b>	<b>Unidad</b>				
Metros de Avance	m		71	6.19	<b>76.72</b>
Total Metros Perforados	m		3.597	279	<b>3.875</b>
Horas de Perforación	h		272	19	<b>291</b>
Metros cúbicos de Material en Banco	m <sup>3</sup>				<b>559.88</b>
	Número de voladuras	61	Número de voladuras	5	
Longitud de	perforación	1,6m	perforación	1,4m	
Rendimiento de Voladura	%		68%	83%	
Emulsen 5000x	u		2.523	27	<b>2.550</b>
Metros de guía	m		3.652	58	<b>3.710</b>
Unidades de guías	u		2.141	31	<b>2.172</b>
Nitrato de amonio	u		12.601	250	<b>12.851</b>
Emulnor 3000	u		94	8	<b>102</b>

Tabla 3.14 Datos en el desarrollo de la operación correspondientes a Octubre de 2018

<b>Periodo</b>	<b>22/09/2018 - 21/10/2018</b>		<b>Perforación con barreno de 1,7 m de longitud</b>	<b>Perforación con barreno de 1,5 m de longitud</b>	<b>TOTAL</b>
<b>Parámetros</b>		<b>Unidad</b>			
Metros de Avance		m	54.2	22.45	<b>76.67</b>
Total Metros Perforados		m	2.765	1.010	<b>3.775</b>
Horas de Perforación		h	171	62	<b>233</b>
Metros cúbicos de Material en Banco		m <sup>3</sup>			<b>554</b>
	Número de voladuras	39	Número de voladuras	20	
	perforación	1,6m	perforación	1,4 m	
Rendimiento de Voladura		%	84%	75%	
Emulsen 5000x		u	1.046	696	<b>1.742</b>
Metros de guía		m	3.250	1.041	<b>4.291</b>
Unidades de guías		u	1.625	529	<b>2.154</b>
Nitrato de amonio		u	11.830	4.280	<b>16.110</b>
Emulnor 3000		u	8	224	<b>232</b>
Explogel 1 1/8 x 4"		u	1.499	100	<b>1.599</b>

Tabla 3.15 Datos en el desarrollo de la operación correspondientes a Noviembre de 2018

<b>Periodo</b>	<b>22/10/2018 - 21/11/2018</b>		<b>Perforación con barreno de 1,7 m de longitud</b>	<b>Perforación con barreno de 1,5 m de longitud</b>	<b>TOTAL</b>
<b>Parámetros</b>	<b>Unidad</b>				
Metros de Avance	m		103.62		<b>103.62</b>
Total Metros Perforados	m		5.285	0	<b>5.285</b>
Horas de Perforación	h		326	0	<b>326</b>
Metros cúbicos de Material en Banco	m <sup>3</sup>				<b>766</b>
	Número de voladuras	67	Número de voladuras	0	
	perforación	1,6m	perforación	1,4m	
Rendimiento de Voladura	%		94%		
Emulsen 5000x	u		8.210		<b>8.210</b>
Metros de guía	m		4.506		<b>4.506</b>
Unidades de guías	u		2.253		<b>2.253</b>
Nitrato de amonio	u		9.491		<b>9.491</b>
Emulnor 3000	u		0		<b>0</b>
Explogel 1 1/8 x 4"	u		1.238		<b>1.238</b>

Tabla 3.16 Datos del uso de materiales de perforación, con su costo total por cada mes

1. GASTOS EN PERFORACIÓN RUBROS	CANTIDAD					COSTO MENSUAL (US\$)			
	AGO	SEP	OCT	NOV	Unidades	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre
Barras de 1.80 m SANDVIK			1	2	u			93,10	186,20
Barras de 1.20 m SASNDVIK	1				u	77,18			
Barreno 1.60 m Integral Sandvik	2				u	441,96			
Barra de Extensión de 1.60 m		2			u		192,86		
Broca P/ Perforar Rocbick 36mm	2	3	15	5	u	22,24	48,21	241,07	80,35
Total Gastos de Útiles De Perforación						541,38	241,07	334,17	266,55
Politubo 3/4" Aire				100	m				171,43
Politubo 1/2" Agua	200				m	118,60			
Manguera enlonada 3/4 P/Aire	6	6			m	30,86	23,86		
Aceite 100 Para Máquinas de Mina	10	10	55	55	Gal	68,67	109,09	600,00	600,00
Varios								0,40	18,53
<b>Total gastos de perforación (US\$)</b>						<b>759,51</b>	<b>374,02</b>	<b>934,57</b>	<b>1.056,51</b>

Tabla 3.17 Datos del uso de materiales de voladura, con su costo total por cada mes

2. GASTOS EN VOLADURA (EXPLOSIVOS) RUBROS	CANTIDAD					COSTO MENSUAL (US\$)			
	AGO	SEP	OCT	NOV	Unidad	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre
Dinamita Emulsen 5000 1-1/8 X 4"	7	5	9	14	Caja	593,60	428,13	796,44	1.238,91
Dinamita Emulnor Famesa 1-1/8 X 8"		2			Caja		140,00		
Fulminante N° 8 100 Und	15	27	22		Caja	274,95	494,91	403,26	
Nitrato de Amonio 50 Kg.	26	129	161		Caja	354,12	1.756,98	2.192,82	
Mecha Lenta Plástica (Guía)	2,185	3,710	4,291		m	393,30	667,80	772,38	
Conector Para Mecha Rápida	15	27	22		Caja	396,15	726,57	592,02	
Dinamita Explogel III 1 1/8 X 4			7		Caja			616,02	
Varios									
<b>Total gastos de voladura (US\$)</b>						<b>2.012,12</b>	<b>4.214,39</b>	<b>5.372,94</b>	<b>1.238,91</b>

Tabla 3.18 Datos del uso de materiales de extracción, con su costo total por cada mes

<b>3. GASTOS EN EXTRACCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>					<b>COSTO MENSUAL (US\$)</b>			
<b>RUBROS</b>	<b>AGO</b>	<b>SEP</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>Unidades</b>	<b>Agosto</b>	<b>Septiembre</b>	<b>Octubre</b>	<b>Noviembre</b>
Cable Corto Para Cargadora				2	u				178,57
Palas	4		6		u	77,20		112,50	
Sacos Usados	100				u	4,19			
Tablas 4 - 5 VARAS DURAS		20	60		u		112,00	408,00	
Aceite Rando Oil Hd 68				25	Gal				242,32
Mantenimiento de Equipos y Varios					Varios	7,51		438,43	
<b>Total gastos de extracción (US\$)</b>						<b>88,90</b>	<b>112,00</b>	<b>958,93</b>	<b>420,89</b>

Tabla 3.19 Datos del uso de materiales de transporte, con su costo total por cada mes

<b>4. GASTOS EN TRANSPORTE</b>	<b>CANTIDAD</b>					<b>COSTO MENSUAL (US\$)</b>			
<b>RUBROS</b>	<b>AGO</b>	<b>SEP</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>Unidades</b>	<b>Agosto</b>	<b>Septiembre</b>	<b>Octubre</b>	<b>Noviembre</b>
Rieles De 15 Kg/M X 6 M		36			m		694,92		
Rieles De 22 Kg/M X 6 M	60	132	252		m	1.041,47	2.283,60	6.958,56	
Durmientes	74	64	170		u	263,52	230,40	612,00	
Clavos de 5"			55	55	lb			71,42	55,33
Rulimán 3307 (5307)				8					583,74
Varios					Varios			10,56	
Mantenimiento					Varios	1.080,11	2.352,74	1.093,64	107,09
<b>Total gastos en transporte (US\$)</b>						<b>2.385,10</b>	<b>5.561,66</b>	<b>8.746,18</b>	<b>746,16</b>

Tabla 3.20 Datos del uso de materiales de ventilación, con su costo total por cada mes

5. GASTOS EN VENTILACIÓN	CANTIDAD					COSTO MENSUAL (US\$)				
	RUBROS	AGO	SEP	OCT	NOV	Unidades	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre
Mangas de 20"	100	100			100	m	294,00	294,00		294,00
Varios						Varios				
<b>Total gastos en ventilación (US\$)</b>							<b>294,00</b>	<b>294,00</b>	<b>-</b>	<b>294,00</b>

Tabla 3.21 Datos del uso de materiales de instalaciones, con su costo total por cada mes

6. GASTOS EN INSTALACIONES DE AGUA y AIRE COMPRIMIDO	CANTIDAD					COSTO MENSUAL (US\$)				
	RUBROS	AGO	SEP	OCT	NOV	Unidades	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre
Adaptador 1/2" P/ Politubo					2	u				0,60
Adaptador 2" Aluminio					5	u				13,80
Adaptador 3/4"					2	u				0,26
Bushín 2" X 3/4" Hg					1	u				1,52
Cortadora 2" de Bola					1	u				33,05
Cortadora 3/4" de Bola					1	u				5,67
Tubería 1" HG Reforzado X 6m		28	10			u		701,96	250,70	
Politubo 2"	200					m	241,88			
Accesorios para Acometidas						varios	54,32	37,05	428,05	40,67
<b>Total gastos en instalaciones (US\$)</b>							<b>296,20</b>	<b>739,01</b>	<b>678,75</b>	<b>95,57</b>

Tabla 3.22 Datos del uso de materiales de mantenimiento, con su costo total por cada mes

7. GASTOS EN INSTALACIONES Y MANTENIMIENTO ELÉCTRICO	CANTIDAD					COSTO MENSUAL (US\$)				
	RUBROS	AGO	SEP	OCT	NOV	Unidad	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre
Aceite Rubia Tir 7900 15w40 Compresor Xp185	5					u				
Aceite Móvil Delvac 15 W 40				5		Gal				67,55
Aceite Sintético Paroil Atlas Copco Compresores				10		u				1.302,75
Banda 11a1120 -7440 Compresor 375				1		u				10,71
Banda 8pk1550 Compresor				1		u				32,59
Filtro Aire Primario 35393685 Compresor Xp185	2			1		u	64,06			2,59
Filtro Elemento Separador 54625942 Compresor Xp185	1					u	257,31			
Filtro Aire Secundario 35393651 Compresor Xp185	2					u	98,10			
Filtro Combustible 36845493 Compresor Xp185	1					u	16,69			
Filtro Separador 1615-9436-01 Compresor 185				1		u				401,79
Filtro Separador 1604039382 Compresor 375				1		u				17,06
Filtro Separador Agua 529643 (Ff1197)				3		u				56,25
Filtro Combustible 36845493 Compresor Xp185	5					u	201,66			
Filtro 22496905 Aceite Compresor 185	2	1	1			u	4,90	7,01	5,00	
Filtro de Aceite Ph2849a (Mazda)	1					u	20,17			
Filtro Separador Agua 529643 (Ff1197)	1	2	1			u	4,25	19,96	6,12	
Filtro de Aceite Lf622-B7322 Compresor 375			1			u				15,18
Filtro de Aceite C6204-Lf4054 Compresor 375			2			u				12,50
Accesorios e Instalaciones Eléctricas						u	43,08	7,17	15,00	3.808,24
Varios							894,28	60,22	567,97	
<b>Total gastos en instalaciones y mantenimiento eléctrico (US\$)</b>							<b>1.665,78</b>	<b>94,31</b>	<b>594,09</b>	<b>6.332,45</b>

Tabla 3.23 Datos del uso de materiales de fortificación, con su costo total por cada mes

8. GASTOS EN MONTAJE DE ESTRUCTURAS Y FORTIFICACIÓN	CANTIDAD					COSTO MENSUAL (US\$)				
	RUBROS	AGO	SEP	OCT	NOV	Unidad	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre
Cemento Gris 50 Kl	200	440				u	1.560,00	3.264,80		
Cemento Holcim Fuerte 50kg	160					u	1.329,67			
Cuartón Semiduro		30				u		120,00		
Plancha Naval 1/4"	23					u	2.489,18			
Planchas Dipanel 12 Pies	35					u	674,68			
Plywood 15mm.	8					u	270,07			
Suelda 6011	44					lb	47,99			
Suelda 7018	143	44				lb	149,67	77,54		
Perfil de acero UPN 80mmx40mmx6 m	14					u	991,72			
Perfil de acero UPN 80x50mm 6 M	40	17				u	1.875,21	1.142,06		
Viga Electrosoldada 15 X 15 X 12mm	32					u	1.322,65			
Varilla 10mm X 12 Metros	34	60				u	262,83	442,20		
Varilla 14mm de Hierro		15				u		216,45		
Varios						Varios	4.562,09	1.904,68		
<b>Total gastos en montaje de estructuras (US\$)</b>							<b>5.535,76</b>	<b>7.167,73</b>	-	-

Tabla 3.24 Datos del uso de materiales de buzones, con su costo total por cada mes

9. BUZONES RUBROS	CANTIDAD					COSTO MENSUAL (US\$)			
	AGO	SEP	OCT	NOV	Unidades	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre
Angulo 1/4" X 2-1/2			3		u			117,35	
Plancha Negra 1/2"				1	u				234,37
Plancha Naval 1/4"			2		u			857,84	
Sierra Caladora Dewalt Dw331k			1		u			4,47	
Suelda 6011			11		u			14,65	
Suelda 7018				132	u				246,68
Tubo Cedula 40 X 6"X 6mts			5		u			1.107,43	
Tablón 4 Varas Duros				100	u				1.250,00
UPN 80 X 5 Mm 6 M			70		u			3.566,25	
Viga Heb 100 X 6mts			3		u			414,29	
Perno Expansión 1/2 X 3"			100		u			80,00	
VIGA HEB de 160mm			3		u			997,72	
Plancha Negra 1/4"			5		u			623,03	
Varios					Varios			133,92	221,96
<b>Total gastos en construcción de buzones (US\$)</b>						-	-	<b>7.916,95</b>	<b>1.953,01</b>

**Nota:** El costo de Buzones no será tomado en cuenta en la determinación de los indicadores, ya que este valor no entrará en el costo de operación, así como también otros costos o gastos que no intervienen en el desarrollo de las operaciones subterráneas.

