

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA Y METALÚRGICA



## **TESIS**

**“MEJORAMIENTO DEL SUB LEVEL CAVING EN UNA  
UNIDAD MINERA”**

**PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE**

**INGENIERO DE MINAS**

**ELABORADO POR**

**PERCY ROMARIO SAPALLANAY RASHUAMAN**

**ASESOR**

**MBA.ING. VICTOR MANUEL HERNÁNDEZ DÍAZ**

**LIMA, PERÚ**

**2022**

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, mi agradecimiento especial a mi padre el Ing. Gavino Sapallanay quien es mi mentor en la minería y a mi madre por el apoyo constante para seguir creciendo profesional y personalmente, a los profesionales de Sociedad Minera Corona quienes me inculcaron los principios del diseño del método de explotación desarrollado en dicha unidad.

## RESUMEN

El Sub Level Caving es un Método de minado subterránea masiva el cual está basada en los principios del flujo gravitacional del mineral fragmentado, es un método de explotación de bajo costo operacional (18 – 26 \$/t) , recuperaciones de mineral bajas (65%) y posee una dilución del orden de (15%); por ello la presente investigación tiene como finalidad mejorar el SLC en una unidad minera aumentando la productividad de los puntos de extracción (ventanas); la productividad de las ventanas de producción depende de otras variables como el secuenciamiento de minado de los cuerpos, diseño de mallas de perforación (grado de fragmentación) y las dimensiones de los puntos de extracción. Las variables mencionadas nos darán a conocer con un nivel de certeza las dimensiones de los elipsoides formados por la extracción de mineral, es importante conocer cómo poder manejar estas variables y el impacto que tiene en el proceso de minado por Sub Level Caving para así poder dar recomendaciones para mejorar el Sub Level Caving.

### **ABSTRACT**

Sub Level Caving is a massive underground mining method which is based on the principles of gravitational flow of fragmented ore, it is a low operating cost (18-26 \$ / t) exploitation method, low mineral recoveries (65% ) and has a dilution of the order of (15%); Therefore, the present research aims to improve the SLC in a mining unit to increase the productivity of the extraction points (windows); the productivity of the production windows depends on other variables such as the mining sequencing of the bodies, design of perforation meshes (degree of fragmentation) and the dimensions of the extraction points. The mentioned variables will let us know with a level of certainty the dimensions of the ellipsoids formed by the mineral extraction, it is important to know how to handle these variables and the impact they have on the mining process by Sub Level Caving in order to give recommendations. to improve the Sub Level Speleology.

## **PROLOGO**

Los diseños de minado en el Perú de cuerpos mineralizados necesitan una mayor planificación y tomar más variables para eliminar la variabilidad durante las operaciones y así poder dar mayor rentabilidad el negocio minero, la presente Tesis busca mejorar el Sub Level Caving; en el presente trabajo de investigación se realizará un rediseño de la malla de perforación de los taladros en abanico y el secuenciamiento de minado para poder mejorar el minado por Sub Level Caving. Hacer un diseño de mallas de perforación y variando el secuenciamiento de minado nos permitirá generar una interacción adecuada de los elipsoides de extracción por ende mejorar la productividad de las ventanas de producción.

En Sociedad Minera Corona aproximadamente el 80% de los cuerpos se explotan mediante el sub Level Caving el otro 20% se explota mediante Cut and Fill, los cuerpos explotados por Sub Level Caving son Catas, Antacaca, Mascota, Esperanza y Esperanza norte la presente investigación busca mejorar el minado por Sub Level Caving.

## ÍNDICE

### AGRADECIMIENTO

**RESUMEN.....II**

**ABSTRACT ..... III**

**PROLOGO .....IV**

**CAPITULO I..... 1**

**INTRODUCCIÓN ..... 1**

1.1 Generalidades ..... 1

1.2 Descripción del Problema de Investigación ..... 3

1.2.1 Problema General ..... 3

1.2.2 Problema Específico ..... 3

1.3 Objetivo del estudio ..... 4

1.3.1 Objetivo General ..... 4

1.3.2 Objetivo Específico..... 4

1.4 Hipótesis ..... 4

1.4.1 Hipótesis General..... 4

1.4.2 Hipótesis Específica ..... 4

1.5 Matriz de consistencia ..... 5

1.6 Antecedentes Investigativos ..... 5

<b>2</b>	<b>CAPITULO II .....</b>	<b>12</b>
	<b>MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL .....</b>	<b>12</b>
2.1	Marco Teórico.....	12
2.1.1	Generalidades de la empresa minera .....	12
2.1.2	Geología General.....	13
2.1.3	Geología Regional.....	14
2.1.4	Geología Local.....	16
2.1.5	Estratigrafía.....	17
2.1.6	Origen de los Depósitos Minerales.....	20
2.1.7	Procesos Ígneos.....	20
2.1.8	Procesos Sedimentarios .....	21
2.1.9	Procesos Metamórficos.....	21
2.1.10	Principales Minerales.....	21
2.2	Marco Conceptual.....	22
2.2.1	Flujo gravitacional .....	22
2.2.2	Elipsoide de Extracción y Desprendimiento .....	23
2.2.3	Excentricidad.....	26
2.3	Consideraciones Para el Diseño del Sub Level Caving.....	27
2.3.1	Diseño y Flujo .....	27
2.3.2	Diseño de Ventanas de Producción .....	29

2.3.3	Geometría del Elipsoide de Extracción como Función de la Extracción .....	30
2.4	Operaciones Unitarias del SLC.....	30
2.4.1	Generación del Slot.....	31
2.4.2	Perforación abanicos de Producción.....	32
2.4.3	Carguío de explosivos y detonación.....	32
2.4.4	Limpieza de Mineral .....	33
2.4.5	Carguío y Transporte .....	33
2.5	Productividad .....	34
<b>3</b>	<b>CAPITULO III.....</b>	<b>44</b>
	<b>DESARROLLO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>44</b>
3.1	Metodología y alcance de Investigación .....	44
3.1.1	Método de Investigación .....	44
3.1.2	Tipo de Investigación .....	44
3.1.3	Nivel de Investigación. ....	45
3.2	Población y Muestra .....	45
3.2.1	Población .....	45
3.2.2	Muestra .....	45
3.3	Técnica de Recolección de Datos .....	45
3.3.1	Observación Directa.....	45
3.3.2	Entrevista no Estructurada.....	45

3.4	Instrumentos de Recolección de Datos .....	46
<b>4</b>	<b>CAPITULO IV .....</b>	<b>47</b>
	<b>ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADO .....</b>	<b>47</b>
4.1	Identificación de Zona de Prueba .....	47
4.2	Diseño de malla de perforación .....	48
4.2.1	Modelo matemático de Pearse.....	49
4.2.2	Parámetros del Slot.....	53
4.2.3	Parámetros de la Corona .....	55
4.3	Proceso de Minado (Piloto).....	56
4.3.1	Generación de Slot.....	56
4.3.2	Taladros de Producción .....	59
4.4	Modelo del Flujo Gravitacional generado en las V7yV8 .....	61
4.4.1	Análisis de la Productividad de Ventanas. ....	63
4.5	Prueba de Hipótesis .....	69
<b>5</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>71</b>
<b>6</b>	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>72</b>
<b>7</b>	<b>REFERENCIA BIBLIOGRAFICA .....</b>	<b>73</b>
<b>8</b>	<b>ANEXOS</b>	

**ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1 Características de los Métodos de Explotación .....	2
Tabla 2 Matriz de consistencia .....	5
Tabla 3 Valores de K para cada RQD .....	49
Tabla 4 K vs RQD .....	50
Tabla 5 Burden según el RQD .....	51
Tabla 6 Parámetros de Perforación (Slot) .....	53
Tabla 7 Parámetros de Voladura (Slot).....	54
Tabla 8 Parámetros de perforación (abanico) .....	55
Tabla 9 Parámetros de voladura (abanico).....	55
Tabla 10 Parámetros Geomecánicas.....	61
Tabla 11 Registro de la producción en la V7 .....	63
Tabla 12 Simulación de Tonelaje y Leyes en la V7 .....	63
Tabla 13 Extracción V7.....	66
Tabla 14 Extracción V8.....	67
Tabla 15 Productividad (tn/(Hr-Hombre/gda)) .....	68

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Sub Level Caving .....	2
Figura 2 Elipsoides de extracción .....	7
Figura 3 Vista frontal y transversal del Sub Level Caving .....	8
Figura 4 Simulación a escala del flujo gravitacional Mina Rosaura .....	9
Figura 5 Punto de extracción a escala .....	10
Figura 6 Ubicación de Sociedad Minera Corona .....	13
Figura 7 Geología Regional de SMC .....	15
Figura 8 Geología Local de SMC .....	17
Figura 9 Columna Estratigráfica de SMC .....	18
Figura 10 Sección Transversal de SMC.....	20
Figura 11 Modelo de flujo por gravedad, el comienzo de la extracción de material inicia el movimiento de gravedad del relleno de arena. ....	22
Figura 12 Fase sucesiva de extracción de material, los límites por acción de la gravedad forman una zona similar a un elipsoide .....	23
Figura 13 Elipsoide de Extracción y Desprendimiento .....	24
Figura 14 Influencia del ancho de extracción "a=pequeño ancho de apertura", b="gran ancho de apertura" .....	25
Figura 15 Influencia del ancho de extracción en el patrón del flujo por gravedad... ..	25
Figura 16 Principio de la influencia del tamaño de las partículas en la forma del flujo gravitacional .....	26

Figura 17 Diseño del SLC .....	27
Figura 18 Comparación en los Diseños de SLC .....	28
Figura 19 Variación del flujo gravitacional según el espaciamiento de ventanas ....	29
Figura 20 Geometría del Elipsoide de extracción en función de la producción de ventanas .....	30
Figura 21 Operaciones unitarias del SLC .....	31
Figura 22 Perforación de Slot.....	32
Figura 23 Perforación de Taladros en abanico.....	32
Figura 24 Detonación de Taladros de producción.....	33
Figura 25 Limpieza de Mineral .....	33
Figura 26 Dumper Mine Truck Mt 2100 .....	34
Figura 27 Preparación de ventanas .....	35
Figura 28 Instalación de Marchavantes .....	36
Figura 29 Entablado.....	37
Figura 30 Picado de Patillas.....	38
Figura 31 Entablado y empaquetado de corona .....	39
Figura 32 Tapón .....	40
Figura 33 Dirección de minado .....	41
Figura 34 Extracción por bolsillos .....	42
Figura 35 Reforzamiento de cimbras .....	43

Figura 36 Hoja de control de extracción por bolsillos .....	43
Figura 37 Cuerpo Esperanza Nv 970-P16.....	47
Figura 38 V- 8 Nv970 P16 Esperanza .....	48
Figura 39 Diseño de Slot .....	51
Figura 40 Diseño de Taladros en abanico .....	52
Figura 41 Perforación de Slot derecho .....	56
Figura 42 Diseño de Slot .....	57
Figura 43 Slot generado .....	58
Figura 44 Diseño de Taladros en abanico .....	59
Figura 45 Plasteo de Cimbras .....	60
Figura 46 Resultado de la detonación y el Plasteo de Cimbras .....	60
Figura 47 Elipsoides de extracción V7/8 .....	62
Figura 48 Interacción de elipsoides de Extracción V7/8 .....	62
Figura 49 Ley Ponderada acumulada de Ag.....	64
Figura 50 Ley Ponderada acumulada de Cu.....	64
Figura 51 Ley Ponderada acumulada de Pb .....	65
Figura 52 Ley Ponderada acumulada de Zn .....	65
Figura 53 Gráfico comparativo Tn extraídas vs Tn Programado.....	66
Figura 54 Gráfico comparativo Tn extraídas vs Tn Programado.....	67

# CAPITULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1 Generalidades

El Sub Level Caving (SLC) es un método de explotación masivo subterráneo por hundimiento de Sub Niveles el cual está basado utilizando los principios del flujo gravitacional del mineral fragmentado y del estéril diluyente, este método originalmente no se realizaba voladura debido a que ciertas zonas del cuerpo mineralizado eran rotas por hundimiento inducido y así se provocaba el hundimiento de mineral pero hoy en día fuimos adaptando el SLC a rocas más competentes las cuales para producir el hundimiento se necesita realizar perforación y voladura.

El SLC es un método de alta mecanización debido a la independencia de sus operaciones unitarias y al nivel de producción en tpd la cual tiene un promedio del 4000 tpd a 20000 tpd con un bajo costo de producción, recuperación de 75% y la dilución de 20 %.

Tabla 1 Características de los Métodos de Explotación

	Costo Operación (\$/t)	Capac. Prod. (tpd)	Recuperación	Dilución
Rajo	1,5-2,2	10.000-350.000	95%	5%
Cut and Fill	45-80	500-4.500	100%	2%
VCR	34-40	6.000-8.000	90%	5%
Open Stopping	20-25	1.500-15.000	80%	10%
Room and pillar	24-28	1.000-15.000	75%	15%
Sub level caving	18-26	2.500-12.000	65%	15%
Block caving	8-15	12.000-50.000	60%	25%

Fuente (Escuela de Post Grado Gerens)

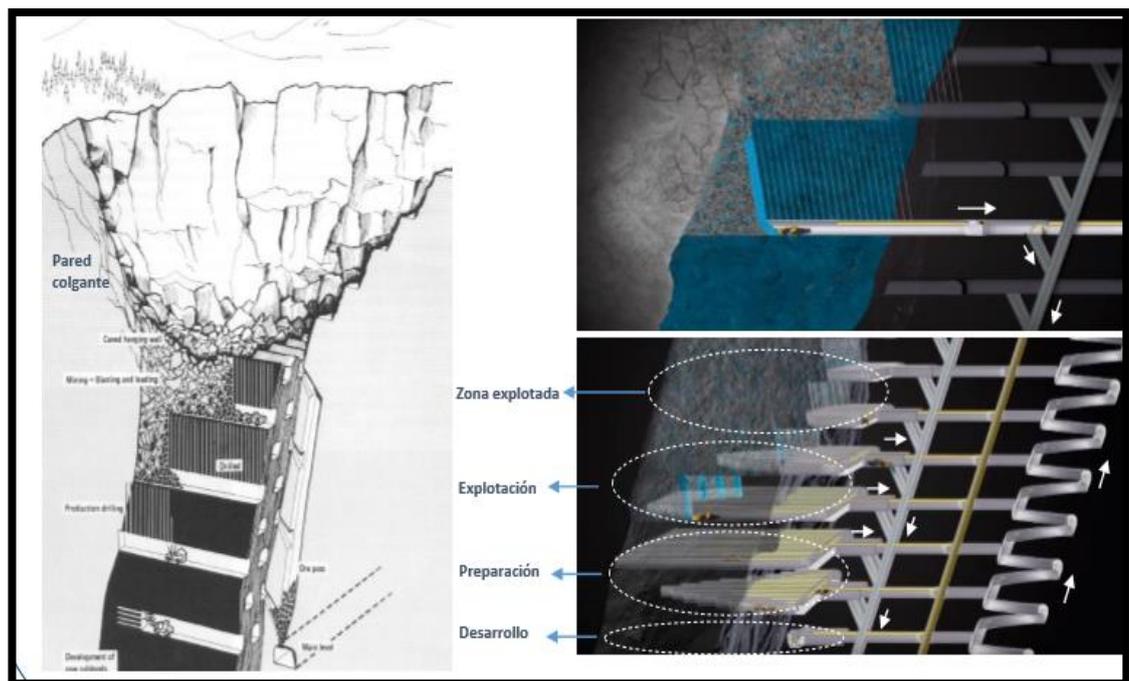


Figura 1 Sub Level Caving

Fuente (Sistemas Mineros de alta Productividad, Gerens)

## **1.2 Descripción del Problema de Investigación**

El conocimiento al detalle y el avance tecnológico - teórico sobre el método empleado en nuestras operaciones mineras es el éxito de estas mismas, en Sociedad Minera Corona el 80% de sus operaciones son realizadas por el SLC, por tal motivo el presente trabajo de investigación se enfoca en el análisis del SLC.