Tabla 3.25 Datos del uso de EPP, con su costo total por cada mes

10. EQUIPOS DE PROTECCIÓN	CANTIDAD					COSTO MENSUAL (US\$)				
	RUBROS	AGO	SEP	OCT	NOV	Unidades	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre
Bota Caucho (P.A.)			1	1		u			16,07	13,99
Camiseta Licra			1			u			9,37	
Casco para soldar				1		u				7,50
Filtro 2097 Polvo toxico Soldadores				1		u				5,58
Filtro Mascarilla	5	1				u	43,16	10,75		
Filtro Polvo/Neblina 7093			12			u			134,94	
Gafa Oscura 3m				1		u				5,00
Guantes Anti corte Naranja		5	9	8		u		51,35	81,00	72,00
Guantes de Cuero	3	4		3		u	8,17	8,04		6,03
Guantes de Cuero Largos				3		u				38,25
Guantes de Nitrilo		2				u		6,26		
Lámpara china Sg Mod. K14lm	1					u	54,56			
Orejeras P/ Casco				5		u				170,50
Prefiltro	10	8				u	12,79	10,64		
Tapón Auditivo			1	1		u			0,90	1,43
<b>Total gastos en elementos de protección personal (US\$)</b>							<b>118,68</b>	<b>87,04</b>	<b>242,28</b>	<b>320,28</b>

Tabla 3.26 Datos del uso de materiales de energía, con su costo total por cada mes

11. CONSUMO DE ENERGÍA	CANTIDAD					COSTO MENSUAL (US\$)				
	RUBROS	AGO	SEP	OCT	NOV	Unidades	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre
Energía Eléctrica						X				
Diésel para Generadores	4.010	2.000		3.180		Gal	8.210,79	1.851,98		2.945,35
<b>Total gastos en energía (US\$)</b>							<b>8.210,79</b>	<b>1.851,98</b>	<b>-</b>	<b>2.945,35</b>

Tabla 3.27 Datos del uso de materiales de construcciones, con su costo total por cada mes

12. CONSTRUCCIONES RUBROS	CANTIDAD					COSTO MENSUAL (US\$)			
	AGO	SEP	OCT	NOV	Unidades	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre
Alambre Semicocido	5				u	134,59			
Bloque 7x20x40	250	300	500		u	82,83	99,00	165,00	
Canal G 80 X 40 X 15 X 3	30				u	524,01			
Cable Superflexible N°2/0	4				u	41,70			
Cable Cableado 14	100				u	28,22			
Cable Cableado 12	100				u	11,69			
Capsula Exotérmica de #90 Plus	15				u	87,05			
Choba				1	u				60,71
Kalipega 1/2 Litro			1		u			8,48	
Gavión de 2 X 1 X 1 Metros			10		u			323,60	
Gavión de 3 X 1 X 1 Metros			10		u			467,10	
Gancho Templador 5/8	6				u	24,84			
Inodoro	3				u	268,77			
Molde Grafito Cable P/ Varilla Cobre 5/8 A	2				u	204,00			
Lava Manos	4				u	194,67			
Pintura Supremo Satín Arena	6				u	220,00			
Politubo 1" Liviano	300				u	199,47			
Tubo Poste 1 1/4 X 2mm	6				u	105,02			
Tapa Para exterior de 2 Servicios	6				u	2,68			
Tapa Ticino 2 Serv.	6				u	4,19			
Tee 4" Pvc			1		u			3,95	
Cerámica 25x33 Ventura	40				u			421,04	
Alambre Galvanizado # 12	193			96.8	u			199,60	101,99
Tubo 1-1/2" Poste 2mm	1				u	40,36			
<b>Total gastos en construcción (US\$)</b>						<b>2.174,09</b>	<b>99,00</b>	<b>1.588,77</b>	<b>162,70</b>

Tabla 3.28 Datos del uso de varios materiales, con su costo total por cada mes.

<b>13. VARIOS</b>	<b>CANTIDAD</b>					<b>COSTO MENSUAL (US\$)</b>			
<b>RUBROS</b>	<b>AGO</b>	<b>SEP</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>Unidades</b>	<b>Agosto</b>	<b>Septiembre</b>	<b>Octubre</b>	<b>Noviembre</b>
Cabo 1/2"			44	44	lb			93.75	93.75
Gasolina				45	u				119.77
Guaípe				2	u				7.00
Masilla Rally				1	u				2.80
Malla Armex De Varilla Corrugada 6x10x10				10	u				742.19
Papel Higiénico				2	u				1.47
Perno Tirafondo 1/4" X 2"				10	u				0.60
Pintura Spray Negro				4	u				7.01
Silicón Blanco En Pasta				1	u				2.72
Silicón Gris				1	u				3.80
Taco Fisher F10				10	u				0.40
Aislador de Barra 76m.M. C/Perno				2	u				6.72
Varios					u	321.91	14.00	323.79	
<b>Total gastos varios (US\$)</b>						<b>321.91</b>	<b>14.00</b>	<b>417.54</b>	<b>988.23</b>

Tabla 3.29 Datos del personal, con sus sueldos y salarios mensuales.

<b>14. SUELDOS Y SALARIOS</b>	<b>CANTIDAD</b>					<b>COSTO MENSUAL (US\$)</b>			
<b>AREAS</b>	<b>AGO</b>	<b>SEP</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>Unidades</b>	<b>Agosto</b>	<b>Septiembre</b>	<b>Octubre</b>	<b>Noviembre</b>
Perforista	3	3	3	3	US\$	2.796,50	2.796,50	2.862,03	2.862,03
Ayudante de Perforación	6	6	6	6	US\$	4.539,00	4.539,00	4.998,31	4.998,31
Mecánicos	3	3	2	2	US\$	2.269,50	2.269,50	781,90	781,90
Supervisores de Mina	2	2	2	2	US\$	2.318,18	2.318,18	2.559,00	2.559,00
Obreros de Mina	1	1	2	1	US\$	561,00	561,00	1.238,00	619,00
Tesista	1	1	1	1	US\$	500,00	500,00	500,00	500,00
<b>Total sueldos y salarios (US\$)</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>15</b>		<b>12.984,18</b>	<b>12.984,18</b>	<b>12.939,24</b>	<b>12.320,24</b>

### 3.1.7 Compilación y Validación de la Información

Se ha organizado la información total de toda la operación en cuanto a los avances y gastos de forma mensual, lo cual nos permitirá obtener los indicadores de gestión de manera precisa y oportuna para la toma de decisiones o identificación de bajos rendimientos en las operaciones.

Tabla 3.30 Compilación y validación de información mensual en gastos.

<b>Información para la gestión _SAN SALVADOR</b>					
		Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre
<b>Personal</b>	Número	16	16	16	15
	Rol	16	16	14	15
<b>Sueldos y salarios</b>					
Operativos	US\$	12.984,18	12.984,18	12.939,24	12.320,24
<b>SUB-TOTAL</b>	US\$	12.984,18	12.984,18	12.939,24	12.320,24
<b>Beneficios Empresariales</b>					
Capacitación	US\$				
Alimentación	US\$	<b>1.946,79</b>	<b>2.383,87</b>	<b>2.332,35</b>	<b>2.332,35</b>
<b>Beneficios Sociales de Ley</b>					
Fondos de Reserva	US\$	1.081,58	1.081,58	1.077,84	1.026,28
Vacaciones	US\$	541,01	541,01	539,14	513,34
Décimo Tercero	US\$	1.082,02	1.082,02	1.078,27	1.026,69
Décimo Cuarto	US\$	472,00	472,00	413,00	560,50
Aporte Patronal	US\$	1.447,74	1.447,74	1.442,73	1.373,71
IECE/SECAP	US\$	129,84	129,84	129,39	123,20
Aporte Personal	US\$				
<b>Total Personal</b>		<b>19.685,15</b>	<b>20.122,23</b>	<b>19.951,95</b>	<b>19.276,31</b>

<b>Suministros</b>		Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre
<b>Suministros Oficina</b>					
Útiles de Oficina	US\$	-	-	-	-
<b>Suministros Operaciones</b>					
Perforación	US\$	759,51	374,02	934,57	1.056,51
Voladura	US\$	2.012,12	4.214,39	5.372,94	1.238,91
Carguío	US\$	88,90	112,00	958,93	420,89
Transporte	US\$	2.385,10	5.561,66	8.746,18	746,16
Ventilación	US\$	294,00	294,00	-	294,00
Desagüe	US\$	-	-	-	8,68
Instalaciones De Aire Y Agua	US\$	296,20	739,01	678,75	95,57
Instalaciones Y Mantenimiento Eléctrico	US\$	1.665,78	94,31	594,09	6.332,45
Estructuras Y Fortificación	US\$	15.535,76	7.167,73	-	-
<b>Suministros Total</b>	US\$	<b>23.037,37</b>	<b>18.557,12</b>	<b>17.285,46</b>	<b>10.193,17</b>

<b>Energía</b>		Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre
Electricidad	US\$	-	-	-	-
Diésel Para Generadores		8.210,79	1.851,98	-	2.945,35
<b>Energía Total</b>	US\$	<b>8.210,79</b>	<b>1.851,98</b>	<b>-</b>	<b>2.945,35</b>

<b>Gastos Generales</b>		Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre
EPP	US\$	118,68	87,04	242,28	320,28
Varios	US\$	519,88	252,86	463,83	1.228,93
Construcciones	US\$	3.167,38	118,53	1.602,80	162,70
Buzones	US\$	-	-	7.916,95	1.953,01
<b>Total Gastos Generales</b>	<b>US\$</b>	<b>3.805,94</b>	<b>458,43</b>	<b>2.308,91</b>	<b>1.711,92</b>
<b>Inversión en maquinarias y equipos</b>		Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre
Locomotora 5 Toneladas	US\$				
Locomotora 2.5 Toneladas	US\$				
Bombas Eléctricas	US\$				
<b>Total gastos en equipos</b>	<b>US\$</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>
		Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre
<b>TOTAL GASTOS</b>	<b>US\$</b>	<b>54.739,26</b>	<b>40.989,76</b>	<b>37.943,52</b>	<b>33.964,04</b>

Tabla 3.31 Compilación y validación de información mensual en estadísticas.

<b>ESTADÍSTICAS MENSUALES</b>					
<b>a) Perforación</b>		Ago.	Sep.	Oct.	Nov.
Metros de Avance de Galería	m	55	77	77	104
Longitud real de Perforación	m	1,10	1,65	1,65	1,65
Total metros Perforados	m	1.997	3.739	3.619	3.619
Horas de Perforación	h	106	199	193	193
<b>b) Voladura</b>		Ago.	Sep.	Oct.	Nov.
Cantidad de voladuras por mes	u/mes	62	62	59	67
Explosivos Utilizados - Dinamita al 60%	Kg	115,4	220,4	364,2	175,0
<b>c) Carguío Y Transporte</b>		Ago.	Sep.	Oct.	Nov.
Roca Estéril Quebrada Mecánicamente	m <sup>3</sup>	147	.		
Roca estéril quebrada por p y v	m <sup>3</sup>	238	560	554	766
Total roca estéril extraída	m <sup>3</sup>	385	560	554	766
<b>d) Estructuras y fortificación</b>		Ago.	Sep.	Oct.	Nov.
Metros fortificados	m	55	50	0	0
<b>e) Personal</b>		Ago.	Sep.	Oct.	Nov.
Días laborados en el período	días	31	31	30	30
Dotación autorizada de personal	u	16	16	14	19
Total de personal que ingresa a mina	u	342	348	277	261

Tabla 3.32 Compilación y validación de información mensual en indicadores

<b>INDICADORES MENSUALES</b>					
<b>a) Perforación</b>		Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre
Perforación Específica	m/m <sup>3</sup>	5,49	6,68	6,53	4,72
Costo de útiles de perforación por m <sup>3</sup> extraído	US\$/m <sup>3</sup>	1,97	0,67	1,69	1,38
Costo de perforación por metro de avance	US\$/m	13,81	4,86	12,14	10,20
<b>b) Voladura</b>		Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre
Costo de explosivos por m de avance	US\$/m	36,58	54,73	69,78	11,96
Costo de explosivos por m <sup>3</sup> Quebrado por P y V	US\$/m <sup>3</sup>	8,45	7,53	9,70	1,62
Densidad de Carga	Kg/m <sup>3</sup>	0,49	0,39	0,66	0,23
Unidades de EMULSEN 5000X por m de avance	u/m	58	33	23	23
Rendimiento de Voladura	%	70,0%	75,3%	79,1%	93,7%
<b>c) Carguío y Transporte</b>		Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre
Costo por m de avance	US\$/m	44,98	73,68	126,04	11,26
Costo por m <sup>3</sup> Movido	US\$/m <sup>3</sup>	0,23	0,20	1,73	0,55
Costo por m <sup>3</sup> transportado	US\$/m <sup>3</sup>	6,20	9,93	15,79	0,97
Tiempo de ciclo por m <sup>3</sup> extraído	min/m <sup>3</sup>	12	14	10	9
m <sup>3</sup> de material extraído por día	m <sup>3</sup> /día	13,0	18,0	18,0	25,5
<b>d) Energía</b>		Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre
Costo de energía por m de avance	US\$/m	149,29	24,05	-	28,42
Consumo de Diésel por día	Gal/día	69	45	25	71
<b>e) General</b>		Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre
Avance por corte (por voladura)	m/día	0,89	1,24	1,31	1,55
Metros de avance por día	m/día	1,77	2,48	2,57	3,45
Costo Total por m de avance	US\$/m	995,26	532,33	492,77	327,77
Costo Total por m <sup>3</sup> extraído	US\$/m <sup>3</sup>	142,18	73,20	68,49	44,34

<b>f) Personal</b>		Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre
Promedio de personal que ingresa a diario	Número	11	11	9	9
Rendimiento por m <sup>3</sup> extraído	m <sup>3</sup> /hombre *día	1,13	1,61	2,00	2,93
Rendimiento por tonelada extraída	T/hombre* día	2,06	2,94	3,66	5,37

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS

#### 4.1 Resultados mostrados en tablas comparativas.

Para tener un análisis de los resultados y lograr comparar entre los meses analizados, que nos permita tomar decisiones en el momento de realizar una gestión operativa para la empresa, ha sido necesario representar los datos más importantes obtenidos enfrentados a través de tablas.

Los resultados mostrados tienen dos dimensiones, la primera dimensión se refiere a los avances y rendimientos en los trabajos, mientras que la segunda dimensión evalúa parámetros económicos.

Tabla 4.1 Comparación de Información de Perforación.

Proceso de perforación		Periodo			
Indicadores de Eficiencia ( incluyen medios humanos, materiales y financieros)		AGO	SEP	OCT	NOV
Dimensión Entrega	Unidad				
Número de metros preparados/periodo	m/mes	55	77	77	104
Número Total de metros perforados	m/mes	1.997	3.739	3.619	5.428
Perforación específica	m/m <sup>3</sup>	5,49	6,68	6,53	7,09
Dimensión Costo	Unidad				
Costo de perforación por metro de avance	\$/m	13,81	4,86	12,1	10,2
Costo de útiles de perforación por m <sup>3</sup> extraído	\$/m <sup>3</sup>	1,97	0,67	1,69	1,38

Tabla 4.2 Comparación de Información de Voladura.

Proceso de voladura		Periodo			
Indicadores de Eficiencia ( incluyen medios humanos, materiales y financieros)		AGO	SEP	OCT	NOV
Dimensión Entrega	Unidad				
Rendimiento de Voladura	%	70	75,3	79,1	93,7
Rendimiento de avance de la galería	m/día	1,77	2,48	2,57	3,45
Consumo específico de Voladura (Kg dinamita 60%)	Kg/m <sup>3</sup>	0,49	0,29	0,39	0,43
Dimensión Costo	Unidad				
Costo de Voladura por metro de avance.	\$/m	36,58	54,7	69,8	51,8
Costo de útiles de voladura por m <sup>3</sup> extraído	\$/m <sup>3</sup>	8,45	7,53	9,7	7,01

Tabla 4.3 Comparación de Información de carguío y Transporte.

Proceso de carguío y transporte		Periodo			
Indicadores de Eficiencia ( incluyen medios humanos, materiales y financieros)		AGO	SEP	OCT	NOV
Dimensión Entrega	Unidad				
Material extraído	m <sup>3</sup> /día	13	18	18	25,5
Tiempo de ciclo por m <sup>3</sup> extraído	min/m <sup>3</sup>	12	14	10	9
Dimensión Costo	Unidad				
Costo por metro de avance	\$/m	44,98	73,7	126,1	11,3
Costo por m <sup>3</sup> movido	\$/m <sup>3</sup>	0,23	0,2	1,73	0,55
Costo por m <sup>3</sup> transportado	\$/m <sup>3</sup>	6,2	9,93	15,79	0,97

Tabla 4.4 Comparación de Información de Instalaciones, Infraestructura y trabajo en General.

<b>Proceso de instalaciones, infraestructura y trabajo en general</b>		<b>Periodo</b>			
<b>Indicadores de Eficiencia ( incluyen medios humanos, materiales y financieros)</b>		<b>AGO</b>	<b>SEP</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>
Dimensión Entrega	Unidad				
Rendimiento de personal por m <sup>3</sup> extraído	m <sup>3</sup> /hombre *día	1,13	1,61	2	2,93
Dimensión Costo	Unidad				
Costo de materiales por metro fortificado.	\$/m	282,5	143,4	0	0
Costo de Energía por metro de avance	\$/m	50,7	24,1	0	28,4
Costo total por metro de avance	\$/m	995,3	532,3	492,8	327,8
Costo total por m <sup>3</sup> de material extraído	\$/m <sup>3</sup>	142,2	73,2	68,5	44,3

En la mayor parte de la información se puede observar como los valores han venido aumentado en la dimensión entrega, mientras que han disminuido en la dimensión costo.

#### **4.2 Resultados mostrados en gráficos comparativos.**

Es importante la utilización de un medio grafico de representación de datos, a través del cual se puede observar y comparar de mejor manera la información arrojada por los resultados finales. En este caso se ha elegido el medio de gráficos de tipo barras.

El primer resultado a mostrar, en la figura 4.1, es la variación de los indicadores del proceso de perforación en los 4 meses, además en la figura 4.2 se puede observar un incremento del 97% en la dimensión operacional y una reducción del 28% en costos, cuyos porcentajes son el promedio total de los indicadores para cada dimensión, entre el mes de agosto y noviembre.

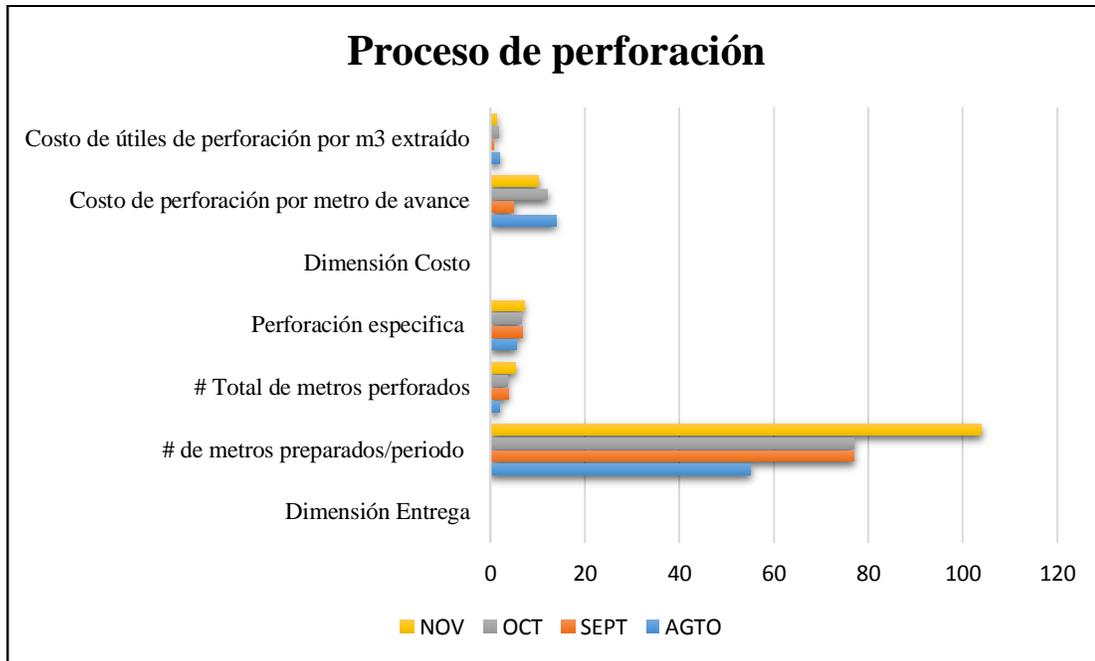


Figura 4. 1 Resultado General en la Variación de Indicadores de Perforación

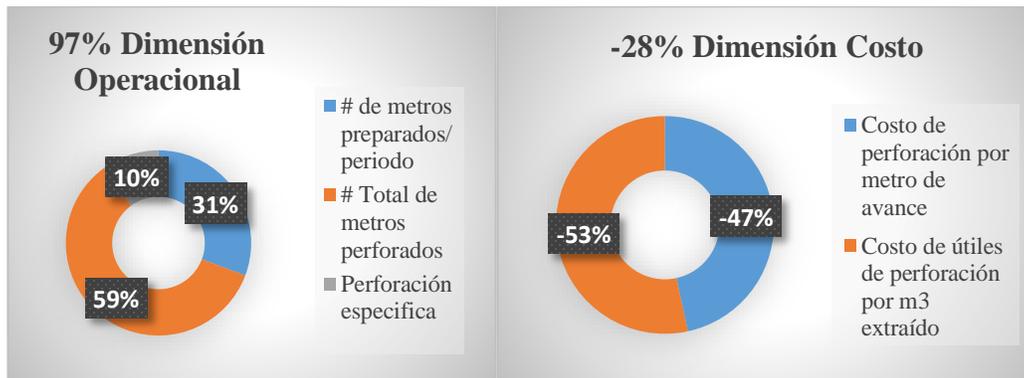


Figura 4.2 Porcentaje de variación operacional y costos en Perforación.

En las figuras 4.3 y 4.4 se muestran la variación de los indicadores de perforación de forma individual respecto a su rango de gestión establecido y donde además se pueden identificar sus tendencias en el tiempo. Para su análisis se debe tener presente las consideraciones operacionales:

- El mes de agosto se realizó vibración y luego perforación con barrenos de 1,2 metros, debido a que la galería se encontraba sobre material coluvial.

- El mes de septiembre la galería continuó sobre material coluvial pero se empezó a perforar con barrenos de 1,6 metros.
- El mes de octubre la galería llegó a roca competente y se continuó con las perforaciones de 1,6 metros.
- El mes de noviembre la galería continúa sobre roca competente, pero se empezó a perforar con barrenos de 1,8 metros y además se implementó una plantilla de perforación (Anexo 3).

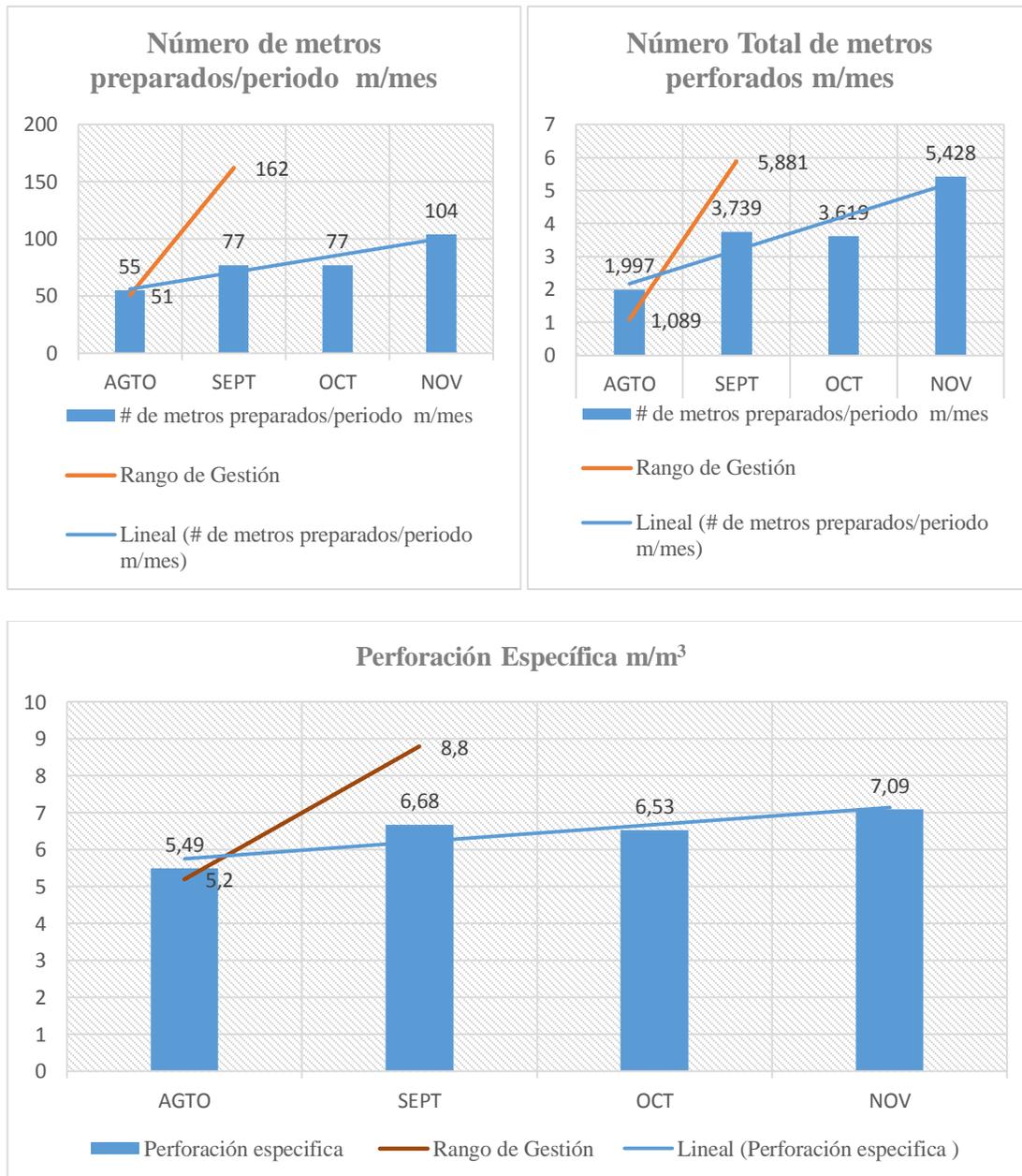


Figura 4.3 Resultados de Indicadores de Perforación, Dimensión Operacional.

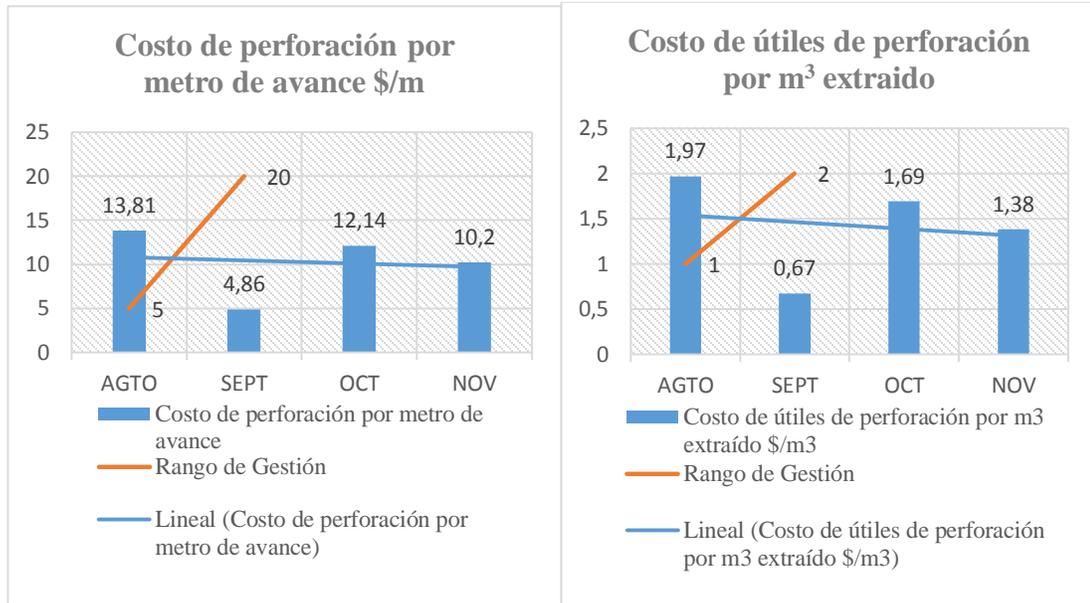


Figura 4.4 Resultados de Indicadores de Perforación, Dimensión Costo.

El siguiente resultado a mostrar, en la figura 4.5, es la variación de los indicadores del proceso de voladura en los 4 meses, además en la figura 4.6 se puede observar un incremento del 39% en la dimensión operacional y un incremento del 12% en costos, cuyos porcentajes son el promedio total de los indicadores para cada dimensión, entre el mes de agosto y noviembre.