El resultado de la perforación de los taladros largos en abanico para la producción de mineral no viene a ser el óptimo ya que en ocasiones se observó las caídas de bancos de gran tamaño logrando tapar los bolsillos de producción provocando retrasos en las operaciones y la necesidad de realizar voladuras secundarias; otro punto a tomar en cuenta es que luego de realizar los disparos no se logra el flujo gravitacional esperado produciendo compactación y por ende requiere Re-perforación, en ambos casos producen retrasos en el ciclo de minado las cuales se reflejan en la producción de mineral por día van de 782 Tn hasta 1258 Tn.

### **1.2.1 Problema General**

¿cómo se puede mejorar el Sub Level Caving diseñando una malla de perforación en taladros largos (Radiales) en tajeos por Sub Level Caving sin presencia de agua?

### **1.2.2 Problema Específico**

- ¿Cuál es el mejor ángulo y longitud en la perforación de taladros largos en el Sub Level Caving?
- ¿Cuál es el mejor Burden y Espaciamiento, así como los indicadores de voladura para mejorar el Sub Level Caving?

### **1.3 Objetivo del estudio**

#### **1.3.1 Objetivo General**

Realizar un nuevo diseño de malla de perforación para poder mejorar los tajeos por el método de Sub Level Caving sin presencia de agua en Sociedad Minera Corona.

#### **1.3.2 Objetivo Específico**

- Mejorar la longitud y ángulo de perforación de los taladros.
- Diseñar el Burden y Espaciamiento adecuado según el tipo de terreno; la distribución de carga e indicadores de Voladura.

### **1.4 Hipótesis**

#### **1.4.1 Hipótesis General**

Si se puede mejorar el Sub Level Caving luego de aplicar un nuevo diseño de malla de perforación en taladros largos en Sociedad Minera Corona.

#### **1.4.2 Hipótesis Específica**

- El ángulo y la ubicación espacial de los taladros largos tiene incidencia para poder mejorar la productividad de las Ventanas.
- La distribución de carga y diseño de una malla de perforación influye en la interacción de los elipsoides de extracción formados por la extracción de mineral en las ventanas.

## 1.5 Matriz de consistencia

Tabla 2 Matriz de consistencia

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL	VARIABLES INDEPENDIENTE
¿Cuál es la relación que existe entre la malla de Perforación y la productividad de las ventanas y los elipsoides de extracción?	Determinar la relación que existe entre la malla de perforación y la productividad de las ventanas y los elipsoides de extracción	Existe una relación entre la malla de perforación y la productividad de las ventanas y los elipsoides de extracción	Malla de Perforación
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICA	VARIABLE DEPENDIENTE
¿Cual es el mejor ángulo y longitud en la perforación de taladros largos en el Sub Level Caving?	Determinar la mejor longitud y ángulo de perforación de los taladros.	Existe una relación entre la ubicación espacial de los taladros para poder mejorar la productividad de las ventanas.	Productividad de las Ventanas
¿Cuál es el mejor Burden y Espaciamiento, así como los indicadores de voladura para mejorar la productividad de las ventanas y la interacción de los elipsoides de extracción?	Diseñar el Burden y Espaciamiento adecuado según el tipo de terreno; la distribución de carga e indicadores de Voladura	Existe una relación entre distribución de carga y del nuevo diseño de malla y los elipsoides de extracción.	Elipsoides de Extracción

Fuente: Elaboración Propia

## 1.6 Antecedentes Investigativos

El Sub Level Caving es aplicada en minería subterránea por hundimiento de sub niveles donde el material estéril (Desmonte) superpuesto se derrumba y rellena el vacío que va dejando la extracción del cuerpo mineralizado. A medida que se va profundizando y hundiendo subniveles tiene una consecuencia en la superficie, creando una subsidencia. Este método se aplica de preferencia en yacimientos con forma tabular vertical y de grandes dimensiones. En primera instancia se describirá en forma general el método Sub Level Caving, Para llevar a cabo la extracción, el cuerpo mineralizado se divide en subniveles espaciados verticalmente entre 10 a 20 m en este caso en Sociedad Minera Corona los subniveles están espaciados verticalmente a 16 m. En cada subnivel se desarrolla

ventanas que cruzan transversalmente el cuerpo mineralizado, espaciadas entre 5 a 10 m. Luego, la extracción del mineral se realiza a partir de estos subniveles en una secuencia descendente. El diseño del método Sub Level Caving considera los siguientes parámetros y características:

- **Forma:** La forma del cuerpo mineralizado debe ser preferentemente tabular y regular.
- **Buzamiento:** El buzamiento del cuerpo mineralizado debe ser mayor al ángulo de reposo del mineral tronado, para facilitar el flujo Gravitacional.
- **Geomecánica:** La roca mineralizada debe presentar condiciones de competencia suficientes para que las labores emplazadas en ella permanezcan estables con un mínimo de elementos de fortificación. En cambio, la roca circundante debe ser poco competente para facilitar el proceso de hundimiento una vez iniciada la extracción de la roca mineralizada.
- **Selectividad:** El cuerpo mineralizado es extraído en su totalidad mediante perforación y voladura por taladros en abanico, el hecho de tener distintos subniveles conectados a través de una rampa, facilita la posibilidad de realizar las operaciones unitarias por separado, sin generar interferencias operacionales.

**Roger Solano Contreras (2008)**, en la tesis profesional (Aplicación de los Principios del Flujo Gravitacional al Diseño Geométrico del Sub Level Caving) se realizó un trabajo de investigación en PeruBar el cual permite conocer más a fondo los eventos que gobiernan cuando se realiza una explotación mediante el Sub Level Caving, realizando simulaciones a escala 1/25 para secciones de 3.0 x 3.0m y 3.5 x 3.0 m.

El Principal inconveniente es la presencia de Agua, ya que esta influye mucho durante el proceso de minado por ende las ventanas con presencia de agua están en constante monitoreo del caudal además de poseer taladros de drenaje. Muchas

veces la presencia de un constante flujo (1.5 Lt/seg) de caudal paraliza la extracción de Mineral o en un caso óptimo se trabaja con equipos a telemando.



Figura 2 Elipsoides de extracción

Fuente (Aplicación De Los Principios Del Flujo Gravitacional Al Diseño Geométrico Del Sub Level Caving, Ing. Solano Contreras)

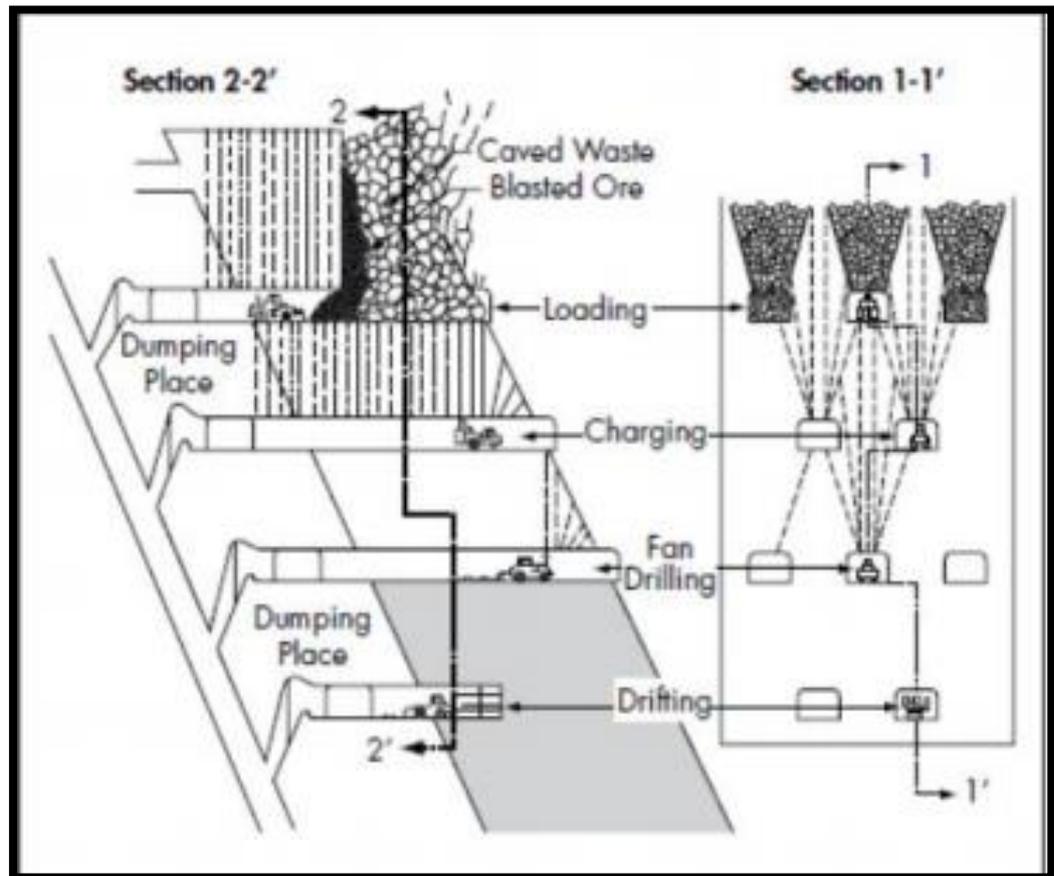


Figura 3 Vista frontal y transversal del Sub Level Caving

Fuente (Sub Level Caving Kvapil, 1992)

**Método de minado Sub Level Caving en Mina Rosaura (2003)**, en este informe realizado por la Mina Rosaura explica el inicio de sus operaciones por Sub Level Caving en el cual el escenario de bajos precios, mineral marginal y la necesidad de altas producciones de mineral llevó al análisis económico de sus taladros exploratorios en el año 2001. Teniendo un yacimiento Hidrotermal con una mineralización de Esfalerita, Galena, Tetraedrita y calcopirita la cual se encuentra emplazada dentro de una brecha de falla ubicándose cerca de la caja piso.

Por las características del yacimiento con una potencia de 4 - 40 m un Buzamiento promedio de 80° en la cual tanto la caja techo y la caja piso son un

tipo de roca de regular a pobre, en este informe se analiza el flujo gravitacional y los elipsoides de extracción una de las primeras minas a nivel nacional en realizar las pruebas a escala para poder realizar un correcto diseño de las ventanas de producción también el secuenciamiento de minado longitudinal con el objetivo de minimizar los riesgos a los recursos empleados, mantener el mineral preparado y mantener una distribución de leyes promedio.



Figura 4 Simulación a escala del flujo gravitacional Mina Rosaura

Fuente (Mina Rosaura)



Figura 5 Punto de extracción a escala

Fuente (Mina Rosaura)

**Colonio Elvis (2015)**, Tesis “Optimización de la producción mediante la aplicación del método de explotación tajeo por subniveles taladros largos en la U.E.A. Recuperada de la Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.” de la universidad nacional del centro del Perú Menciona lo siguiente: Se optimiza la producción de mineral, bajo las mismas condiciones geoeconómicas, mediante la aplicación del método de explotación tajeo por subniveles taladros largos, en mina Recuperada, ya que el tajeo 775 de la Veta Leticia posee características geométricas y geomecánicas favorables. Se optimiza la producción de mineral al aplicar el método de explotación tajeo por subniveles taladros largos, esto es corroborado con el análisis económico. El Valor Presente Neto del proyecto usando Taladros Largos es 2’050,260.0 US \$ mayor que usando el método de corte y relleno pues el volumen de producción mensual es mayor y menor el período de explotación. Bajo condiciones 21 metalúrgicas y precio del metal Ag, Zn y Pb, la ley mínima de corte es 6.4508 Oz Ag/TCS

**Loja Hurtado, Juan Carlos (2006)**, Tesis (Método de explotación Sub Level Caving mina Iscaycruz) El presente trabajo está basado en la Ingeniería de Detalle y evaluación técnica-económica del Proyecto Explotación subterránea por el método de Sub-Level Caving (SLC) de la Mina Tinyag. Luego de realizar varios análisis-técnicos económicos se ha visto conveniente que el método de explotación más apropiado es el método por Sub Level Caving transversal, esto debido a las características de la geometría del cuerpo, fracturamiento de la roca, potencia y características geomecánicas de la caja piso, cuerpo mineralizado y caja techo. El trabajo muestra todos los análisis para la selección del método de explotación, las características geomecánicas y geológicas de la caja piso, cuerpo mineralizado y caja techo del cuerpo. Luego se hace un análisis de la subsidencia que se presenta en la superficie por la aplicación del método, esto con la finalidad de poder adecuar el diseño de la mina y tener las labores permanentes alejadas de la subsidencia de esta. El estudio se complementa con el detalle de las operaciones unitarias aplicadas: Perforación, voladura, acarreo, sostenimiento y transporte, luego se hace un análisis del tratamiento del mineral, para completar con la evaluación económica El trabajo muestra las diferentes variables que han intervenido en el análisis de las decisiones de inversión, así como el valor presente neto (VAN) y tasa interna de retorno (TIR), calculados a partir de la elaboración de los flujos de caja.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL**

#### **2.1 Marco Teórico**

##### **2.1.1 Generalidades de la empresa minera**

El caso de estudio es Sociedad Minera Corona (Yauricocha) se encuentra ubicada en el distrito de Alis, provincia de Yauyos, departamento de Lima. En el flanco Oeste de la Cordillera Occidental de los Andes y en la cabecera de la cuenca del río Cañete en la sierra central del Perú. A una altitud que varía entre los 4 150 y los 4 700 m.s.n.m. esto debido a que los componentes de esta Unidad de Producción son Chumpe (Planta Concentradora) y (Unidad de acumulación Yauricocha) Sociedad Minera Corona se encuentran en distintos niveles altitudinales



Figura 6 Ubicación de Sociedad Minera Corona

Fuente (Tesis “Aplicación de la metodología de los siete pasos para incrementar la producción de izaje del Pique Mascota en Mina Central en la U.P. Yauricocha”)

### 2.1.2 Geología General

Las rocas encajonantes de la mineralización de cobre (Cu) – Plomo (Pb) – Zinc (Zn) – Plata (Ag) son:

- Las Calizas Jumasha del Cretáceo Medio.
- El France Chert del Cretáceo Superior.
- Las rocas Intrusivas como Granodiorita y cuarzo monzonita.

Para tener un mejor conocimiento de la mineralización además de la alteración de las rocas en Sociedad Minera Corona, se tomó como referencia el estudio de la mina Cachi -Cachi y Zona central interpretándolo con el estudio de paragénesis de D. Tomson, el cual subdivide en tres fases de mineralización:

- Primera fase: la primera fase de mineralización está caracterizada por ilmenita, rutilo, magnetita, pirita, cuarzo, pirita, pirrotita-calcopirita, marcasita, arsenopirita, hematita, calcita, siderita, esfalerita y calcopirita.
- Segunda fase: la segunda fase de mineralización está caracterizada por pirita, cuarzo, esfalerita, galena, enargita, calcopirita, polibasita, tetraedrita-tenantita, proustita, plata, bismutinita, fluorita, bornita, bornita naranja y covelita.
- Tercera fase: la tercera fase de mineralización está caracterizada por covelita, calcosita, digenita, rejalgar y oropimente.

### **2.1.3 Geología Regional**

la geología de la unidad Sociedad Minera Corona -Yauricocha presenta una topografía accidentada, en el flanco occidental de la cordillera oriental, así como el flanco oriental de la cordillera occidental donde forman valles profundos cuyas cotas también varían entre los 2,300 y 5000 msnm.

La columna estratigráfica está constituida por rocas como esquistos, rocas orto y para derivadas, secuencias flischoides fuertemente plegadas y falladas.

Las intrusiones en la región se emplazaron en su mayoría en el plioceno, se presentan contactos definidos con tendencia a seguir el rumbo regional de los planos de estratificación. Su composición mayormente es granodiorita. Todas estas intrusiones han producido aureolas

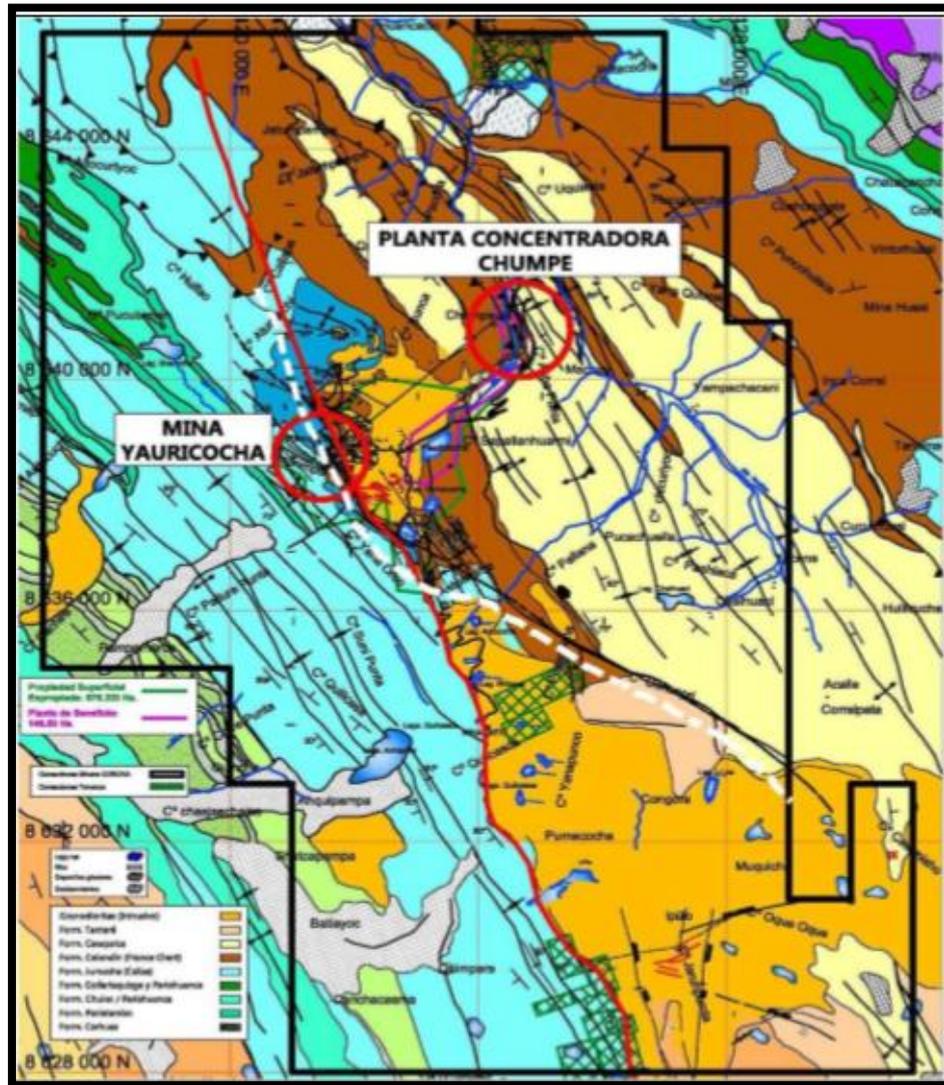


Figura 7 Geología Regional de SMC

Fuente (Departamento de Geología de SMC)

#### **2.1.4 Geología Local**

Yauricocha es un depósito de mineral de carbonato de reemplazo. Este tipo de depósito se encuentra en los márgenes continentales de cinturones orogénicos y en el lado interior de los arcos principales donde las rocas carbonatadas que representan los entornos estables son muy extendidas. Los depósitos están asociados con intrusiones magmáticas que se cree que son el resultado de subducción.

Los depósitos de mineral de carbonato de reemplazo de Yauricocha están espacialmente relacionados con el stock Yauricocha, un cuerpo intrusivo granodiorítico al cuarzo con monzonita que ha sido fechado por radiometría en unos 7,5 millones de años. La acción se entromete piedra caliza bien doblado y camas lutitas de las Jumasha y Celendín Formaciones Cretácico superior, y la suprayacente Formación Casapalca.

La mineralización del depósito Yauricocha se forma principalmente de pirita, cuarzo, enargita, calcopirita, bornita y covelita en el núcleo y partes centrales de los cuerpos. Masas sueltas de pirita friable, galena, esfalerita y cantidades menores de calcopirita en una ganga de piedra caliza, arcilla y cuarzo se producen en la periferia de los cuerpos. Al lado del oeste son órganos ricos de bornita y calcopirita con predominio de enargita. Más hacia el oeste producirse cuerpos ricos de plomo, zinc, plata y oro. La misma zonificación se observa en una escala más pequeña en el interior del cuerpo de mineral.

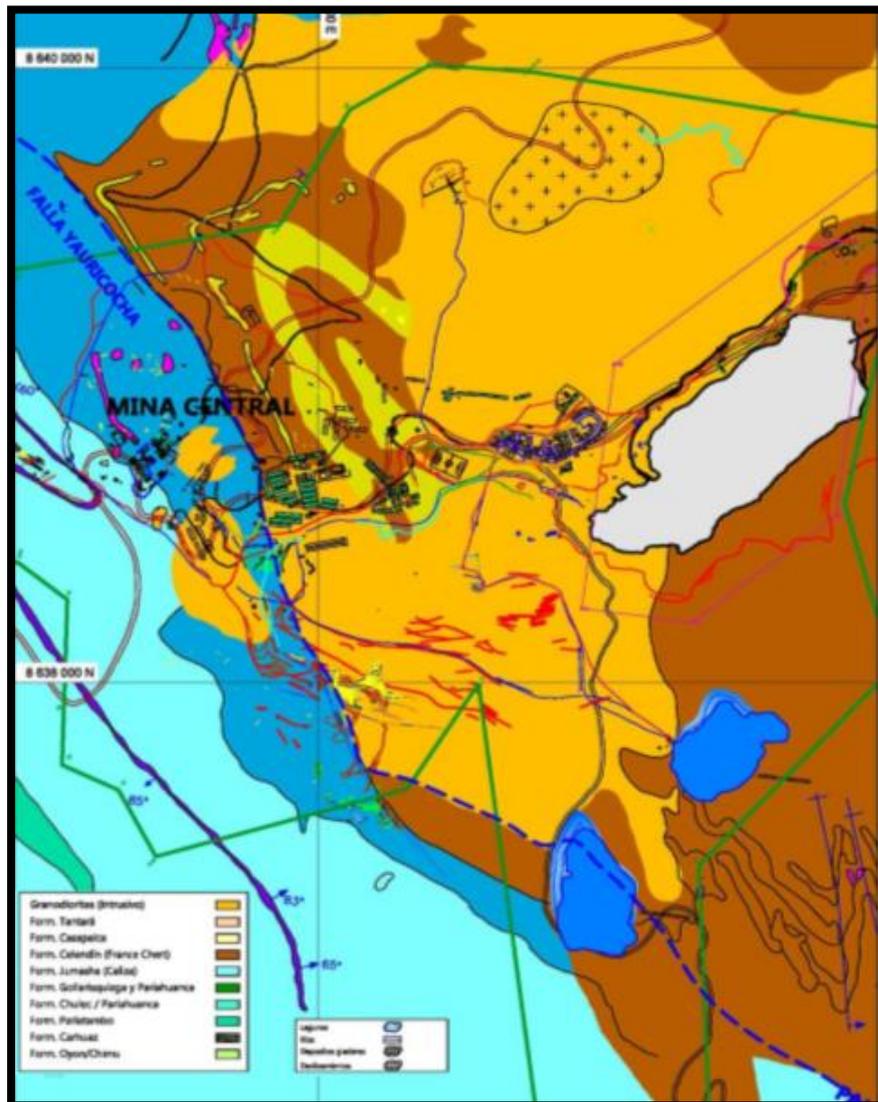


Figura 8 Geología Local de SMC

Fuente (Departamento de Geología de SMC)

### 2.1.5 Estratigrafía

Las unidades estratigráficas denominada por las acciones que entromete piedra caliza bien doblada y como lutitas de Jumasha y Celendín formaciones del Cretácico superior y supra yacente a la formación Casapalca, es de litología monótona con predominancia de areniscas, y se ubica en Tinco Alis, hacia la parte alta del río Alis

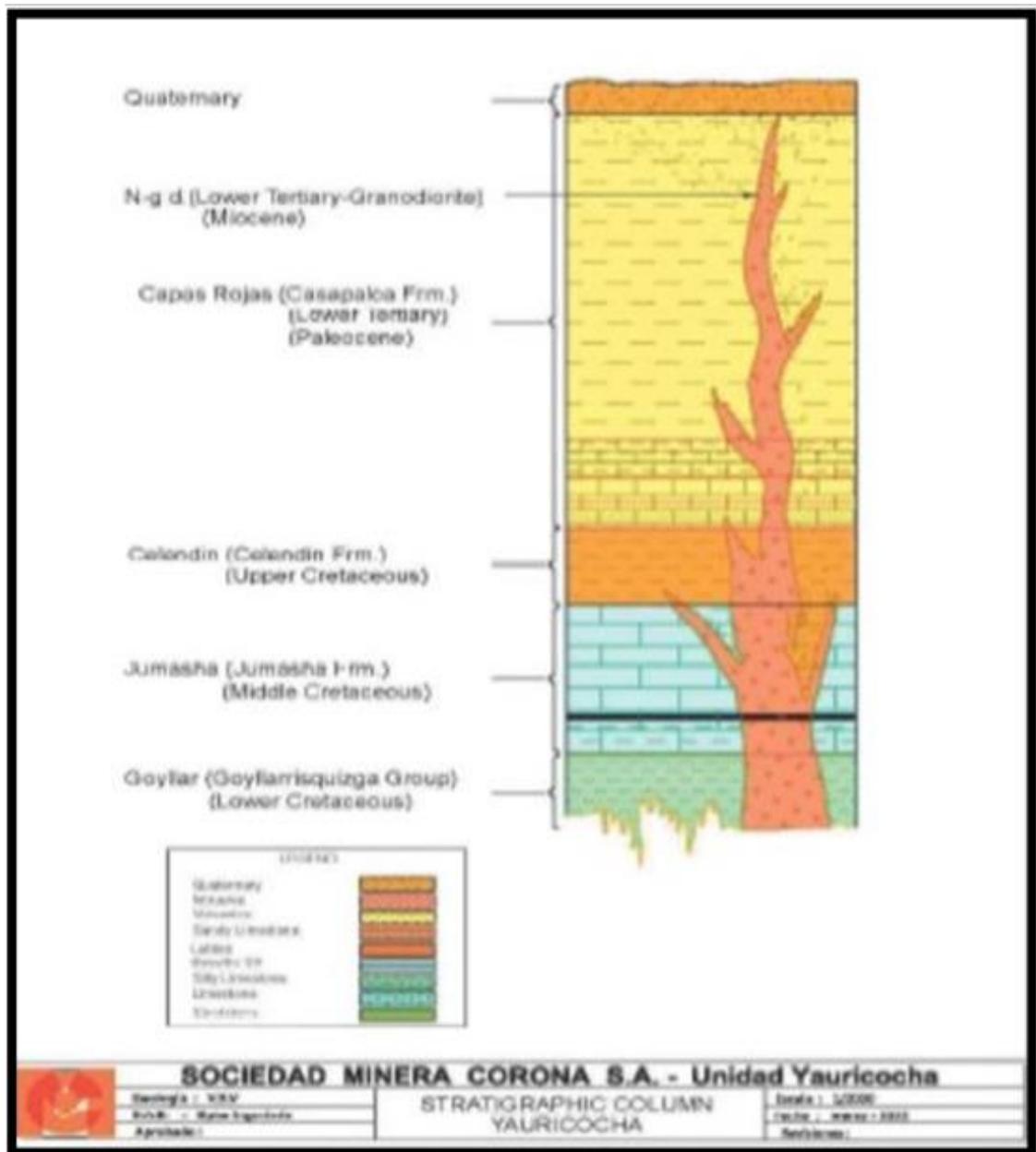


Figura 9 Columna Estratigráfica de SMC  
 Fuente (Departamento de Geología de SMC)

➤ **Capas Rojas Casapalca**

Esta formación sobre yace concordantemente a la formación Celendín siendo su contacto gradacional. Se le ha asignado una edad entre el Cretáceo Superior y el Terciario Inferior, ya que la ausencia de fósiles no permite datarla con exactitud. Está constituida principalmente por lutitas rojas calcáreas, calizas puras y calizas arenosas rojizas, se ha reportado la presencia de flujos de lava y capas turfáceas.

➤ **Formación Celendín**

Sobre yaciendo concordantemente a las calizas Jumasha se encuentra la formación Celendín; constituidas por lutitas silicificadas finalmente estratificada con intercalaciones de caliza recristalizada de edad Santoniana. Su espesor promedio, en el área de Yauricocha, es de 400 metros.

➤ **Formación Jumasha**

Concordante sobre la formación Goyllarisquizga, se encuentra la formación Jumasha de Cretáceo Medio. Esta formación con espesor promedio de 700 m consiste de caliza masiva de color gris claro. En la base, cerca al contacto con la arenisca, incluye intercalaciones de lutitas carbonosas. Estos estratos están sucedidos por lentes discontinuos de calizas marrones y grises, ocasionalmente con horizontes lutáceos y silíceos de unos 6 m de espesor. También están presentes pseudo brechas de probable origen sedimentario y un sill de basalto

➤ **Formación Goyllarisquizga**

Las rocas más antiguas expuestas en el área son las areniscas de la formación Goyllarisquizga del Cretáceo Inferior. Este grupo de aproximadamente 300 m de espesor está constituido por areniscas gruesas blancas a grises, localmente bandeadas con lutitas carbonáceas, así como pequeños mantos de carbón de mala calidad y arcilla. En las cercanías de Chaucha, estas areniscas presentan intercalaciones de lutitas rojas en la base, las areniscas afloran en los núcleos de los anticlinales al SW de Yauricocha y como dispersas a lo largo de la “zona revuelta de Chacras” así como en afloramiento aislados en la zona Éxito.