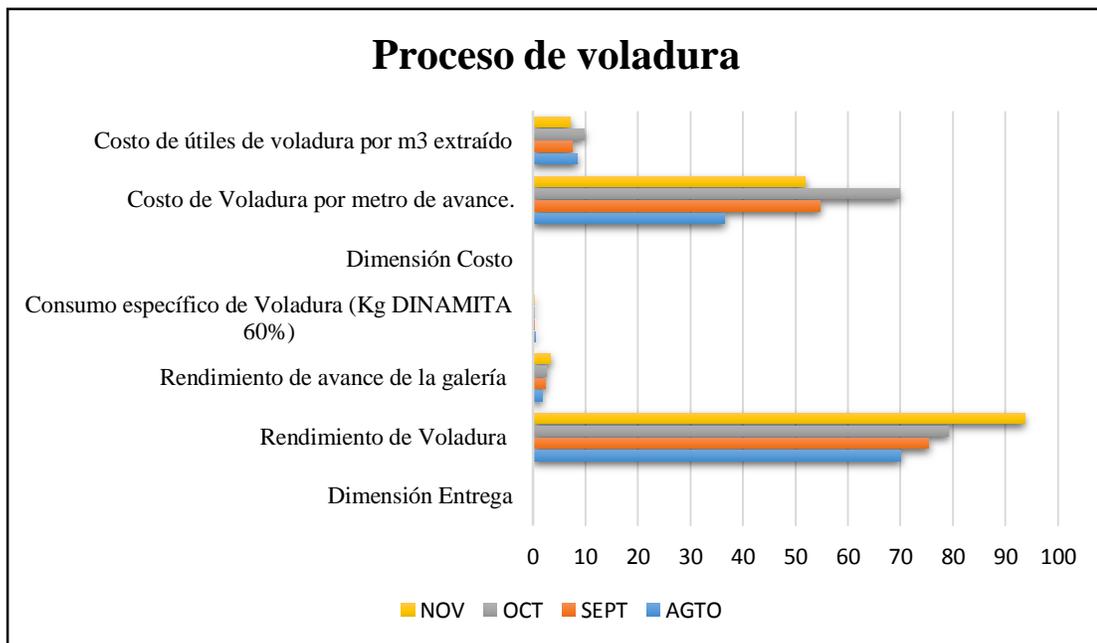


Figura 4.5 Resultado General en la Variación de Indicadores de Voladura

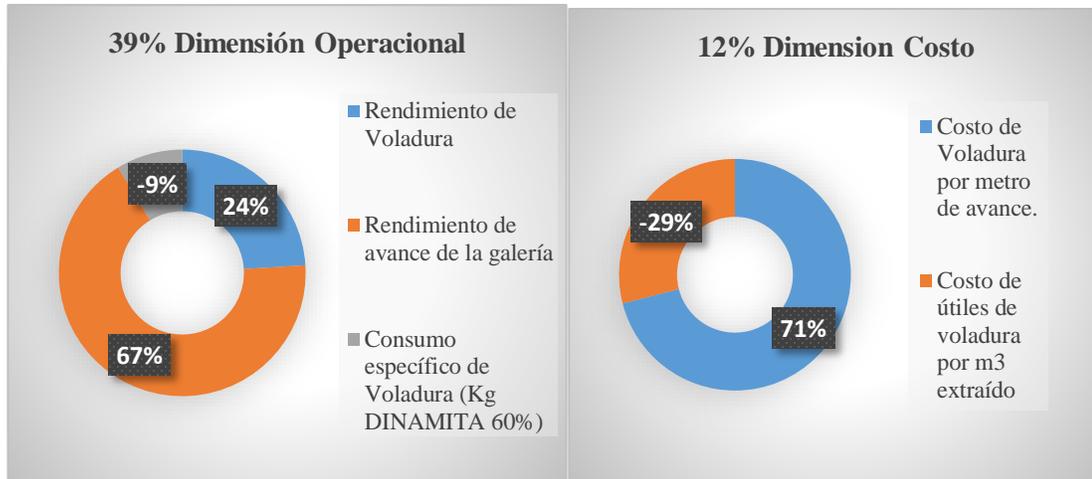


Figura 4.6 Porcentaje de variación operacional y costos en Voladura.

En las figuras 4.7 y 4.8 se muestran la variación de los indicadores de voladura de forma individual respecto a su rango de gestión establecido y donde además se pueden identificar sus tendencias en el tiempo. Para su análisis se debe tener presente las consideraciones operacionales:

- En el mes de agosto no se realizaron voladuras en las primeras semanas, pero luego se inició utilizando explosivo Emulsen 5000x como carga de fondo y nitrato como carga de columna.
- En el mes de septiembre se implementó Emulnor 3000 como carga de fondo.
- En el mes de octubre por encontrarse la galería en roca competente se reemplazó Emulsen 5000x por Explogel, utilizándose de igual forma lo anterior descrito, carga de fondo y columna.
- En el mes de noviembre se utilizó en su mayor parte Emulsen 5000x por presencia de agua, la cual fue utilizada como recarga de fondo y columna, además se empleó una plantilla de barrenación para mejorar la perforación como la voladura.

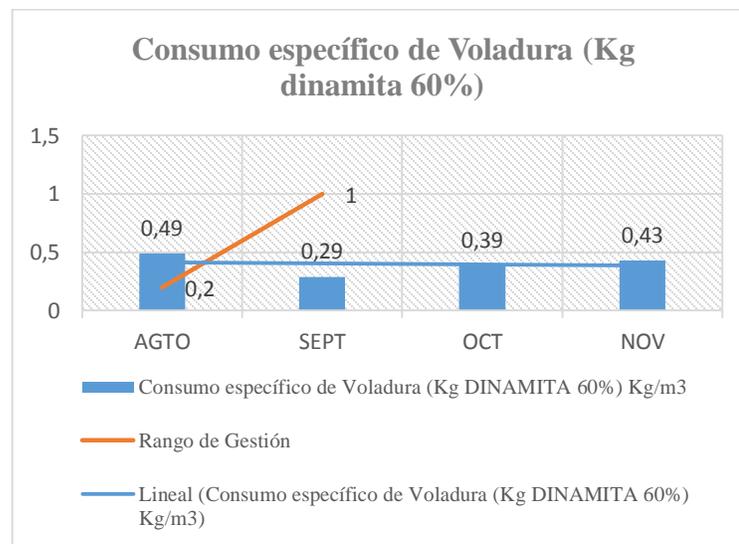
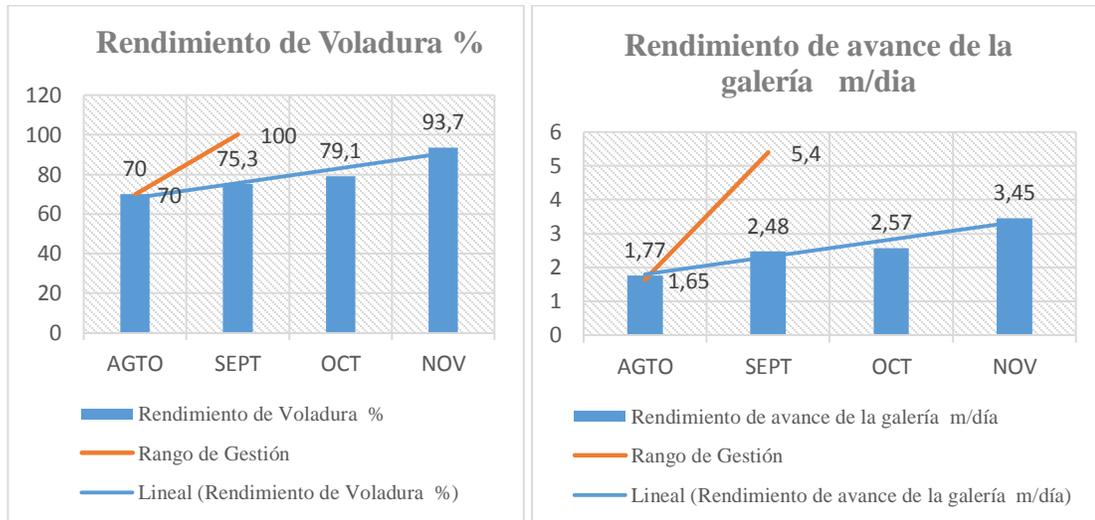


Figura 4.7 Resultados de Indicadores de Voladura, Dimensión Operacional.

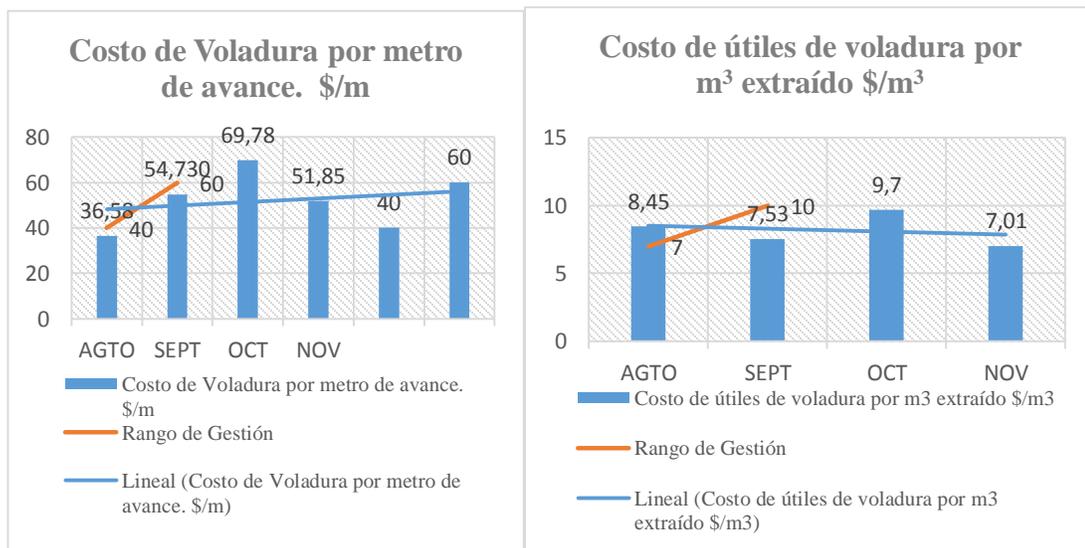


Figura 4.8 Resultados de Indicadores de Voladura, Dimensión Costo.

El siguiente resultado a mostrar, en la figura 4.9, es la variación de los indicadores del proceso de carguío y transporte en los 4 meses, además en la figura 4.10 se puede observar un incremento del 36% en la dimensión operacional y una reducción del 7% en costos, cuyos porcentajes son el promedio total de los indicadores para cada dimensión, entre el mes de agosto y noviembre.

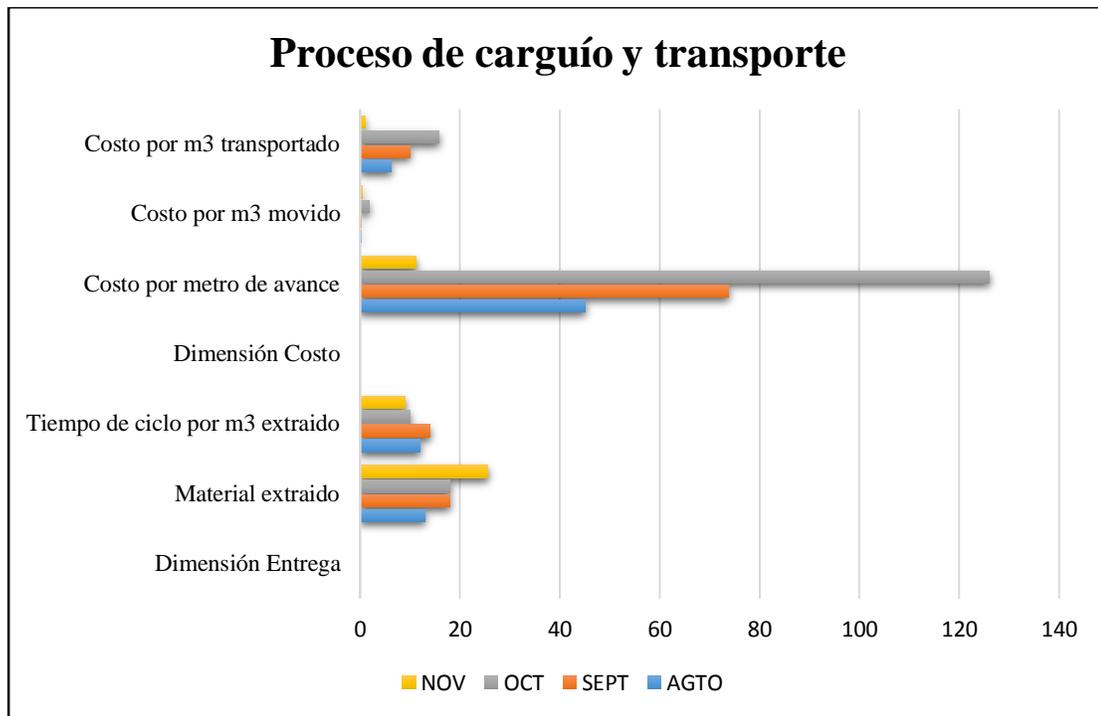


Figura 4.9 Resultado General en la Variación de Indicadores de Carguío y Transporte.

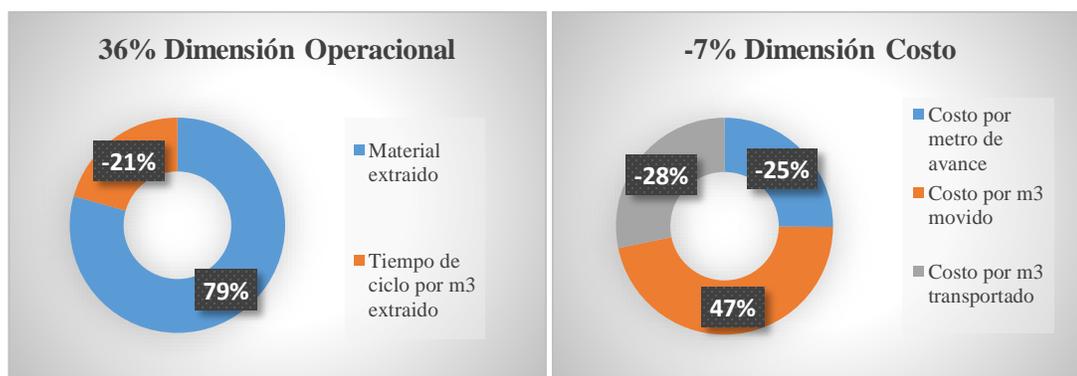


Figura 4.10 Porcentaje de variación operacional y costos en Carguío y Transporte.

En las siguientes figuras 4.11 y 4.12 se muestran la variación de los indicadores de carguío y transporte de forma individual respecto a su rango de gestión establecido y donde además se pueden identificar sus tendencias en el tiempo. Para su análisis se debe tener presente las consideraciones operacionales:

- En el mes de agosto se contaba únicamente con dos vagones para el acarreo de material.
- A partir del mes de octubre se implementó una locomotora más dos vagones para acarrear el material a superficie.
- En el mismo mes existieron varios desperfectos en equipos para este proceso de carguío, especialmente con la cargadora neumática.
- En el mes de noviembre se llegaron a tener seis vagones, siendo necesario construir plumas (intercambiadores de vagones) interior mina para el enganche de vagones.