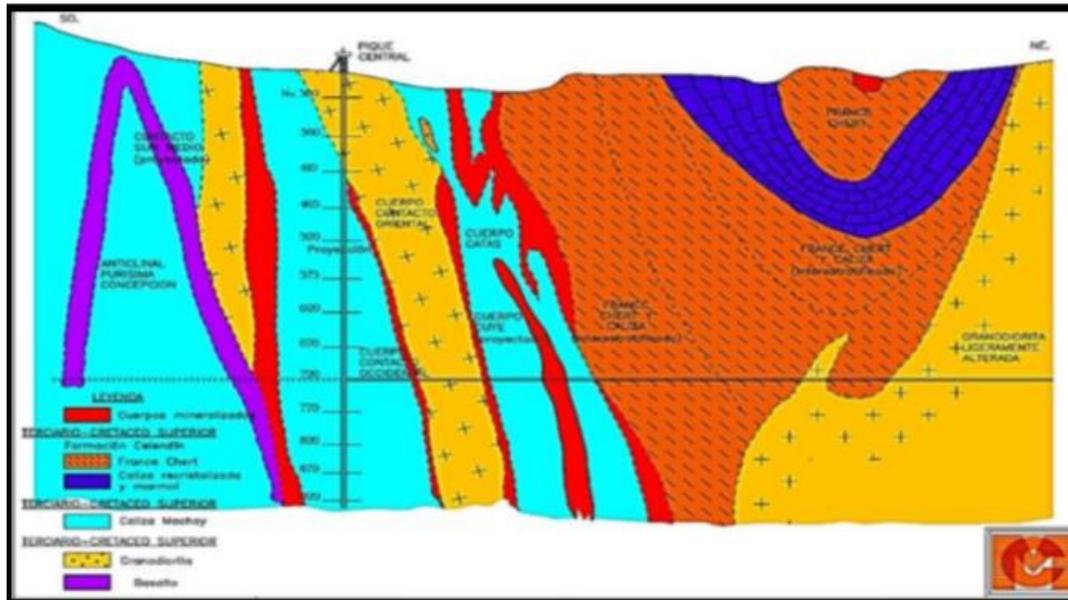


Figura 10 Sección Transversal de SMC

Fuente (Departamento de Geología de SMC)

### 2.1.6 Origen de los Depósitos Minerales

El origen de los Depósitos minerales puede ser tan variado como lo son los procesos geológicos, y prácticamente cualquier proceso geológico puede dar origen a los depósitos minerales, A grandes rasgos los procesos geológicos que dan origen a Depósitos minerales son los siguientes

### 2.1.7 Procesos Ígneos

- **Magmatismo:** Origina las rocas industriales (granitos), y minerales metálicos e industriales los denominado Depósitos orto magmáticos, producto de la acumulación de minerales en la cámara magmática.
- **Vulcanismo:** Produce algunas variedades "graníticas", áridos, puzolanas y minerales metálicos a menudo en conjunción con procesos sedimentarios Depósitos de tipo vulcano-sedimentarios.

### 2.1.8 Procesos Sedimentarios

- **Sedimentación detrítica:** Da origen a rocas como las areniscas, y a minerales que podemos encontrar concentrados en éstas, (ORO) en los Depósitos denominados de tipo placer: oro, casiterita, níquel, gemas.
- **Sedimentación química:** Da origen a rocas como las calizas, y a minerales industriales, como el yeso o las sales.
- **Sedimentación orgánica:** Origina las rocas y minerales energéticos: carbón e hidrocarburos sólidos (bitúmenes, asfaltos), líquidos (petróleo) y gaseosos (gas natural). También origina otras rocas como las fosforitas, fosfatos o las diatomitas, entre otras.

### 2.1.9 Procesos Metamórficos

El metamorfismo da origen a rocas industriales importantes, como los mármoles o las serpentinitas, así como a minerales como el granate, pirofilitas, talco, Factores: Temperatura, presión y agua químicamente activa.

### 2.1.10 Principales Minerales

- **PIRITA:** Generalmente de textura friable a porosa y masiva distinguiéndose hasta 5 tipos que representan 5 estados diferentes de formación
- **MARCASITA:** Se han distinguido hasta tres tipos de marcasita y se encuentran asociadas a calcopirita, galena y esfalerita.
- **ENARGITA:** Es el principal mineral de cobre, se encuentra en fragmentos irregulares y en masas grandes junto con cuarzo y pirita
- **CALCOPIRITA:** Después de la enargita, la calcopirita es el mineral de cobre más abundante. Se encuentra reemplazando a fragmentos de caliza brechada, cementando cuarzo friable y pirita, o rellenando pequeñas cavidades.
- **BORNITA:** Se encuentra invariablemente asociado con la calcopirita y en menor grado con la enargita.
- **TETRAHEDRITA Y TENANTITA:** Cristales pequeños de estos minerales son abundantes en la periferie de los cuerpos de enargita

- **GALENA:** Se encuentra diseminada en pirita y en caliza skarnizada; siempre está asociada con la calcopirita y esfalerita.
- **ESFALERITA:** Es el mineral más abundante, se encuentra asociada con arcilla, pirita y galena mayormente en la periferie de los cuerpos mineralizados.

## 2.2 Marco Conceptual

### 2.2.1 Flujo gravitacional

El flujo gravitacional es la extracción del mineral fragmentado consecuencia del flujo vertical por acción de la gravedad hacia los puntos de extracción; un término usado el cual nos indica un movimiento de mineral ininterrumpido; Kvapil (1956) demostró el flujo gravitacional mediante un recipiente transparente relleno con capas horizontales de arena blanca y arena negra, con una apertura de extracción de dimensiones mínimas que permitan un flujo continuo de material.

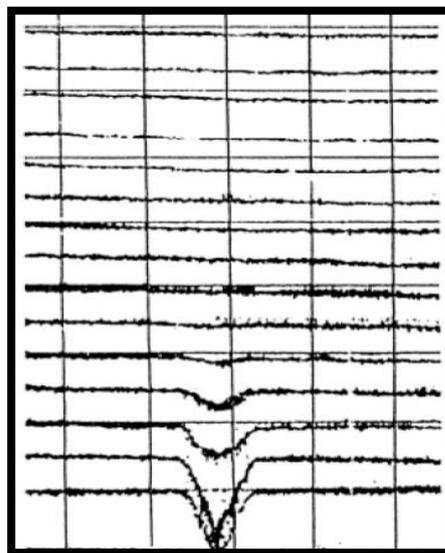


Figura 11 Modelo de flujo por gravedad, el comienzo de la extracción de material inicia el movimiento de gravedad del relleno de arena.

Fuente (Rudolf Kvapil, Underground Mining Methods Handbook)

### 2.2.2 Elipsoide de Extracción y Desprendimiento

A medida que la extracción va avanzando la deflexión de las capas horizontales superiores indican zonas activas, mientras las capas donde no se ve perturbada por la extracción de material se le denominan zonas pasivas; ahora si unimos los límites de las zonas activas se observará un elipsoide.

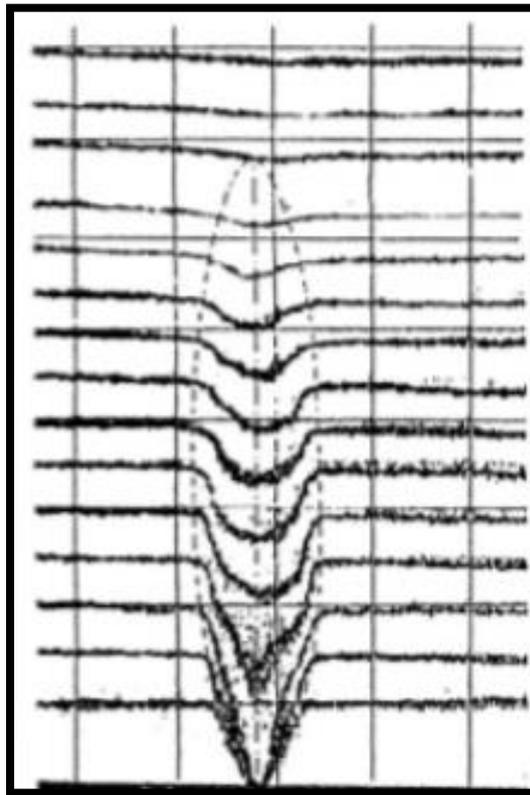


Figura 12 Fase sucesiva de extracción de material, los límites por acción de la gravedad forman una zona similar a un elipsoide

Fuente (Rudolf Kvapil, Underground Mining Methods Handbook)

A medida que se va extrayendo el mineral, esta se va rellenando con el desprendimiento del material remanente, Kavipl interpretó la formación de dos elipsoides uno de extracción y otra de desprendimiento, el elipsoide de extracción se define como la superficie que se genera puntos que alcanzan al mismo tiempo su extracción, puede ser demostrado colocando marcadores donde la posición antes de la extracción es conocida, los marcadores extraídos junto al material definirán el elipsoide de extracción

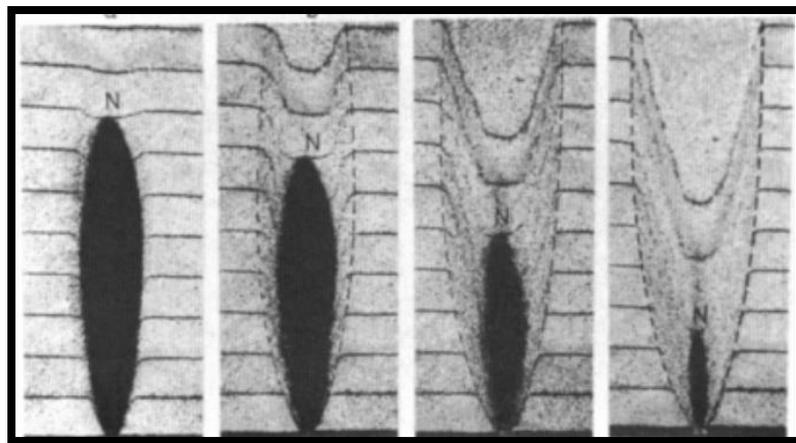


Figura 13 Elipsoide de Extracción y Desprendimiento

Fuente (Rudolf Kvapil, Underground Mining Methods Handbook)

Mientras más sea la longitud de la apertura por donde se extraerá el mineral, más aumenta el ancho del elipsoide de extracción y por ende el volumen de la zona de extracción

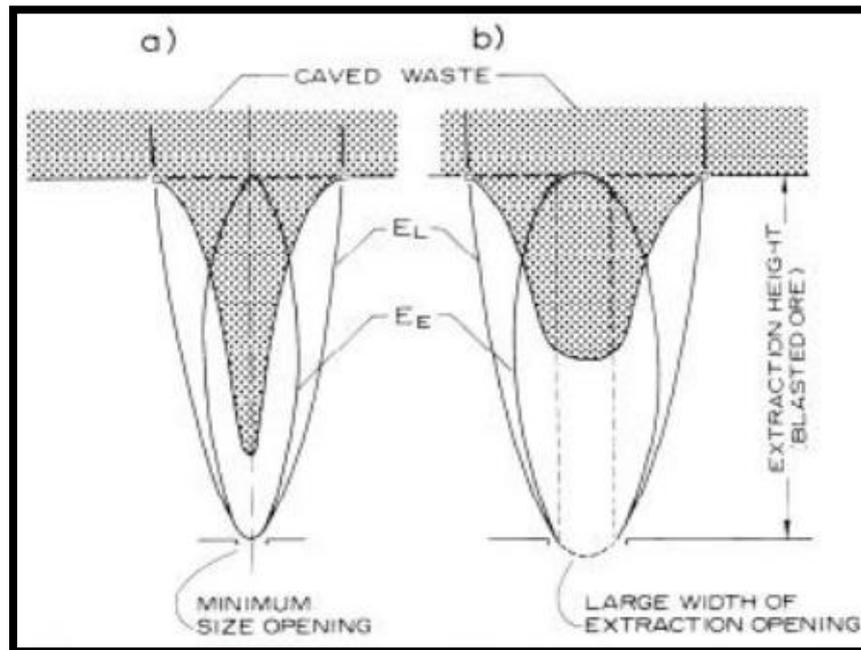


Figura 14 Influencia del ancho de extracción "a=pequeño ancho de apertura",  
b="gran ancho de apertura"

Fuente (Método de minado por hundimiento de sub niveles, Ing Cuya Lincoln)

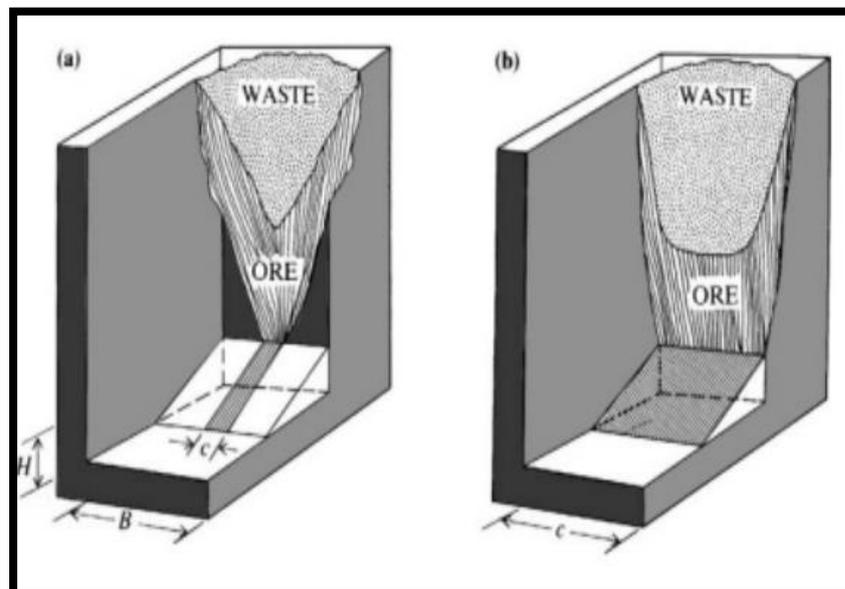


Figura 15 Influencia del ancho de extracción en el patrón del flujo por gravedad

Fuente (Método de minado por hundimiento de sub niveles, Ing Cuya Lincoln)

### 2.2.3 Excentricidad

Para la misma altura de extracción, el elipsoide de extracción puede tener distintas geometrías o volúmenes para distintos materiales, ya que la excentricidad depende de la fragmentación del mineral.