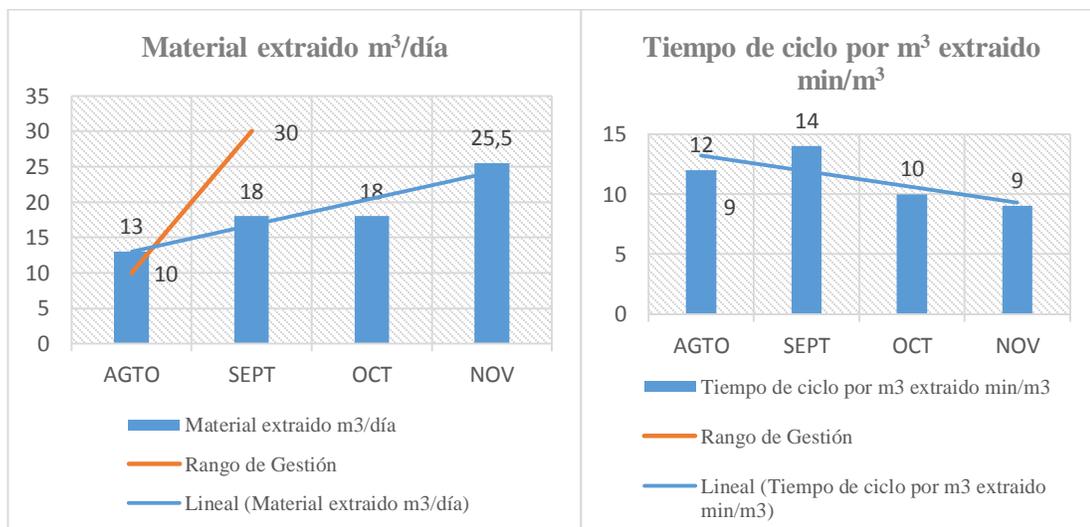


Figura 4.11 Resultados de Indicadores de Carguío y Transporte, Dimensión Operacional.

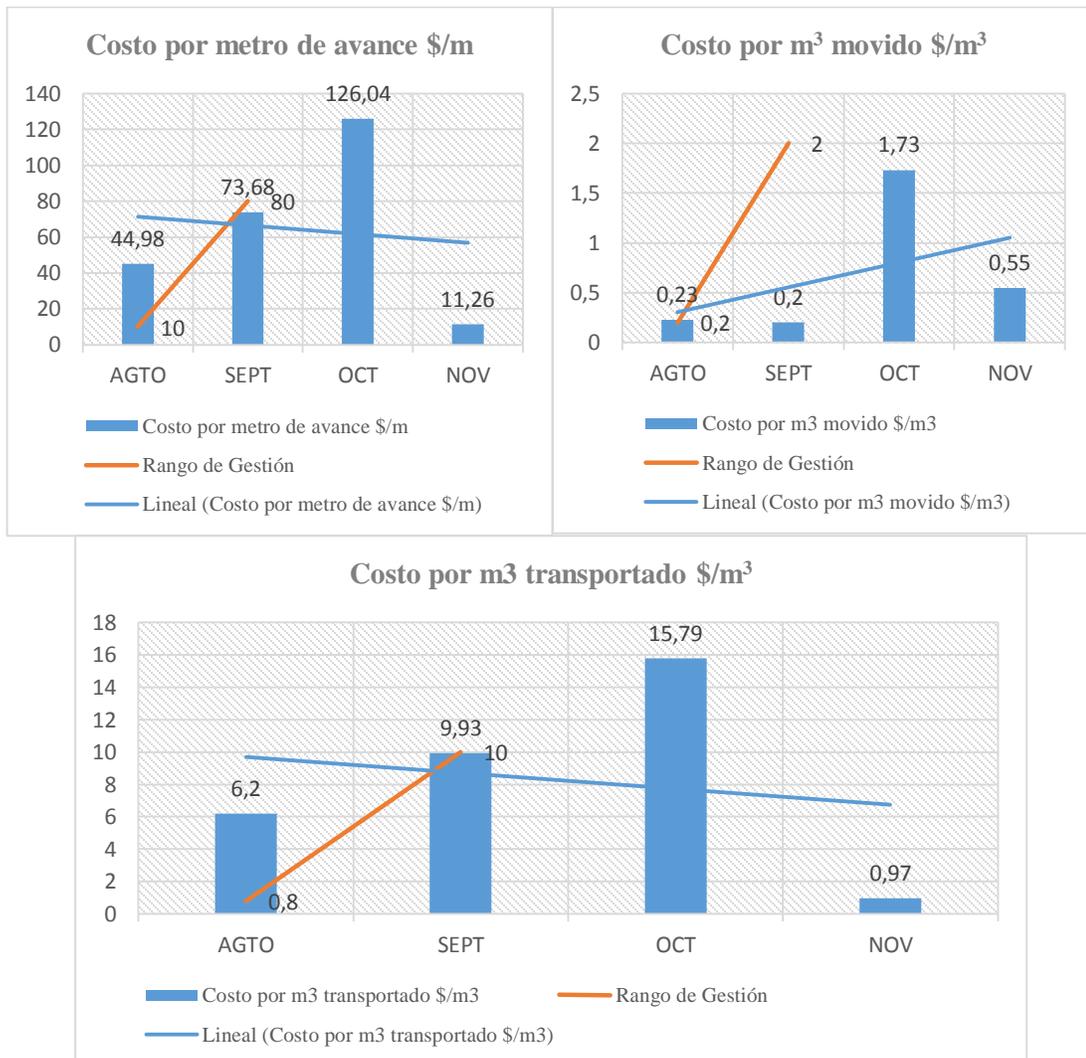


Figura 4.12 Resultados de Indicadores de Carguío y Transporte, Dimensión Costo.

Finalmente el resultado a mostrar, en la figura 4.13, es la variación de los indicadores del proceso de instalaciones, infraestructura y trabajo en general en los 4 meses, cabe recalcar que en la dimensión costos están englobados todos los gastos requeridos para ejecutar la actividad minera subterránea.

Además en la figura 4.14 se puede observar un incremento del 159% en la dimensión operacional y una reducción del 70% en costos, cuyos porcentajes son el promedio total de los indicadores para cada dimensión, entre el mes de agosto y noviembre.

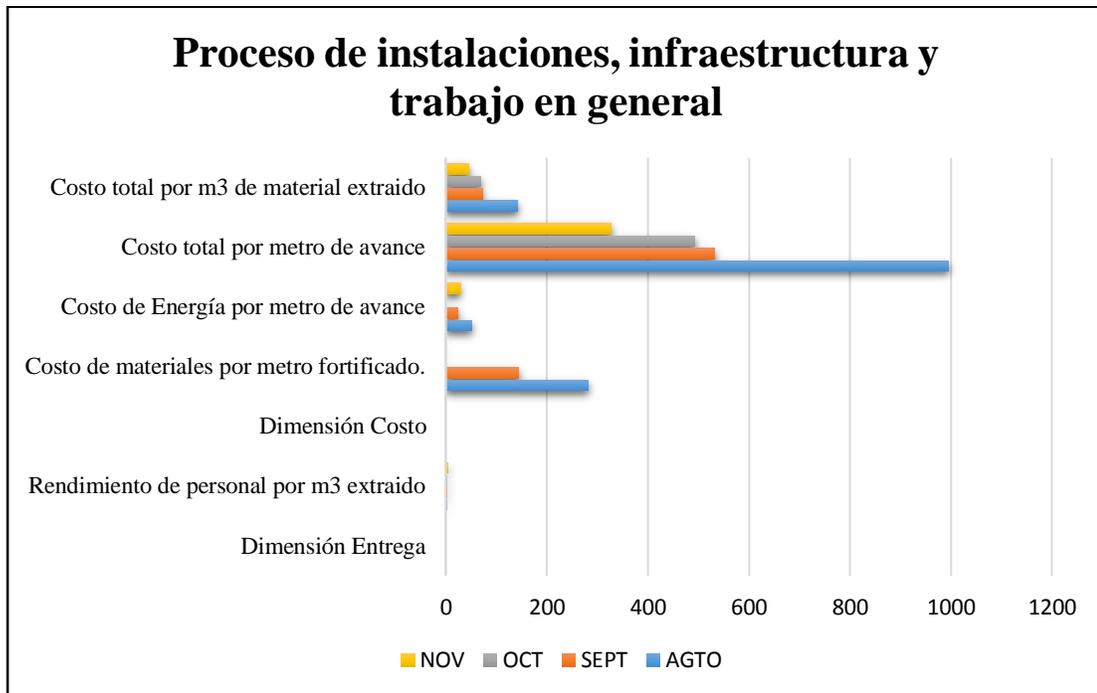


Figura 4.13 Resultado General en la Variación de Indicadores de Instalaciones, Infraestructura y Trabajo en General.

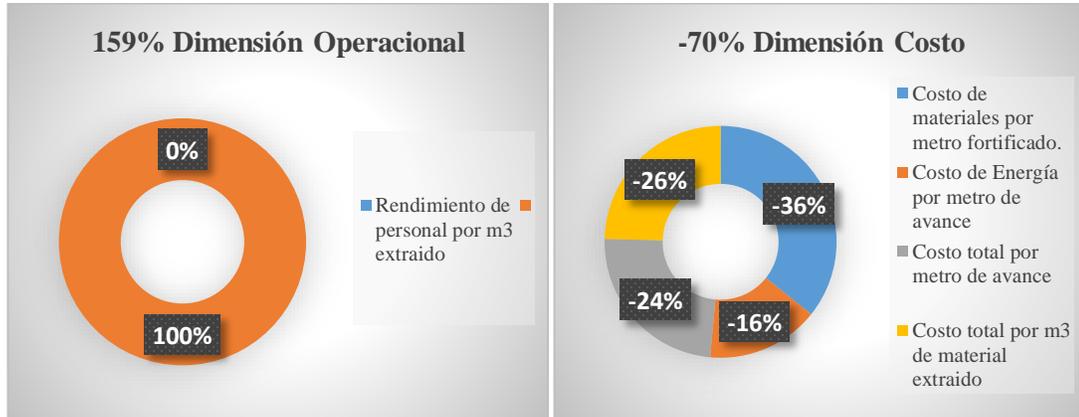


Figura 4.14 Porcentaje de variación operacional y costos en Instalaciones, Infraestructura y Trabajo en General.

En las siguientes figuras 4.15 y 4.16 se muestran la variación de los indicadores de instalaciones, infraestructura y trabajo en general de forma individual respecto a su rango de gestión establecido y donde además se pueden identificar sus tendencias en el tiempo. Para su análisis se debe tener presente las consideraciones operacionales:

- En el mes de agosto al encontrarse la galería en material coluvial, se utilizó una estructura metálica como fortificación (Fig.8.5), además se construyeron muros en las paredes de la galería hasta los 187m de extensión de la galería.
- En el mes de septiembre se continuó colocando la fortificación hasta el metro 235m de la galería donde ya existió la roca madre competente haciendo que no sea necesario utilizar ningún tipo de sostenimiento. Además se reemplazó el tipo de generador eléctrico por uno de menor consumo.
- En el mes de octubre existieron varios inconvenientes en los equipos de aire comprimido, (compresores) dificultando las operaciones subterráneas.
- En el mes de noviembre se trabajó sin inconvenientes y con lo necesario para ejecutar toda la operación minera subterránea.

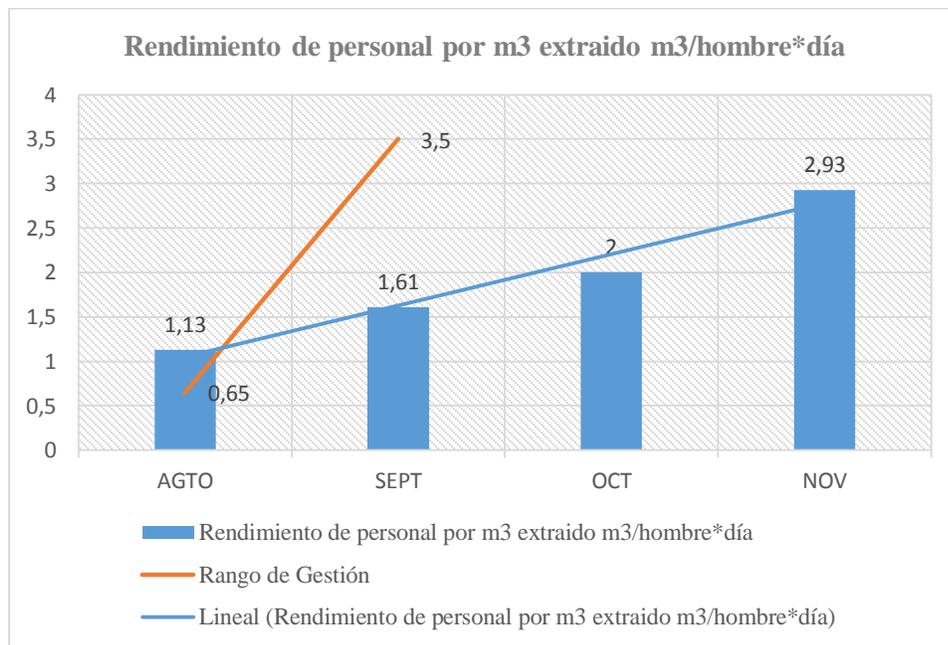


Figura 4.15 Resultado del Indicador de Instalaciones, Infraestructura y trabajo en General, Dimensión Operacional.