R. Kvapil los materiales finos como (cemento, arena fina, etc) el elipsoide de extracción es delgada, mientras que para materiales gruesos el elipsoide de extracción es gruesa, otras características que influyen en la excentricidad del elipsoide son:

- Angulo de fricción
- Densidad
- Humedad
- Geometría de las partículas

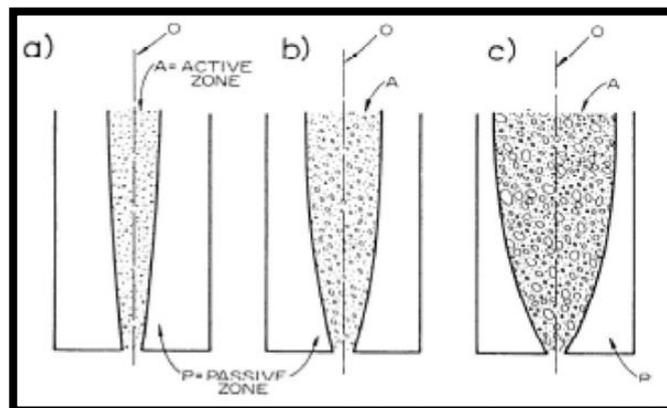


Figura 16 Principio de la influencia del tamaño de las partículas en la forma del flujo gravitacional

Fuente (Método de minado por hundimiento de sub niveles, Ing Cuya Lincoln)

## 2.3 Consideraciones Para el Diseño del Sub Level Caving

### 2.3.1 Diseño y Flujo

- El método de explotación se basa en que el mineral está constantemente interactuando con el estéril hundido
- Los sub niveles de producción se desarrollan transversal al cuerpo mineralizado
- En cada sub nivel en la pared colgante se desarrollan chimeneas de cara libre
- En la pared piso se construyen accesos que conectan a piques los cuales concentran la actividad de transporte en un nivel de transporte generalmente con trenes y camiones.

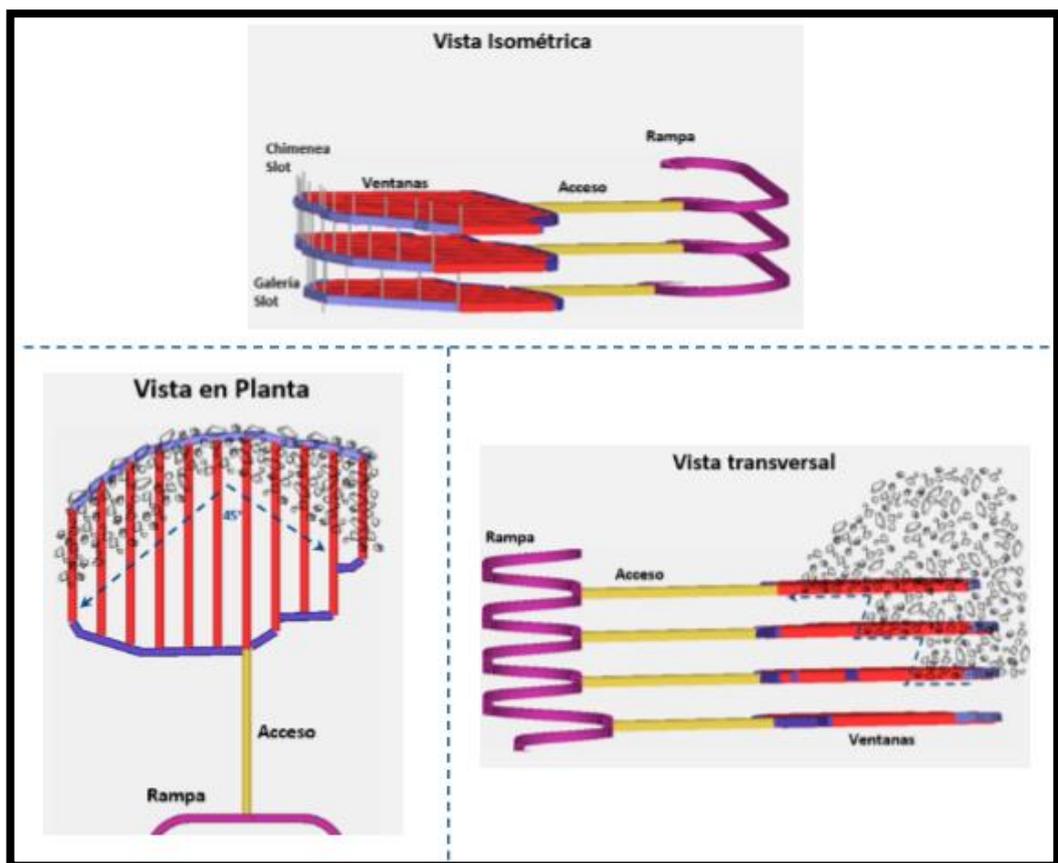


Figura 17 Diseño del SLC

Fuente (Optimización de Operaciones mineras, GERENS)

- Excavaciones pequeñas y ampliamente espaciadas que tienden a generar alta dilución y baja recuperación
- Excavaciones anchas de baja altura que permita realizar un carguío de la pila de mineral uniforme y un espaciamiento adecuado para lograr interacción
- Se prefieren cruzados de producción transversales los cuales reportan mayor flexibilidad al tener una mayor cantidad de puntos de extracción y menores distancias de acarreo

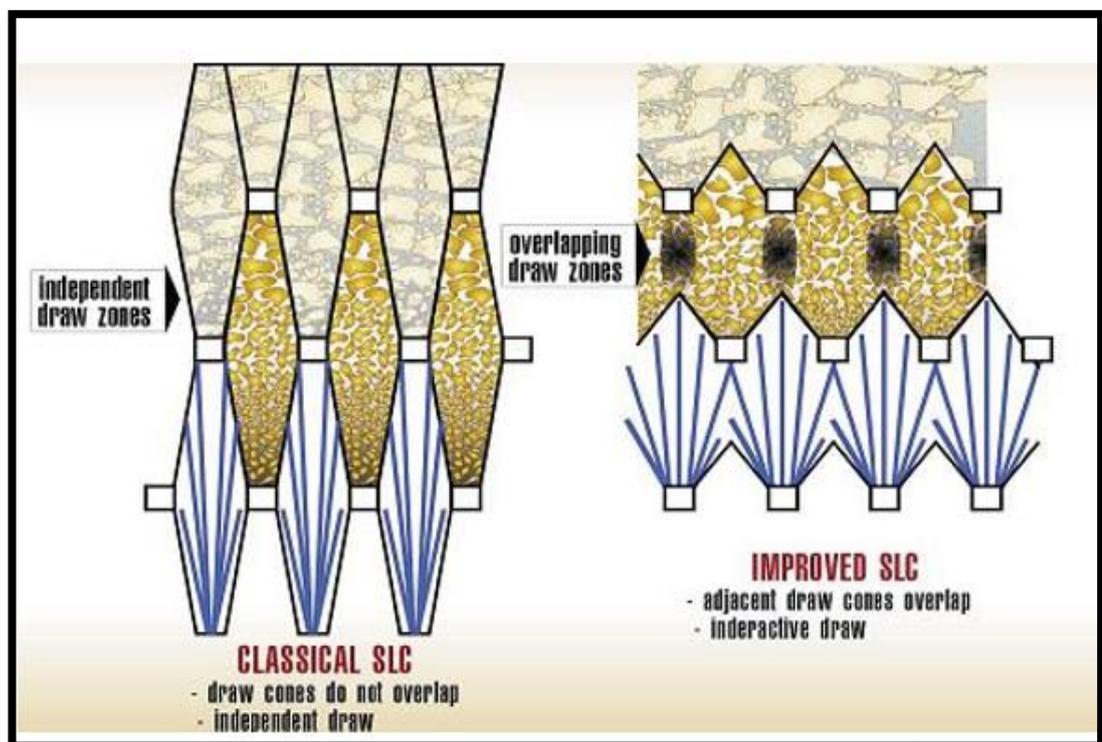


Figura 18 Comparación en los Diseños de SLC

Fuente (Optimización de Operaciones mineras, GERENS)

### 2.3.2 Diseño de Ventanas de Producción

- Las ventanas de producción se deben espaciar de acuerdo al grado de interacción deseado, utilizar reglas de flujo.
- El espaciamiento entre niveles lo condiciona las capacidades de perforación, hasta 30m
- El diámetro de perforación debe ser el máximo posible para evitar desviaciones y asegurar un Burden adecuado (115mm).
- La razón entre espaciamiento máximo y Burden es 1.3 para lograr la fragmentación y la compactación adecuada de la roca

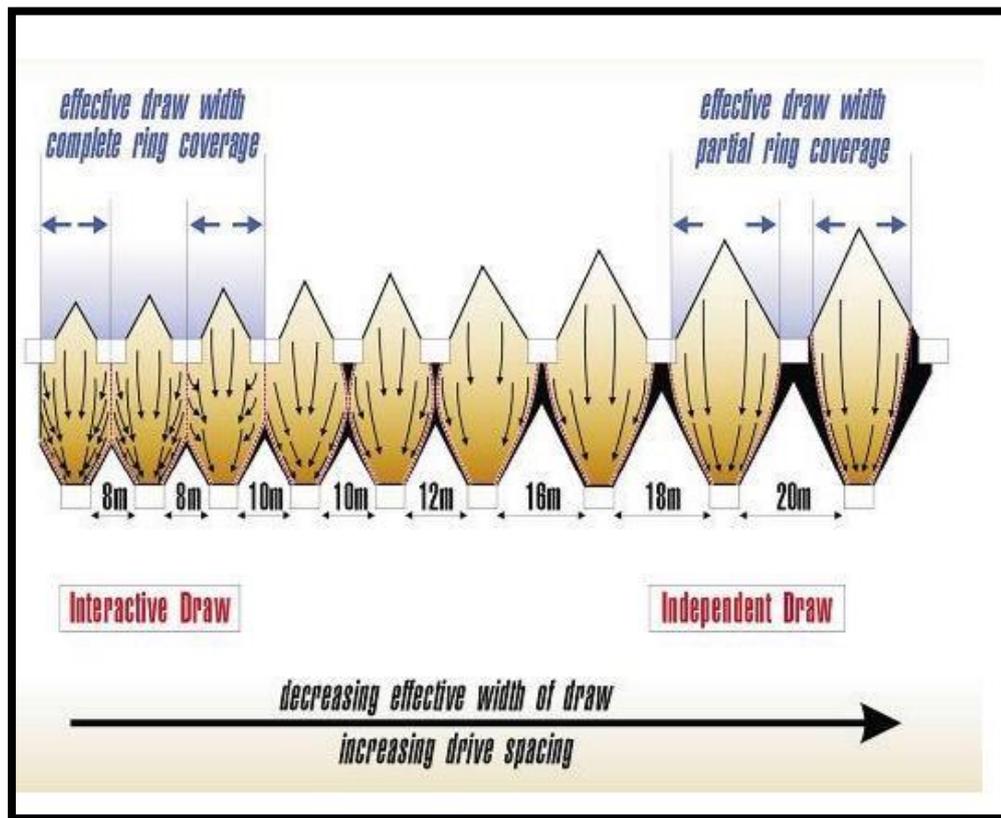


Figura 19 Variación del flujo gravitacional según el espaciamiento de ventanas

Fuente (Optimización de Operaciones mineras, GERENS)

### 2.3.3 Geometría del Elipsoide de Extracción como Función de la Extracción

La extracción uniforme de las ventanas de producción contiguas permite que se erosiona con mayor energía la zona entre ventanas de producción, produciendo una gran zona de baja densidad la cual facilita el descenso uniforme del material estéril de los niveles superiores.

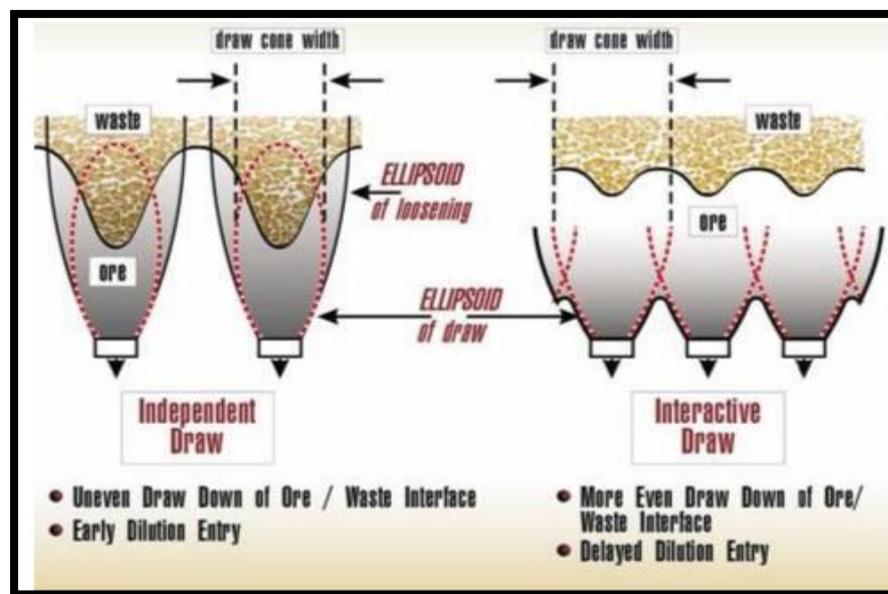


Figura 20 Geometría del Elipsoide de extracción en función de la producción de ventanas

Fuente (Optimización de Operaciones mineras, GERENS)

## 2.4 Operaciones Unitarias del SLC

El Sub Level Caving posee un secuenciamiento descendente y en retirada, en donde la pared colgante se va desplomando sobre los subniveles donde se realizó Voladuras, Se considera que las etapas de producción, preparación y desarrollo se pueden realizar de forma simultánea en la medida que se va profundizando.

El carguío y acarreo se realiza generalmente con Scoops, los cuales depositan el mineral/desmonte en el ore pass, el cual se conecta en subniveles de transporte.

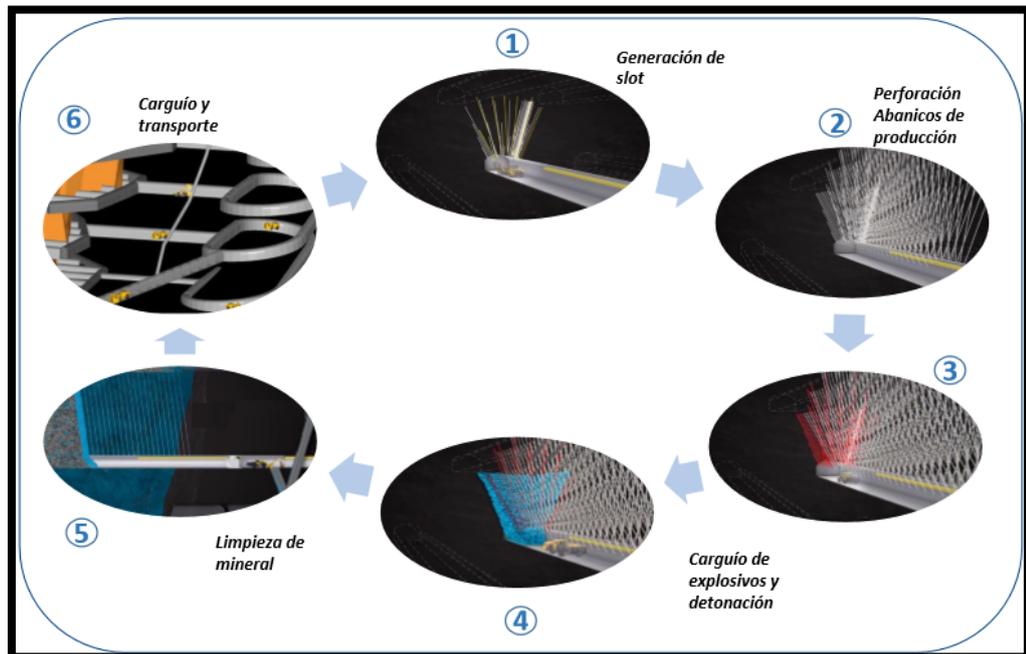


Figura 21 Operaciones unitarias del SLC

Fuente (Optimización de Operaciones mineras, GERENS)

#### 2.4.1 Generación del Slot

Se perforará la malla del Slot correspondiente a dos abanicos o anillos consecutivos. La generación del Slot para el nuevo diseño de voladura busca mejorar las operaciones unitarias dentro del ciclo actual del Sub Level Caving. Incrementando la productividad del método actual. Este nuevo diseño busca reemplazar a la explotación de bolsillos laterales, cuya ejecución se basa en el uso de personal llamado “Chutero” para la provocación del Caving, exponiéndose a la presencia de empujes (eventos de menor intensidad) o soplos.