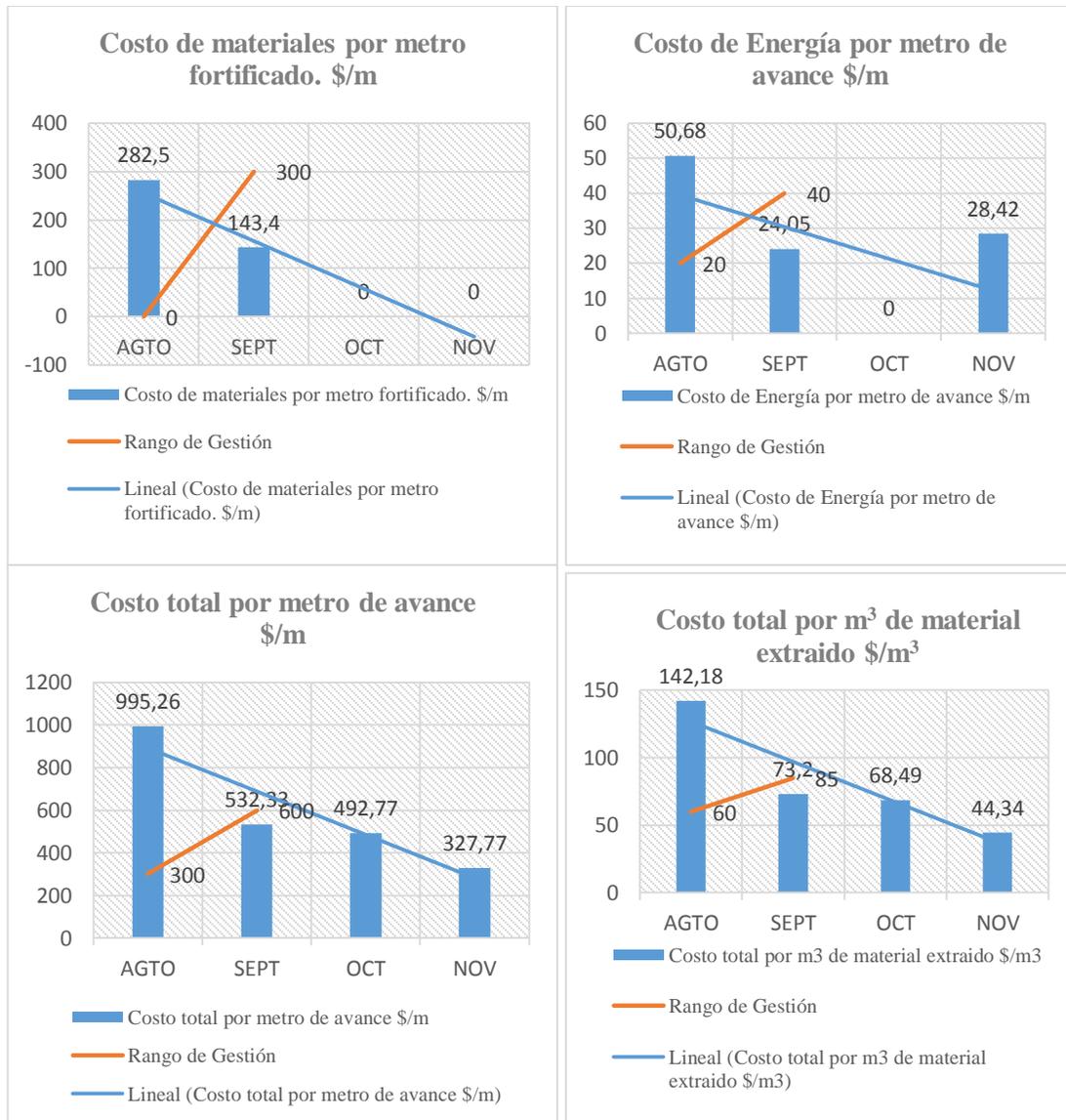


Figura 4.16 Resultados de Indicadores de Instalaciones, Infraestructura y trabajo en General, Dimensión Costo.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones:

- La determinación de indicadores técnicos de gestión para la mina San Salvador se realizó desde el inicio, cuando se empezó la construcción de la galería principal hasta llegar al depósito mineral, (aproximadamente 313 m de galería) esto permitió el seguimiento minucioso de cada etapa constituyente del proyecto minero, donde existieron cambios tanto en lo geológico, hidrogeológico y métodos de trabajo. Además estos indicadores permitieron la reacción oportuna ante las desviaciones operacionales (bajos y altos rendimientos) para mantener asegurado el cumplimiento de las metas propuestas por la empresa.
- Se llegó a determinar el porcentaje de variación que se dio, tanto en la dimensión operacional como en la dimensión costos, esto para cada proceso y de forma global para toda la operación subterránea. Por ejemplo, un dato muy importante es la reducción en un 70% de los costos en toda la operación, este dato se refiere desde la etapa en la cual se inició con las construcciones para asegurar y estabilizar la galería, hasta la etapa donde los trabajos son regulares y están dedicados a la producción sin la necesidad de colocar ningún tipo de estructura como sostenimiento para la galería.
- En los procesos productivos de la minería, las mejoras se pueden conseguir generalmente de dos maneras: a través de cambios tecnológicos, que implican grandes inversiones o a través de cambios en los métodos, mediante los cuales se desarrollan los procesos productivos. En el segundo caso, el trabajo con las personas es clave para alcanzar las nuevas metas, las cuales se consiguen a través del cambio de métodos, acción que está fundamentada 100% en las personas, es así como la capacitación y el entrenamiento al personal.

**Recomendaciones:**

- Después de alcanzar mejoras significativas en los resultados económicos de la operación, es necesario continuar y ampliar el alcance del seguimiento del proyecto mediante la implantación de indicadores para los procesos administrativos, dado que su resultado final es impactado fuertemente por temas administrativos que son paralelos a los temas operativos.
- Los indicadores de mantenimiento y de los procesos de apoyo son fundamentales para minimizar causas de ineficiencia en los procesos productivos; por tal motivo se recomienda su seguimiento para asegurar el éxito en la operación ya que estos indicadores son los que permiten asegurar las condiciones adecuadas en el ambiente subterráneo para la correcta labor de las personas y la disponibilidad de los equipos para la operación.
- Igualmente se deben establecer mecanismos para realizar un seguimiento permanente a los indicadores asociados con los temas ambientales porque este asunto puede convertirse en un factor de riesgo para la continuidad del negocio y generar costos muy importantes al momento de alguna eventualidad no prevista.

## BIBLIOGRAFÍA

- Azapagic, A. 1998. *Environmental considerations. En Indicators of sustainable development for the minerals extraction industry.* (págs. 202-217). Madrid: cyted/imaac/unido.
- Griem, W. 2018. Depósitos Minerales. Obtenido de Depósitos Minerales: <http://www.geovirtual2.cl>. Consulta: 15 de Octubre de 2018.
- Han, J. y Kamber, M.2001. *Data mining, concepts and techniques. en J.y.Han,* data mining, concepts and techniques. USA: Morgan Kaufmann
- Jaramillo, C. M. 2016. Visionadministrativa.info. Obtenido de visionadmionistrativa.info:<http://www.visionadministrativa.info/biblioteca/control/indicadores/losindicadoresdegestion.pdf>. Consulta: 29 de Agosto 2018.
- Joanna, C. 2012. Indicadores de gestión ¿Qué son y por qué usarlos? Obtenido de Indicadores de gestión ¿Qué son y por qué usarlos?: <https://www.gestiopolis.com/indicadores-de-gestion-que-son-y-por-que-usarlos/>. Consulta: 5 de Septiembre de 2018.
- Langefors U. yKihlstrom B.1963. *The moder technique of rock blasting.* Traducido por: Huindobro J., Tornos J., & Arrospide J. URMO S.A. de Ediciones.
- López Jimeno C., et al. 1995. Manual de Perforación y Voladura de Rocas, 2.ed Madrid, España. Instituto Tecnológico Geominero de España.
- Lteam, V. T. 2016. Indicadores de Gestión [Película]. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=91b3REuGMTs>. Consulta: 10 de Agosto de 2018

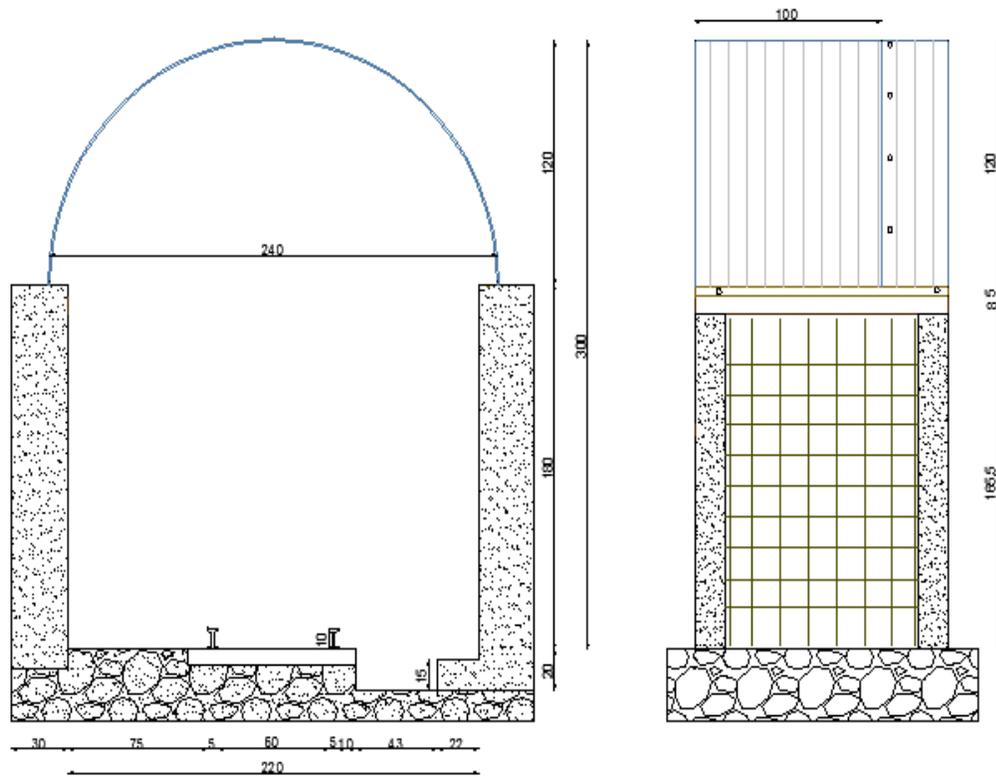
- Pereira, Y. J. 2007. Minería de Datos como soporte a la toma de decisiones empresariales. SCIELO, 3-4.
- Sernageomin. 2013. Guía de operación para la pequeña minería., Chile, Ministerio de Minería.
- Socconini, L. 2009. *Lean Manufacturing*. Ciudad de México, México. Norma
- Sociedad Minera Liga de Oro, SOMILOR S.A. 2009. Estudio de Impacto., Camilo Ponce Enríquez, Ecuador.
- Sociedad Minera Liga de Oro, SOMILOR S.A. 2018. Manual de Procedimientos Seguros., Camilo Ponce Enríquez, Ecuador.
- Taylor, E. R., Benavides, M. C., & Ramírez, S. N. 2012. Guía para la Construcción de Indicadores de Gestión. En D. ADMINISTRATIVO. Bogotá, Colombia.
- Universidad del Azuay, prefectura provincial del Azuay. (s.f.). Atlas de la provincia del Azuay. Cuenca, Azuay, Ecuador.
- Vale, E. 2002. *The economic dimension in the selection of indicators. Indicators of sustainability for the mineral extraction industry. En E. VALE, Mining and sustainable development* (págs. 79-88). Río de Janeiro: CNPq/CYTED.
- Valencia D. 2014. Optimización Del Sistema De Explotación Utilizado En La Mina Liga De Oro. Tesis de Ingeniero de Minas. Universidad Central del Ecuador. Quito, Ecuador.
- Vargas Pimiento, E. 2002. *Indicators of sustainability for the mineral extrantion industry. En E. Vargas Pimiento, Environmental and social Performance Indicators and sustainability Markers for two Mining Groups in Colombia* (págs. 167-200). Río de Janeiro: CNPq/CYTED.

## ANEXOS

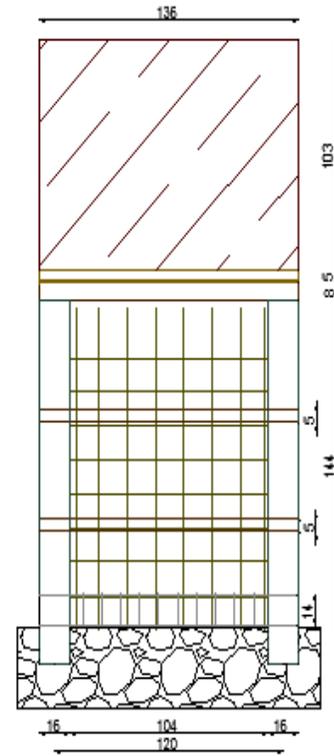
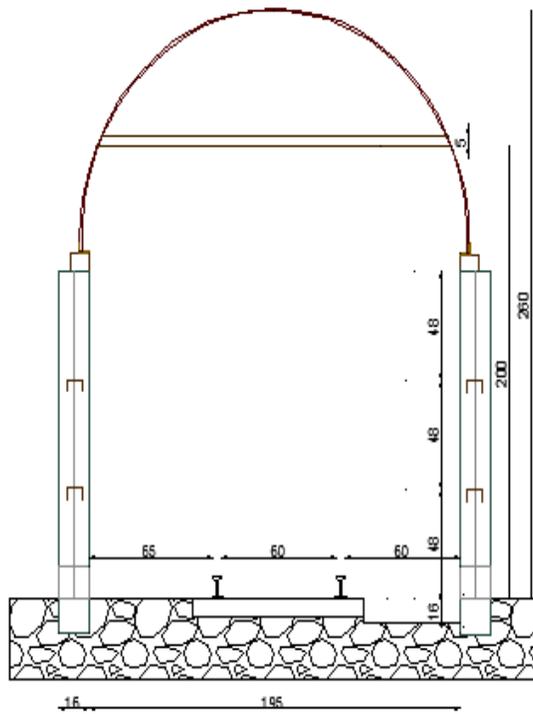
### Anexo 1 Estructura de fortificación para San Salvador.