Figura 22 Perforación de Slot

Fuente (Departamento de Operaciones Mina de SMC)

#### 2.4.2 Perforación abanicos de Producción

Se procede a perforar los taladros de producción a  $80^\circ$  de inclinación, para luego realizar la voladura.



Figura 23 Perforación de Taladros en abanico

Fuente (Departamento de Operaciones Mina de SMC)

#### 2.4.3 Carguío de explosivos y detonación

Se procede a detonar 2 abanicos correspondientes a los taladros de producción, Luego se procede a limpiar el mineral proveniente netamente de la voladura de la corona-Slot



Figura 24 Detonación de Taladros de producción  
Fuente (Departamento de Operaciones Mina de SMC)

#### 2.4.4 Limpieza de Mineral

Se procede con la limpieza de mineral con equipos LHD (Scoop), hacia cámaras de acumulación, para luego ser cargados con Dumper.

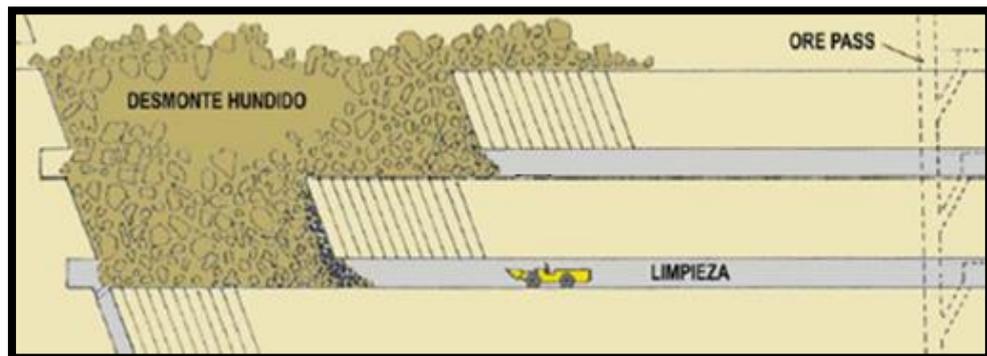


Figura 25 Limpieza de Mineral  
Fuente (Departamento de Operaciones Mina de SMC)

#### 2.4.5 Carguío y Transporte

El carguío de Dumper se da en las cámaras de acumulación para ser llevado a los ore pass, para el izaje y posteriormente transportado con carros mineros hacia planta.



Figura 26 Dumper Mine Truck Mt 2100

Fuente: Elaboración Propia

## 2.5 Productividad

La productividad tiene que ver con el resultado que se obtienen en un sistema en este caso la producción en toneladas por Horas/Hombres guardia de cada ventana, por lo que mejorar la productividad de las ventanas es lograr mejores resultados considerando los recursos empleados para generarlos o producirlos. En general la productividad se mide por el cociente formado por los resultados y los recursos empleados.

$$Productividad = \frac{Tn_{producidas}}{\#hr * Hombre_{gda}}$$

Para tener resultados favorables en la productividad de las ventanas es muy importante seguir los procedimientos desde la preparación de las ventanas hasta el secuenciamiento de minado por bolsillos.

- La perforación del frente mineralizado para la preparación de una ventana será como máximo con barrenos de 4 pies. Esto se debe a que la instalación de cimbra (H6) sea espaciada 1 metro.



Figura 27 Preparación de ventanas

Fuente: Elaboración Propia

- Después de la perforación y voladura se procede a asegurar el frente con 6 marchavantes de riel de 60 lbs/yds o 75 lbs/yds como guarda cabeza.



Figura 28 Instalación de Marchavantes

Fuente: Elaboración Propia

- Después de colocar los 6 marchavantes (Guarda cabeza) de riel de 60 lbs/yds o 75 lbs/yds. Se procede a entablarlos con tablas de acuerdo a la necesidad de la sección.



Figura 29 Entablado

Fuente: Elaboración Propia

- Una vez asegurado el frente se procede con la limpieza, esta es ejecutada con scooptrams de 3.5, Una vez limpio el frente de la labor se procede con el picado de patillas ambos extremos para el armado de cimbra H6 – 25 lbs/pie de 3.5 X 3.5 metros.



Figura 30 Picado de Patillas

Fuente: Elaboración Propia

- Después de armar y asegurar la cimbra se procede con el empaquetado (entablado de toda la corona de la cimbra)



Figura 31 Entablado y empaquetado de corona

Fuente: Elaboración Propia

- Finalmente se procede con el colocado de Tapón en el frente para terminar de preparar y comenzar con el minado de esta ventana.



Figura 32 Tapón

Fuente: Elaboración Propia

- La secuencia del minado del tajo aplicando criterios del SLC viene emparejado a la secuencia del jale del mineral lo cual es importante, al cuerpo se ingresará por la caja piso y explotaran los bolsillos de la caja techo en retirada en cada ventana y la secuencia en las ventanas será iniciando por los extremos en retirada dejando al final a las ventanas cercas al acceso principal.

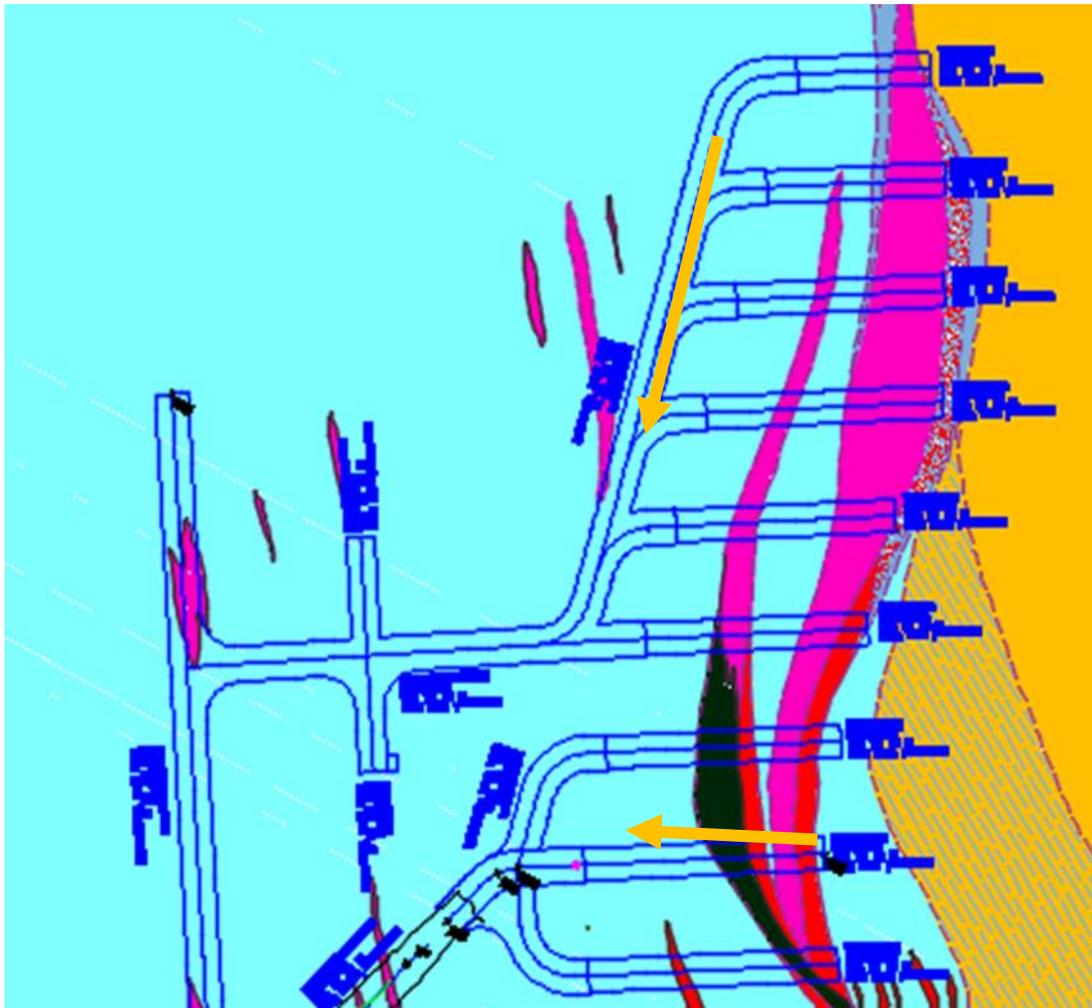


Figura 33 Dirección de minado

Fuente (Departamento de Ingeniería y Planeamiento de SMC)

- Los bolsillos se ubican en ambos lados de la zona mineralizada de las ventanas el número varía de acuerdo a la potencia del mineral. El flujo de mineral se controla abriendo y cerrando el encostillado de tablas de los costados de las cimbras, que funcionan a manera de compuertas en cada bolsillo



Figura 34 Extracción por bolsillos

Fuente: Elaboración Propia

- Un incorrecto incumplimiento de los procedimientos tanto de preparación y/o explotación implica una disminución en la productividad en las ventanas ya sea por la inestabilidad del tajeo lo cual implica la rehabilitación o reforzamiento de cimbras elevando nuestro costo por tonelada o un mal control en la extracción de mineral por bolsillos no provocando la interacción de nuestros elipsoides de extracción.



Figura 35 Reforzamiento de cimbras

Fuente: Elaboración Propia

CANTON	VENTANA	BOLSILLOS	16-nov		17-nov		18-nov		19-nov		20-nov		21-nov		22-nov		23-nov		24-nov		25-nov		26-nov		27-nov		28-nov		29-nov		30-nov			
			D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N		
V-8		GUARDIA																																
		PREP.																																
		B1 IZQUIER.																																
		B1 DERECH.																																
		B2 IZQUIER.																																
		B2 DERECH.																																
		B3 IZQUIER.																																
		B3 DERECH.																																
		B4 IZQUIER.																																
		B4 DERECH.																																
		B5 IZQUIER.																																
		B5 DERECH.																																
		B6 IZQUIER.																																
	B6 DERECH.																																	
	B7 IZQUIER.																																	
	B7 DERECH.																																	
	B8 IZQUIER.																																	
	B8 DERECH.																																	
	B9 IZQUIER.																																	
	B9 DERECH.																																	
	B10 IZQUIER.																																	
	B10 DERECH.																																	
	B11 IZQUIER.																																	
	B11 DERECH.																																	
	B12 IZQUIER.																																	
	B12 DERECH.																																	
	TMS/ GUARDIA	-	-	-	33	-	-	-	-	66	75	84	54	37	30	28	0	10	225	27	150	114	150											
	MULADO POR DIA	-	-	33	-	-	-	-	-	171	138	620	234	225	177	264																		
	MULADO A LA FECHA	57	57	57	57	57	57	199	336	1014	1248	1978	1650	1914	1914	1914	1914	1914	1914	1914	1914	1914	1914	1914	1914	1914	1914	1914	1914	1914	1914			

Figura 36 Hoja de control de extracción por bolsillos

Fuente: Elaboración Propia

## **CAPITULO III**

### **DESARROLLO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

#### **3.1 Metodología y alcance de Investigación**

##### **3.1.1 Método de Investigación**

El presente trabajo de investigación se utilizó el método científico, es el conjunto de procedimientos que se utiliza para obtener conocimientos científicos que orienta la investigación.

El método para la obtención del conocimiento denominado científico es un procedimiento riguroso, de orden lógico, cuyo propósito es demostrar el valor de verdad de ciertos enunciados.

##### **3.1.2 Tipo de Investigación**

El presente trabajo de investigación se puede clasificar según el objeto de estudio en aplicada, la investigación aplicada se caracteriza porque busca la aplicación de conocimientos que se adquieren en provecho del estudio.

### **3.1.3 Nivel de Investigación.**

El nivel de investigación utilizada es descriptivo correlacional-causal, ya que en un primer lugar se realizará la descripción del problema, para luego establecer la relación de las variables causa efecto.

## **3.2 Población y Muestra**

### **3.2.1 Población**

La población abarca los tajeos explotados en Sociedad Minera Corona por Sub Level Caving con grados mínimos de filtración de agua (la saturación de agua tiene altos riesgos de accidentabilidad)

### **3.2.2 Muestra**

Considerando el alcance citado en la presente investigación, la muestra corresponde a las labores de explotación el cuerpo Esperanza, por lo tanto, la muestra no es aleatoria.

Es ahí donde se realizará toda la investigación y analizará los datos obtenidos para la presente investigación.

## **3.3 Técnica de Recolección de Datos**

### **3.3.1 Observación Directa**

Se realizó un monitoreo de todos los procedimientos de minado para recabar datos mediante un procedimiento sistematizado y muy controlado para lograr detectar los factores que influyen el Sub Level Caving.

### **3.3.2 Entrevista no Estructurada**

Se realizó conversaciones con personal e ingenieros especializados y con experiencia en desarrollar el Sub Level Caving, con el propósito de entender al detalle el comportamiento de este método.

### **3.4 Instrumentos de Recolección de Datos**

- Informes de pruebas realizadas
- Tesis referentes al tema de investigación
- Acceso a Internet para la búsqueda de información relacionada al trabajo.
- Microsoft Office, REBOP, para la elaboración del informe y el procesamiento de los datos.

## CAPITULO IV

### ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADO

#### 4.1 Identificación de Zona de Prueba

La prueba se realizó en el cuerpo Esperanza Nivel 970 – p16/v8, para después iniciar con las ventanas contiguas N° 7 y 9

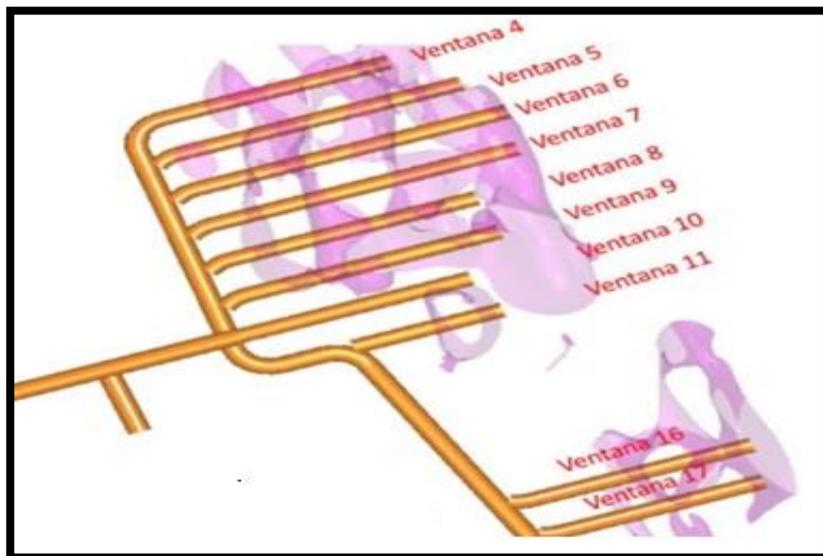


Figura 37 Cuerpo Esperanza Nv 970-P16

Fuente (Departamento de Ingeniería y Planeamiento de SMC)



Figura 38 V- 8 Nv970 P16 Esperanza  
Fuente: Elaboración Propia

#### 4.2 Diseño de malla de perforación

El diseño de malla de perforación tiene un gran impacto en todo el proceso minero, por ello se debe realizar con modelos matemáticos que permitan la interacción de variables del macizo rocoso y de los explosivos a usar.

Elementos a considerar para el diseño de malla de perforación:

- Geométricos
  - Altura, ancho y largo de Block
  - Slot
  - Ubicación espacial de taladros
- Geomecánicas
  - RMR, USC y Std

#### 4.2.1 Modelo matemático de Pearse

$$B = \frac{K * \emptyset}{1000} \sqrt{\frac{\rho_{det}}{S_{td}}}$$

B: Burden (m)

$\emptyset$ : Diámetro del taladro (ft)

K: Factor de Volabilidad

$\rho_{det}$ : Presión de detonación de la carga explosiva (psi)

$S_{td}$ : Resistencia a la tensión dinámica de la roca (psi)

- Factor de Volabilidad

$$K = 1.96 - 0.27 \ln(ERQD)$$

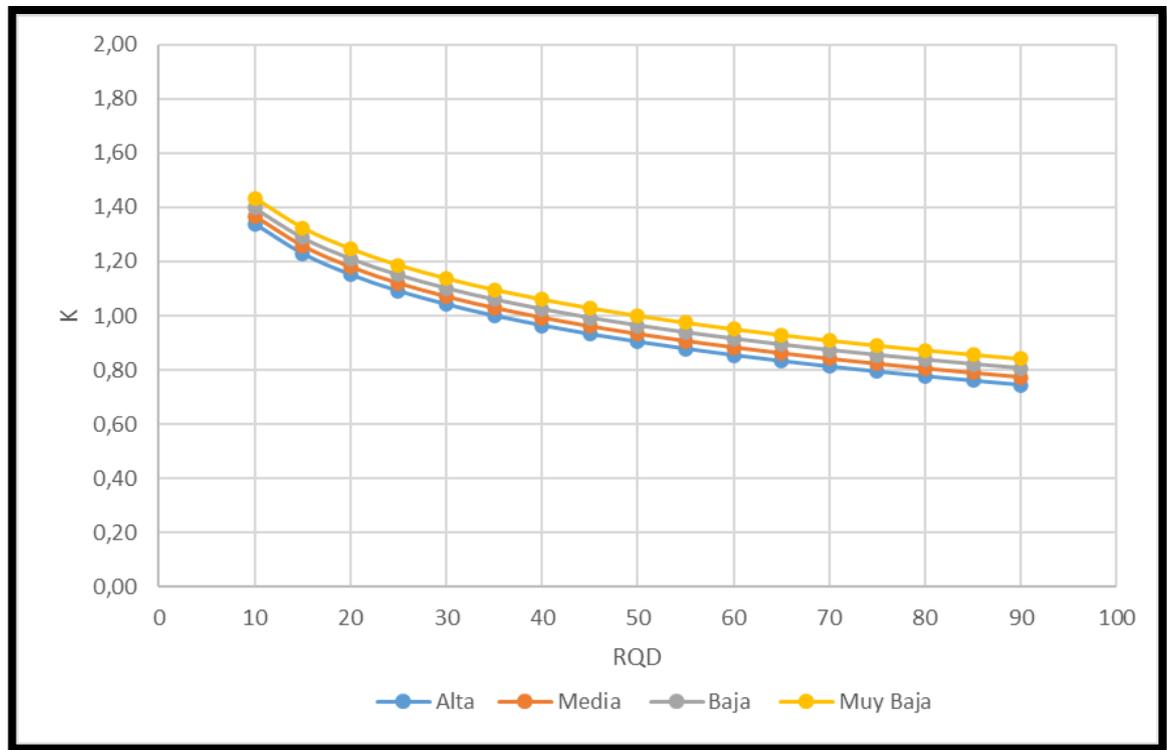
$$ERQD = RQD * J$$

Tabla 3 Valores de K para cada RQD

RQD	Alta	Media	Baja	Muy Baja
10	1,34	1,37	1,40	1,43
15	1,23	1,26	1,29	1,33
20	1,15	1,18	1,21	1,25
25	1,09	1,12	1,15	1,19
30	1,04	1,07	1,10	1,14
35	1,00	1,03	1,06	1,10
40	0,96	0,99	1,02	1,06
45	0,93	0,96	0,99	1,03
50	0,90	0,93	0,96	1,00
55	0,88	0,91	0,94	0,97
60	0,85	0,88	0,91	0,95
65	0,83	0,86	0,89	0,93
70	0,81	0,84	0,87	0,91
75	0,79	0,82	0,85	0,89
80	0,78	0,81	0,84	0,87
85	0,76	0,79	0,82	0,86
90	0,75	0,77	0,81	0,84

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4 K vs RQD



Fuente: Elaboración Propia

Diámetro del taladro = 64 mm  
 Densidad del Emulnor = 1,14 gr/cc  
 Velocidad de detonación = 4400 m/s

✓ Presión de Detonación

$$P_{det} = \rho_{exp} * \left( \frac{VOD^2}{4} \right)$$

$P_{det}$  : Presión de detonación (pas)  
 $\rho_{exp}$  : Densidad del explosivo (gr/cc)  
 VOD: Velocidad de detonación (m/s)

$\rho_{det}$ = 551760000 Pas

$\rho_{det}$ = 55,176 Kbar

Tabla 5 Burden según el RQD

		20%	25%	30%	35%	40%	45%
J=0,8	Burden	1,79	1,70	1,62	1,56	1,51	1,46
J=0,7	Burden	1,84	1,75	1,68	1,62	1,56	1,52

Fuente: Elaboración Propia

En base a los trabajos realizados con anterioridad en SMC y al valor del Burden (1.7) hallado, se decidió emplear el siguiente diseño que consta de 16 taladros de carguío y 4 taladros rimados en total con una inclinación de  $61^\circ$  para el slot en ambos lados de la primera fila de mineral, considerando taladros laterales para la detonación de los bolsillos.

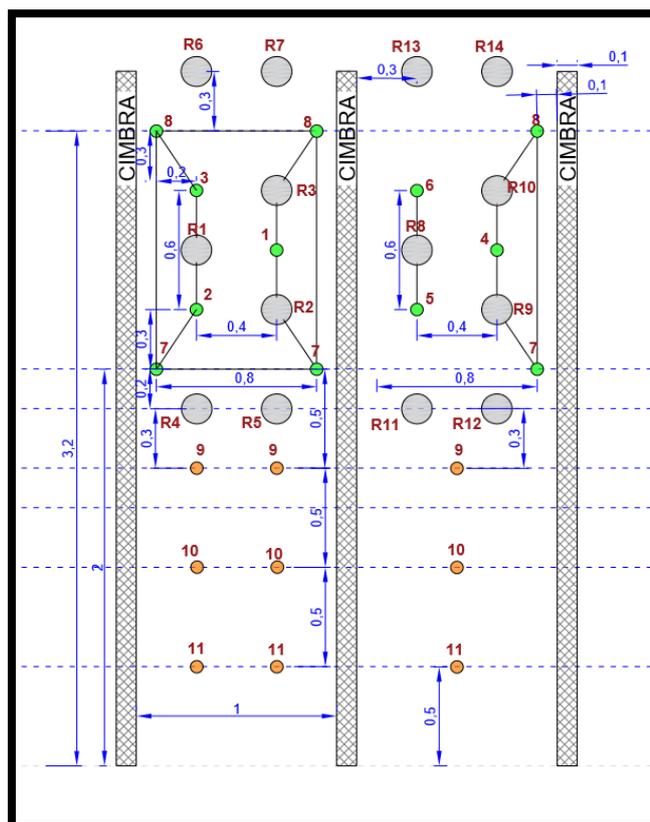
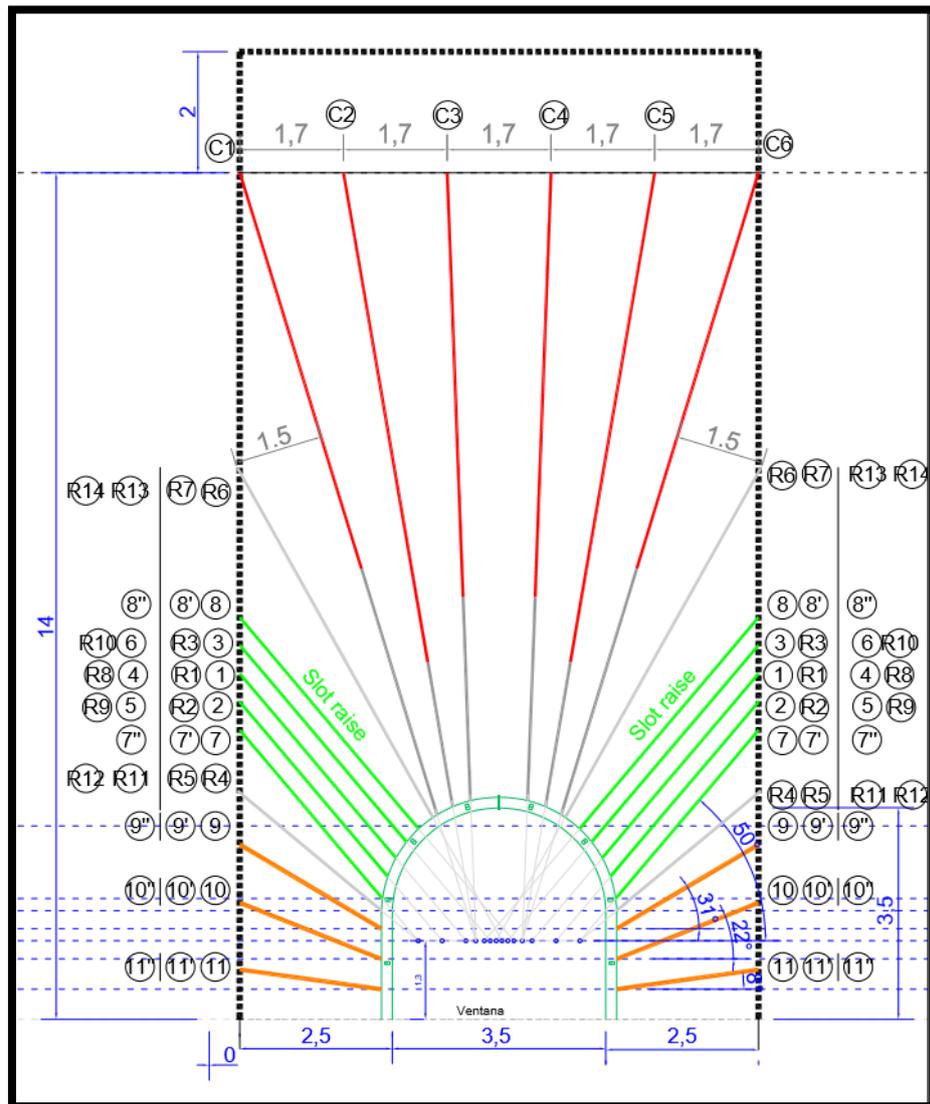


Figura 39 Diseño de Slot

Fuente: Elaboración Propia



- Taladro cargado – Slot
- Taladro cargado – Corona
- Taladro Vacio

Figura 40 Diseño de Taladros en abanico

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.2.2 Parámetros del Slot

Tabla 6 Parámetros de Perforación (Slot)

Perforación Slot			
Burden	0,4	Ancho de Slot	1,9
Espaciamiento	0,8	Altura de Slot	1,7
Diametro	64/125 mm	Volumen roto	25
L. de Barra	1,2	TMS	87,5
N° Taladro	Longitud de Tal. (m)	N° Barras	Angulo
1-4	4	$3b + 0,4$	50°
2-5	3,77	$3b + 0,17$	50°
3-6	4,24	$3b + 0,64$	50°
7-7'-7"	3,6	3b	50°
8-8'-8"	4,6	$3b + 1$	50°
R1-R8	4,28	$3b + 0,68$	50°
R2-R9	3,77	$3b + 0,17$	50°
R3-R10	4,24	$3b + 0,64$	50°
R4-R5-R11-R12	3	$2b + 0,6$	40°
R6-R7-R13-R14	6,63	$5b + 0,63$	61°
9-9'-9"	2,7	$2b + 0,3$	31°
10-10'-10"	2,5	$2b + 0,1$	22°
11-11'-11"	2,34	2b	8°

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 7 Parámetros de Voladura (Slot)

Voladura Slot				
N° Taladros	70,00			
N° Cartuchos	127,00			
Kg. De Explosivos	49,61			
M. Perforados	134,34			
Tn/mt. Perforados	0,65			
Factor de Potencia	0,57			
N° Taladro	Longitud de Tal. (m)	Long. De Carga	# Cartuchos	Kg Explosivo
1-4	4	2	7	5,5
2-5	3,77	1,8	6	4,7
3-6	4,24	2,2	7	5,5
7-7'-7"	3,6	1,6	5	5,9
8-8'-8"	4,6	2,6	9	10,5
R1-R8	4,28	0	0	0,0
R2-R9	3,77	0	0	0,0
R3-R10	4,24	0	0	0,0
R4-R5-R11-R12	3	0	0	0,0
R6-R7-R13-R14	6,63	0	0	0,0
9-9'-9"	2,7	1,7	6	7,0
10-10'-10"	2,5	1,5	5	5,9
11-11'-11"	2,4	1,3	4	4,7

Fuente: Elaboración Propia

### 4.2.3 Parámetros de la Corona

Tabla 8 Parámetros de perforación (abanico)

Perforación Corona			
Burden	1,7	Ancho de Slot	8,5
Espaciamiento	1	Altura de Slot	14
Diametro	64 mm	Volumen roto	165,08
L. de Barra	1,2	TMS	577,78
N° Taladro	L. Taladro	N° Barras	Angulo
C1-C6	11,1	9b+0,3	73°
C2-C5	10,6	8b+1	80°
C3-C4	10,4	8b+0,8	88°

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 9 Parámetros de voladura (abanico)

Voladura Corona				
N° Taladros	6,00			
N° Cartuchos	154,00			
Kg. De Explosivos	60,16			
M. Perforados	64,20			
Tn/mt. Perforados	9,00			
Factor de Potencia	0,10			
N° Taladro	Longitud de Tal. (m)	Long. De Carga	# Cartuchos	Kg Explosivo
C1-C6	11,1	7	23	17,97
C2-C5	10,6	8	27	21,09
C3-C4	10,4	8	27	21,09

Fuente: Elaboración Propia

### 4.3 Proceso de Minado (Piloto)

#### 4.3.1 Generación de Slot

Se empieza por desentablar el lado derecho, para empezar con la perforación, voladura y limpieza de Mineral, luego pasar al lado izquierdo para realizar el mismo procedimiento, pero entablando el lado derecho. Este primer procedimiento nos generó un promedio de 77.5 Tn de mineral.