-  HORMIGÓN ARMADO
-  RELLENO
-  ARMICO
-  ÁNGULO
-  UPN
-  TUBO CELULA
-  VARILLA 1/2"
-  MALLA ELECTROSOLDADA
-  PLANCHA

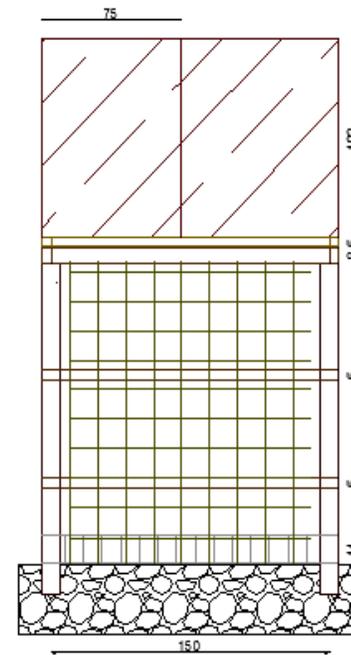
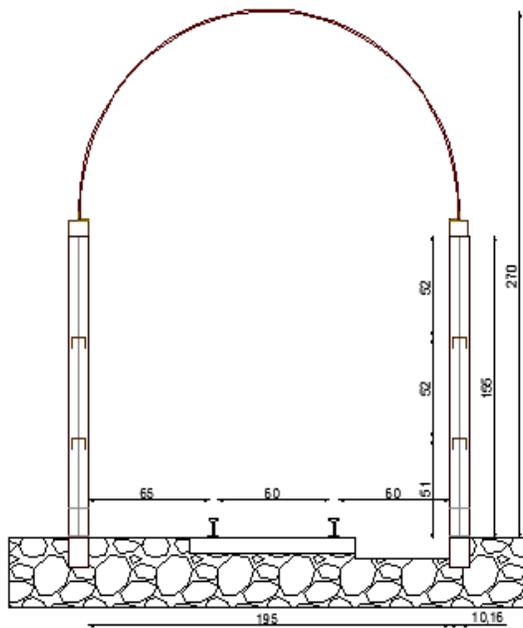
Primeros 9 metros  
HORMIGÓN ARMADO



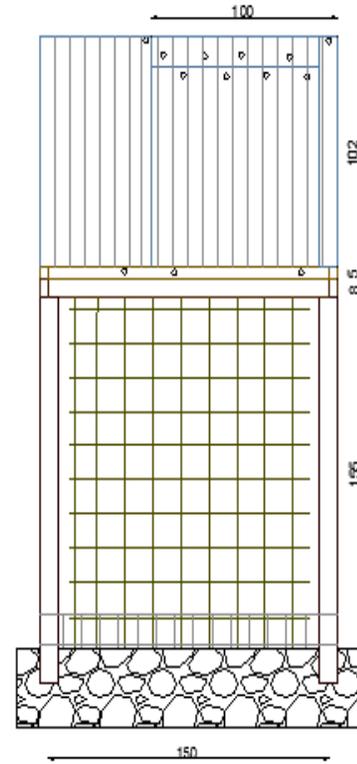
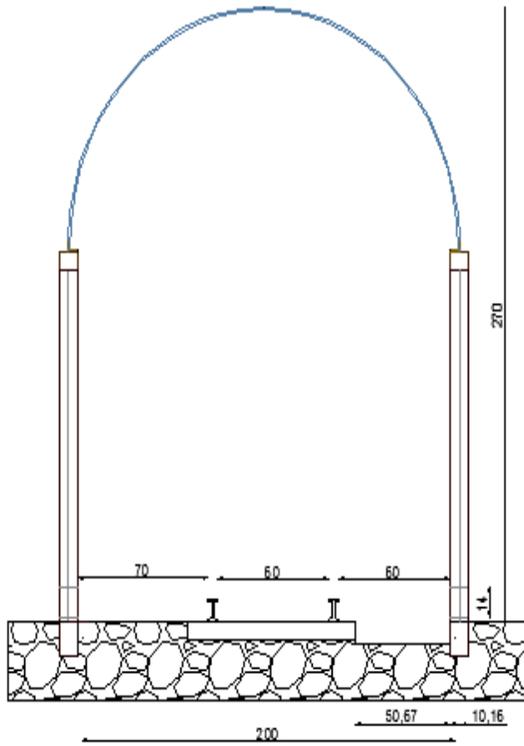
Del metro 16 al 44  
H de 160 cm



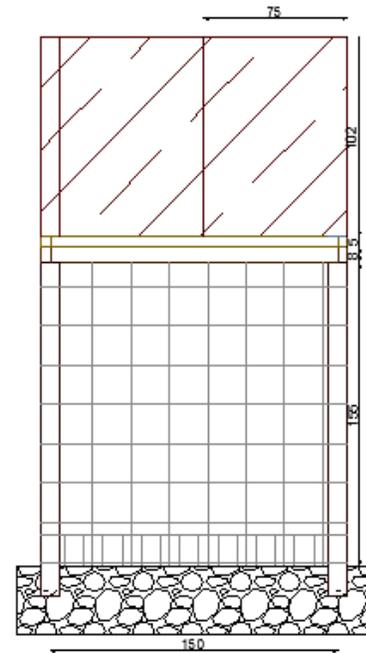
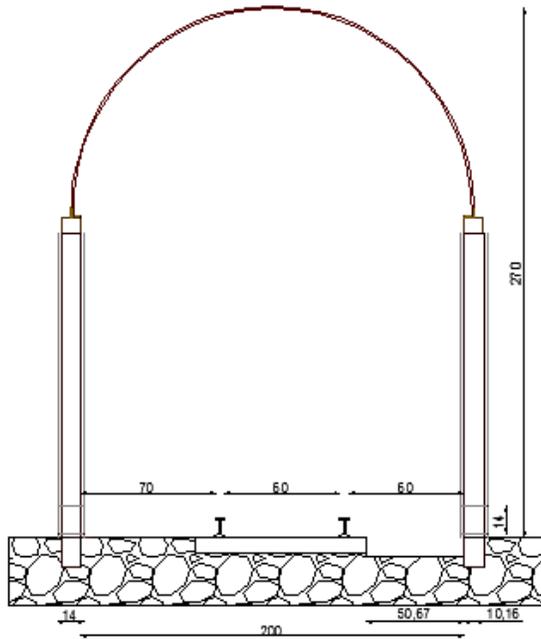
Del metro 44 al 57  
Tubo Celula de 4"



Del metro 57 al 135

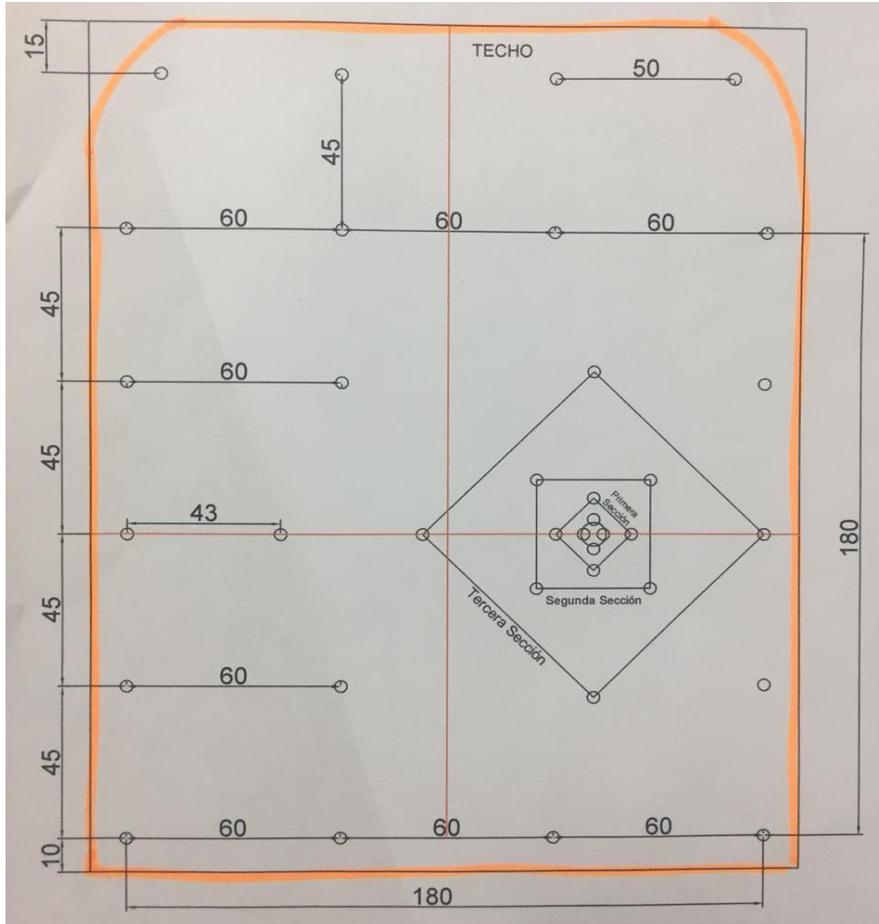


Del metro 135 al 183  
Doble malla de varilla amarrada





**Anexos 2 Malla de perforación para galería principal de San Salvador**



**Anexo 3 Plantilla de perforación/ desfogues, 1er, 2do y 3er cuadrante.**



**Anexo 4 Primer informe de gestión para San Salvador.**



**SOMILOR S.A.**

**PROYECTO SAN SALVADOR**



“Primero la seguridad, segundo la seguridad y tercero la producción”

## **GESTIÓN MENSUAL**

SUPERVISORES ENCARGADOS DE LA GESTIÓN OPERATIVA:

**Ramiro Vargas – Efraín Vivanco**

INFORME ELABORADO POR:

**Rony León**

REVISADO POR:

**Richard Reza**

**JULIO - AGOSTO**

**AÑO 2018**

## **RESUMEN**

El departamento mina es el responsable de gestionar todas las operaciones mineras que intervienen en la construcción y avance de la galería principal en San Salvador, permitiendo llegar a explotar las estructuras proyectadas de manera oportuna y eficiente, según se presente el terreno.

En el periodo del presente informe las labores de perforación, voladura, carguío/transporte, fortificación y mantenimiento tienen como prioridad generar el mejor avance en la galería principal. El promedio de avance de la galería se registró en 1.77 m/día con un avance total de 55m durante este periodo. La mayor cantidad de trabajos se han enfocado en las labores de fortificación resguardando la seguridad del personal. Teniendo al finalizar este periodo 197.41m de túnel fortificado.

La supervisión de los trabajos de avance fue gestionada en su mayoría por el Sr. Ramiro Vargas y en su ausencia la responsabilidad del avance se la encomendó al Sr. Efraín Vivanco. Además, la recolección de información del proceso de avance de la galería fue tomada por el Sr. Rony León, que tiene el cargo de tesista.

Tanto la exploración, preparación y explotación son parte de la gestión del departamento mina, y para alcanzar los objetivos en cada una de estas fases se realizan actividades correspondientes a la gestión administrativa, gestión del talento humano y gestión operativa.

### **GESTION ADMINISTRATIVA**

- Control de la asistencia diaria del personal.
- Control de ingreso del personal a mina en la jornada del día y de la noche.
- Elaboración del registro de guardias, avance de perforación y consumo de explosivos mensual.
- Registro diario de material extraído y consumo de explosivos
- Control diario de alimentación del personal.
- Charla de inducción al personal nuevo.

## GESTION DEL TALENTO HUMANO

El periodo (22 de Julio del 2018 – 21 de agosto del 2018) inició con 15 trabajadores activos.

- Se integra 1 persona adicional para limpieza de cunetas y trabajos generales.

Con lo anterior descrito, se cuenta con 16 personas, en números, constando en el registro de este periodo.

ACTIVIDAD	Nº DE TRABAJADORES
Perforistas	3
Ayudantes	6
Mecánicos	3
Supervisores	2
Obreros de mina	1
Tesista	1
<b>TOTAL</b>	<b>16</b>

*TABLA 1. Distribución de la cantidad de personal en SS en el periodo 22 de julio 2018 – 21 de Agosto 2018*

De las 16 personas que se evidencian en el registro de SS, para el desarrollo de las actividades este número no se ve disminuido por ninguna causa de inasistencia como, paternidad, vacaciones, descansos médicos ni faltas.

Ningún otro motivo ha dado lugar a la reducción de personal para el desarrollo de las actividades

La cantidad de personal 100% activo para el desarrollo de las labores en el departamento mina fue de **16** personas a las cuales se las distribuye en 3 grupos (día, noche y descanso), teniendo **11** personas como promedio diario de ingreso de personal a mina. La cantidad de personal con la que se contó el presente mes para trabajar en los dos turnos se presenta en la siguiente tabla:

PERIODO 22 DE JULIO AL 21 DE AGOSTO																		
TURNOS	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8
mañana	6	6	6	6	6	6	6	6	6	11	7	7	7	7	7	7	7	6
noche	4	4	4	4	4	4	4	4	4	8	4	4	4	4	4	4	4	4
<b>TOTAL</b>	<b>10</b>	<b>19</b>	<b>11</b>	<b>10</b>														
TURNOS	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	PROMEDIO				
mañana	6	6	10	6	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7				
noche	4	4	8	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4				
<b>TOTAL</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>18</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>11</b>												

*TABLA 2. Registro de ingreso diario de personal a mina. Periodo 22 de julio 2018 al 21 de agosto del 2018 (incluido supervisor, tesista)*

En el turno del día se tiene un ingreso mayor debido a que en este turno ingresa el supervisor encargado, la persona que realiza el estudio de tesis y una persona que desempeña varias actividades de apoyo, se observa además que existen algunos días en los cuales la cantidad de personal que ingresa se aumenta considerablemente, estos días corresponden a los que se cuenta con los tres grupos de trabajo.

## GESTIÓN OPERATIVA

En el periodo de este informe se continúa con el avance de la galería principal mediante los siguientes procesos:

### PROCESO DE PERFORACIÓN Y VOLADURA

Estas actividades las realizan tres personas calificadas las cuales han pasado por un proceso de entrenamiento y puestos a prueba. El grupo consta de un perforista y dos ayudantes, estos últimos realizan varias actividades como llevar y recoger instalaciones de agua y aire para perforar, así mismo realizan la actividad de transportar la carga explosiva al frente de trabajo, armar los cebos, cargar las perforaciones y detonar la voladura.

Para este periodo en los primeros días (del 22 al 28) se continúa realizando vibración para el avance en galería debido a la fácil disgregación del depósito coluvial, posteriormente al encontrar mayor firmeza y grandes bloques de roca se optó por perforar y utilizar explosivo, lo cual facilitó seguir avanzando con la galería. La cantidad de metros avanzados por día se presenta en la siguiente tabla.

PERIODO 22 DE JULIO AL 21 DE AGOSTO																		
DÍAS	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8
metros de avance	2.75	2.75	2.25	2.25	3	3.06	3.06	1.54	3.07	1.3	1.77	1.5	1.6	1.51	2.22	0.94	1.3	1.3
DÍAS	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	PROMEDIO				
metros de avance	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	2.05	1.58	1.8	1.93	1.74	1.25	2.2	2				

TABLA 3. Registro de avance diario. Periodo 22 de julio al 21 de agosto de 2018

En los primeros días se tiene un mayor avance debido a que se realizaba vibración por las condiciones de menor compactación que presentaba el coluvial, se observa además que existen algunos días en los cuales el avance es similar, estos días corresponden a los que no se tomó directamente la medida, sin embargo, se realizó la relación de los metros avanzados por el número de días transcurridos.

### PROCESO DE CARGUIO Y TRANSPORTE

El material que se continúa extrayendo presenta las mismas características, en su mayoría una matriz de arcilla y rocas de unos 5cm donde también se encuentran grandes bloques de

rocas, presentado este material un factor de esponjamiento de 0.65 y un porcentaje de esponjamiento de 53%.

Para realizar el carguío se está utilizando una cargadora neumática, la cual es operada por una persona calificada para este tipo de trabajo y para el transporte del material a superficie se cuenta con un vagón de 1m<sup>3</sup> y una vía de rieles a lo largo de toda la línea de la galería hasta los buzones. La cantidad de metros cúbicos de material extraído por día se presenta en la siguiente tabla.

PERIODO 22 DE JULIO AL 21 DE AGOSTO																		
DÍAS	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8
metros Cúbicos	19.3	19.3	15.8	15.8	21	21.4	21.4	10.8	21.5	9.1	12.4	10.5	11.2	10.6	15.5	6.6	9.3	9.3
DÍAS	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	PROMEDIO				
metros Cúbicos	9.3	9.3	9.3	9.3	9.3	9.3	14.4	11.1	12.6	13.5	12.2	8.8	15.4	13				

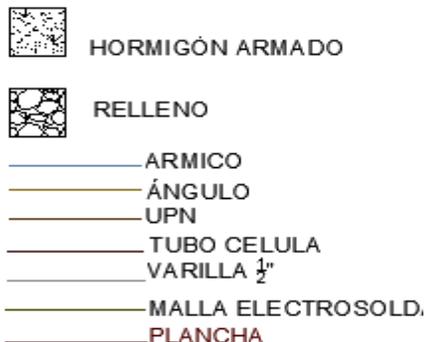
TABLA 4. Registro de material extraído en el Día. Periodo 22 de julio al 21 de agosto del 2018

En los primeros días se tiene un mayor volumen de material extraído debido al mayor avance que se generaba por las condiciones de menor compactación que presentaba el coluival, se observa además que existen algunos días en los cuales la cantidad de m3 es similar, estos días corresponden a los que no se tomó directamente la medida, sin embargo se realizó la relación de los metros avanzados en esos días por el área de la galería, tomando en cuenta además el factor de esponjamiento del material.

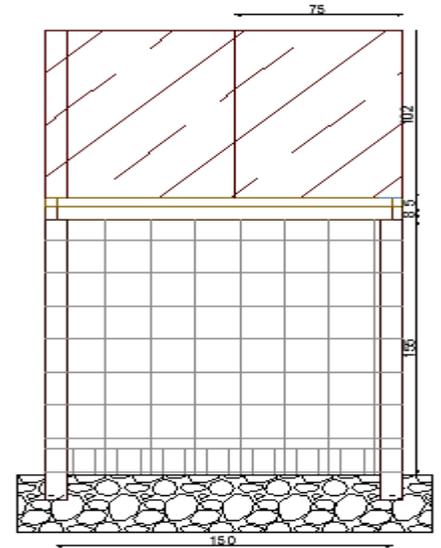
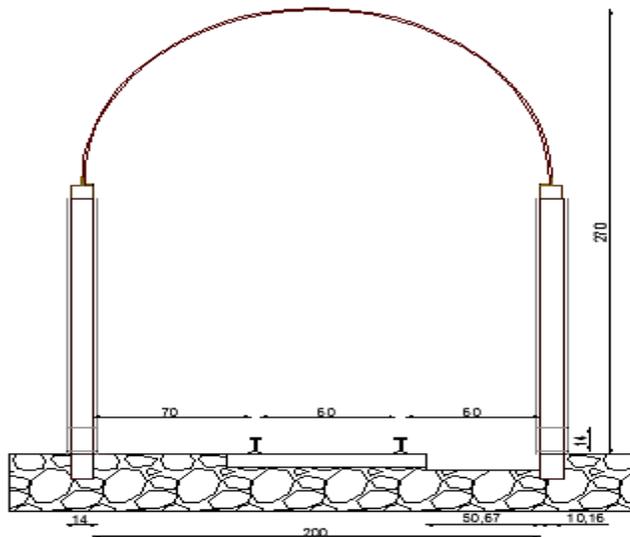
## PROCESO DE FORTIFICACIÓN

Este proceso corresponde a la construcción e instalación de estructuras capaces de estabilizar y mantener la forma de la galería evitando su colapso.

Para este periodo se continúa colocando una estructura metálica con muros de hormigos a lo largo de toda la galería. La fortificación empleada durante el periodo se presenta a continuación.



Del metro 135 al 183  
Doble malla de varilla amarrada



Del metro 183 en adelante.

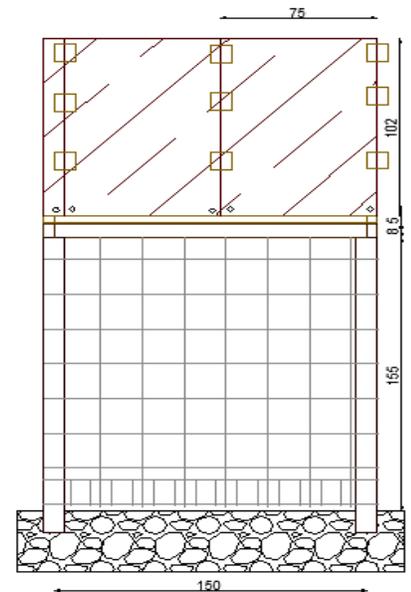
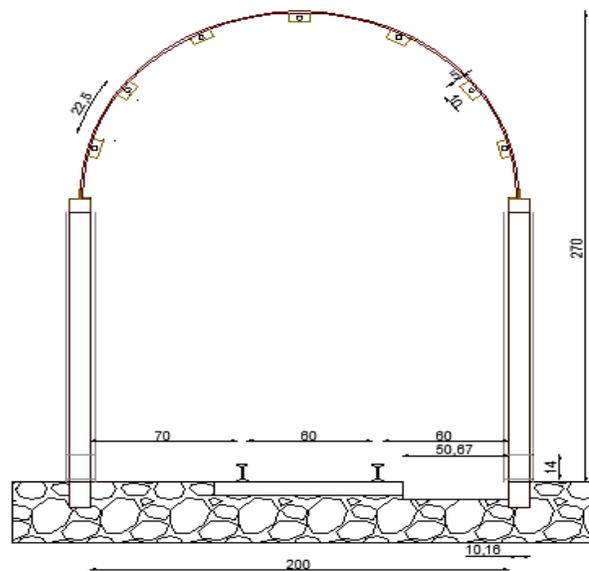


GRÁFICO 2. Materiales utilizados en la Fortificación. Periodo 22 de julio al 21 de agosto del 2018

A partir del metro 183 se observa que existen cambios en el uso de los materiales, estos cambios corresponden a reducir el uso de ángulos para disminuir la cantidad de gases generados por la soldadura, con esto también se tuvo una mejora en la alineación de las planchas al empearlas una con otra.

### PROCESO DE MANTENIMIENTO

A través del presente proceso se pretende mantener y mejorar las instalaciones mineras de acuerdo a criterios de carácter proactivo o preventivo y reactivo o correctivo que garanticen

su buen funcionamiento y fiabilidad. A continuación, se describen los mantenimientos en este periodo.

- Mantenimientos correctivos a máquinas de perforar, reemplazo de aletas, resortes y manguera hidráulica.
- Mantenimientos correctivos a cargadora neumática, reemplazo de accesorios (resortes, pernos, mangueras, etc.).
- Mantenimiento correctivo, reemplazo de compresor de aire.
- Mantenimiento preventivo a generador eléctrico, revisión de su funcionamiento y cambio de aceite y filtros.
- Mantenimiento preventivo al compresor de aire, revisión de su funcionamiento y cambio de aceite y filtros.
- Mantenimiento preventivo a retroexcavadora, cambio de aceite y filtros.

Se puede observar que la mayor acción fue reemplazar un compresor, debido a que se produjeron daños severos por su continua actividad, los cuales lo dejaron completamente inhabitable, esto produjo retrasos en el avance de la galería, sin embargo, la acción de reemplazarlo se la realizó en el menor tiempo posible evitando mayores retrasos.

## ESTADÍSTICAS E INDICADORES

- La información generada el periodo de este informe se presenta en la siguiente tabla.

<b>2. ESTADÍSTICAS</b>			
<b>PERFORACIÓN</b>			
metros de avance de galería		m	55
longitud real de perforación		m	1.10
total metros perforados		m	1,997
horas de perforación		Horas	106
<b>VOLADURA</b>			
cantidad de voladuras por mes		u/mes	62
explosivos utilizados - dinamita al 60%		Kg	115.4
<b>CARGUÍO Y TRANSPORTE</b>			
roca estéril quebrada mecánicamente		m <sup>3</sup>	147
roca estéril quebrada por p y v		m <sup>3</sup>	238
total roca estéril extraída		m <sup>3</sup>	385
<b>ESTRUCTURAS Y FORTIFICACIÓN</b>			
metros fortificados		m	55
<b>PERSONAL</b>			
Días laborados en el período		días	31
Dotación Autorizada de Personal		u	16
Total de Personal que ingresa a Mina		u	342

- Los indicadores que ayudan a la gestión operativa se indican en la siguiente tabla.

<b>3. INDICADORES</b>		
<b>PERFORACIÓN</b>		
PERFORACIÓN ESPECÍFICA	m/m3	5.49
Costo de útiles de perforación por m3 extraído	US\$/m3	\$ 1.97
Costo de perforación por metro de avance	US\$/m	\$ 13.81
<b>VOLADURA</b>		
Costo de explosivos por m de avance	US\$/m	\$ 36.58
Costo de explosivos por m3 Quebrado POR PyV	US\$/m3	\$ 8.45
Densidad de Carga	Kg/m3	0.49
Unidades de EMULSEN 5000X por m de avance	u/m	58
Rendimiento de Voladura	%	70.0%
<b>CARGUÍO Y TRANSPORTE</b>		
Costo por m de avance	US\$/m	\$ 44.98
Costo por m3 Movido	US\$/m3	\$ 0.23
Costo por m3 transportado	US\$/m3	\$ 6.20
Tiempo de ciclo por m3 extraído	min/m3	12
m3 de material extraído por día	m3/día	13.0
<b>ENERGÍA</b>		
Costo de energía por m de avance	US\$/m	\$ 149.29
Consumo de Diesel por día	Gal/día	69
<b>GENERAL</b>		
Avance por corte (por voladura)	m/día	0.89
Metros de avance por día	m/día	1.77
Costo Total por m de avance	US\$/m	\$ 995.26
Costo Total por m3 extarido	US\$/m3	\$ 142.18
<b>PERSONAL</b>		
Promedio de personal que ingresa a diario	u	11
Rendimiento por m3 extraído	m3/hombre*día	1.13
Rendimiento por T extraída	T/hombre*día	2.06

## NSPECCONES Y SEGUIMIENTO EXTERNO

La inspección y seguimiento del trabajo es un punto importante que tiene que ver con:

- El cumplimiento de las disposiciones legales relativas a las condiciones de trabajo y a la protección de los trabajadores en el ejercicio de su profesión.
- El cumplimiento a normas/reglamentos de seguridad y protección ambiental.
- El suministro de información técnica y asesoramiento a los empleadores y a los trabajadores sobre la manera más efectiva de cumplir las disposiciones legales.

En el periodo de este informe se han tenido visitas por parte de la empresa auditora "CIMA" y una visita por parte del ministerio del ambiente. Estos presentaron a la empresa sus observaciones, a través de un informe, para su resolución y respuesta.

Además, se han tenido visitas de varias autoridades (Encargados, ingenieros, accionistas, Gerente General) los cuales llevan el seguimiento a las labores, a los procesos y a los objetivos planteados para el proyecto.

Las actividades que han realizado las autoridades de la empresa en sus visitas se presentan a continuación:

Los responsables del área Mina Richard Reza y Manuel Ramón en sus visitas se han encargado del seguimiento de las labores y de todos los procesos operativos de minado que se llevan a cabo, además, han coordinado la logística de insumos y la programación de los grupos de trabajo según las necesidades de la operación en el avance de la galería.

Del departamento Ambiente, el Ing. Ronald Sisalima con su grupo de trabajo en sus visitas han realizado la limpieza del campamento, la adecuación del vivero, la organización del área de almacenamiento de aceites y la recolección de materiales para reciclar.

El Ing. Edgar Morillo de USSA en sus visitas se ha encargado de colocar la respectiva señalética tanto interior mina como en todas las instalaciones del campamento, además ha hecho entrega de documentos para San Salvador que contienen: Nomina de Trabajadores, Certificado de cumplimiento de obligaciones patronales actualizado, recibido conforme del reglamento interno de trabajo 2018 y reglamento de higiene y seguridad en el trabajo 2018, avisos de entrada de afiliación del IESS.

## **GESTIÓN DE PREVENCIÓN DE RIESGOS.**

- Semanalmente se imparten charlas de seguridad por parte de los supervisores encargados, se mantiene el registro respectivo.
- La revisión y aseguramiento del área de trabajo es la actividad principal correspondiente a la prevención de riesgos.
- Continuamente se reinstala el equipo de extracción de gases (ventilador/extractor) conforme se avanza con la galería, evitando que los gases se acumulen y además se previene complicaciones en la salud del personal.
- Se realizó la extensión de la manga de ventilación hasta la superficie.
- Se realizan cambios en la fortificación para reducir el uso de suelda en interior mina, disminuyendo el humo que se produce.
- Se colocó pallets (tarima de madera) en el piso de los polvorines,
- La señalización de seguridad se continúa colocando en todo el campamento y en interior mina con forme avanza la galería.

## **INGRESO DE MATERIALES**

El ingreso de materiales continúa siendo esporádico, pero convenientemente oportuno gracias a la planificación previa realizada, en la cual se toman en cuenta los consumos diarios de los principales materiales requeridos para las operaciones mineras.

Los materiales son traídos desde la bodega de la empresa o directamente desde casas comercializadoras, por lo tanto, al llegar a San Salvador se registra la fecha, el nombre de la persona que los entrega y la cantidad de los materiales que han llegado.

Además, se recibe un comprobante (guía de remisión, factura o recibo) para verificar que todos los materiales que constan en el comprobante han sido entregados.

Se adjunta documento de Excel que contiene la lista de todos los materiales que fueron entregados en distintos días y por diferentes personas.

[INGRESO DE MATERIALES.xlsx](#)

## Conclusiones

- El trabajo diario se ha realizado con un supervisor general, un tesista, dos perforistas, 4 ayudantes de perforación y dos mecánicos, teniendo un promedio de 11 personas que ingresaron diariamente a mina.
- En el periodo correspondiente a este informe, se han extraído 385.01m<sup>3</sup> de material estéril y se avanzaron 55 m de galería, con lo que se logró un avance promedio de 1.77 m/día, y la extracción diaria de 12.43 m<sup>3</sup> de material.
- En este periodo la galería continuó sobre material coluvial, sin embargo, se pasó del proceso de vibración a la perforación y voladura, por endurecimiento de este material.
- El total de gastos operativos en este periodo es de (\$ 54.739,25) y el indicador principal, correspondiente al Costo Total por metro de avance es US\$/m 995,26.