Figura 41 Perforación de Slot derecho

Fuente: Elaboración Propia



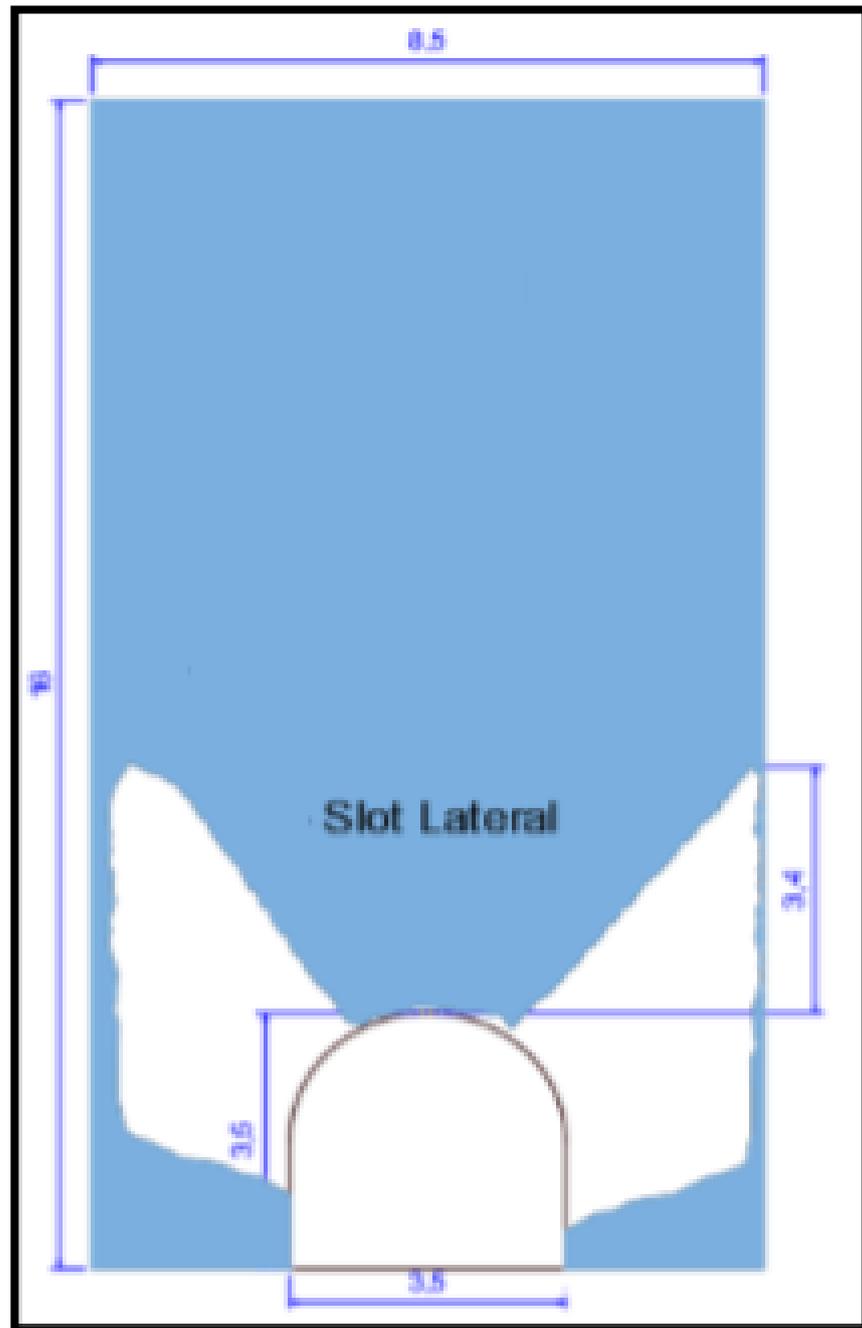


Figura 43 Slot generado

Fuente: Elaboración Propia

### 4.3.2 Taladros de Producción

Se realizará la perforación y voladura de los taladros de producción (corona) de las filas correspondientes a los slots generados tomando en cuenta el plasteo de las cimbras, para generar continuidad al Caving para los niveles inferiores. Esta etapa nos generó un promedio de 688 Tn por abanico.

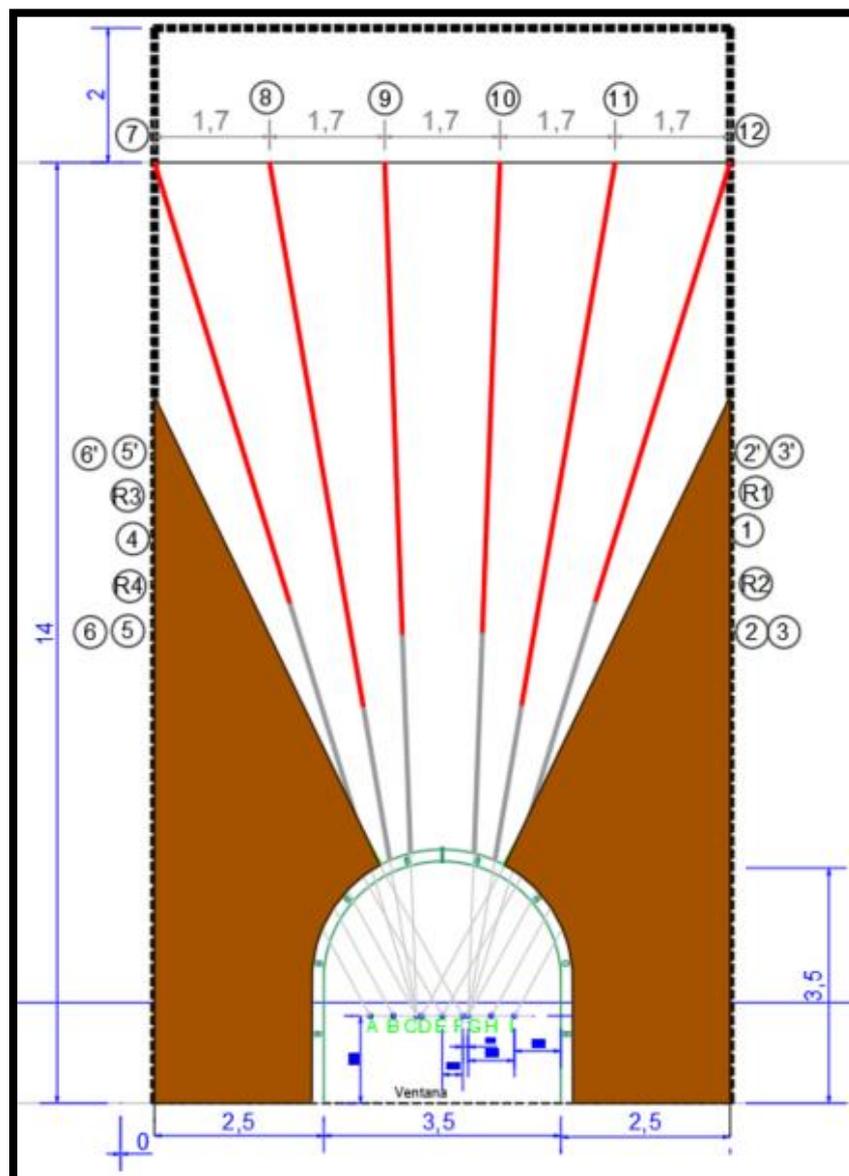


Figura 44 Diseño de Taladros en abanico

Fuente: Elaboración Propia



Figura 45 Plasteo de Cimbras

Fuente: Elaboración Propia



Figura 46 Resultado de la detonación y el Plasteo de Cimbras

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.4 Modelo del Flujo Gravitacional generado en las V7yV8

Tabla 10 Parámetros Geomecánicas

Parámetros	Velor medio	
RMR	Zon techo	40,0
	Zona Piso	50,0
	Zona Mineral	30,0
	Zona Explotada	10,0
Granulometría (d50)	Zon techo	0,6
	Zona Piso	0,8
	Zona Mineral	0,4
	Zona Explotada	0,1
Porosidad (%)	Zon techo	0,5
	Zona Piso	0,1
	Zona Mineral	2,0
	Zona Explotada	17,0
Densidad (t/m <sup>3</sup> )	Zon techo	2,7
	Zona Piso	2,7
	Zona Mineral	4,1
	Zona Explotada	1,8
UCS (Mpa)	Zon techo	55,0
	Zona Piso	65,0
	Zona Mineral	40,0
	Zona Explotada	0,0
Angulo de Fricción	Zon techo	37,0
	Zona Piso	40,0
	Zona Mineral	35,0
	Zona Explotada	32,0

Fuente (Departamento de Geomecánica de SMC)

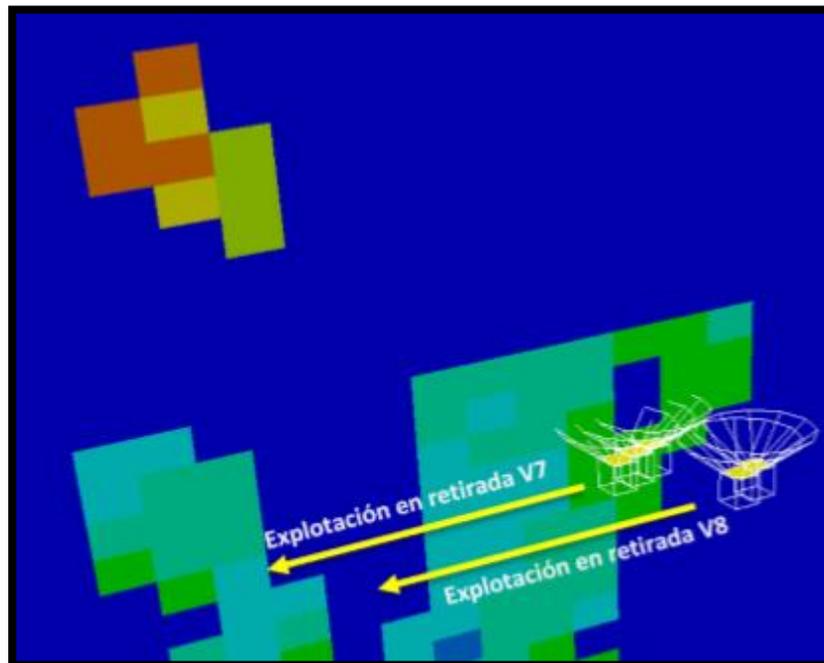


Figura 47 Elipsoides de extracción V7/8

Fuente (Departamento de Ingeniería y Planeamiento de SMC)

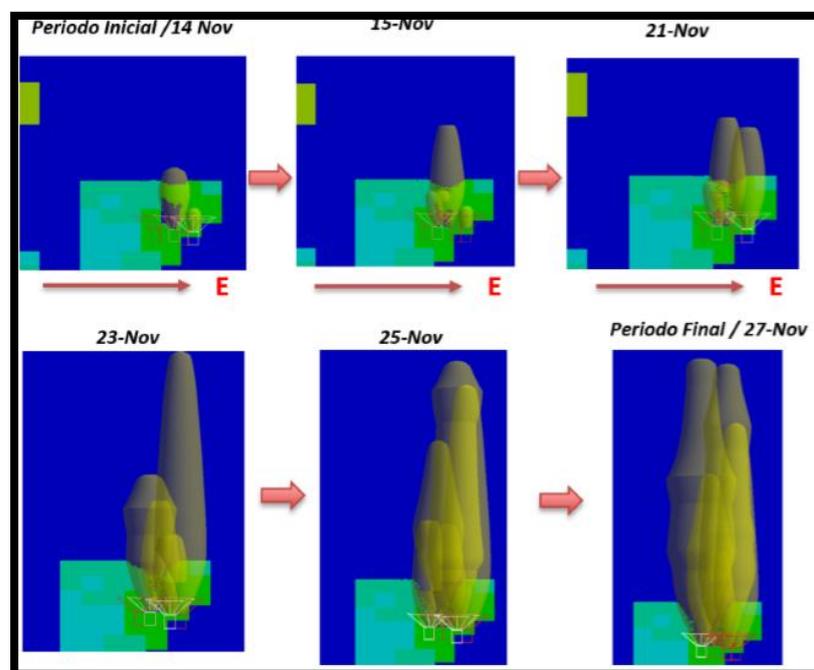


Figura 48 Interacción de elipsoides de Extracción V7/8

Fuente (Departamento de Ingeniería y Planeamiento de SMC)

#### 4.4.1 Análisis de la Productividad de Ventanas.

Tabla 11 Registro de la producción en la V7

Ventana 7/real	Fecha	14-nov	15-nov	16-nov	17-nov	18-nov	19-nov	20-nov	21-nov	22-nov	23-nov	24-nov	25-nov	26-nov	27-nov
	Tn	174,00	138,00	66,00					42,00	33,00	135,00	240,00	354,00	375,00	695,00
	Ag-Onz/Tn (real)	2,76	3,38	2,45					1,87	1,86	1,30	3,44	4,17	1,82	1,11
	Pb% (real)	0,12	0,04	0,04					0,07	0,16	0,79	0,11	0,05	0,67	0,14
	Cu% (real)	6,06	8,83	5,49					3,50	3,87	0,56	8,17	8,40	2,35	1,98
	(real)	1,71	0,05	0,04					0,07	0,38	2,21	0,10	0,15	2,13	0,30
	Tn acumulado real	174,00	312,00	378,00					42,00	75,00	210,00	450,00	804,00	1179,00	1874,00

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 12 Simulación de Tonelaje y Leyes en la V7

Ventana 7/Simulado	Fecha	14-nov	15-nov	16-nov	17-nov	18-nov	19-nov	20-nov	21-nov	22-nov	23-nov	24-nov	25-nov	26-nov	27-nov
	Tn	207,00	129,00	103,00					22,00	14,00	132,00	330,00	510,00	348,00	7,42
	Ag-Onz/Tn (sumulado)	0,76	1,24	2,14					2,54	3,10	2,86	2,79	3,08	2,30	2,05
	Pb% (simulado)	0,37	0,65	1,33					0,16	0,23	0,39	0,53	0,16	0,14	0,19
	Cu% (simulado)	1,12	1,62	3,84					3,99	5,02	4,38	3,96	4,25	2,91	2,54
	Zn% (simulado)	0,87	1,43	3,15					0,45	0,62	0,98	1,28	0,42	0,36	0,45
	Tn acumulado simulado	207,00	336,00	439,00					22,00	36,00	168,00	498,00	1008,00	1356,00	1363,42

Fuente (Departamento de Ingeniería y Planeamiento de SMC)

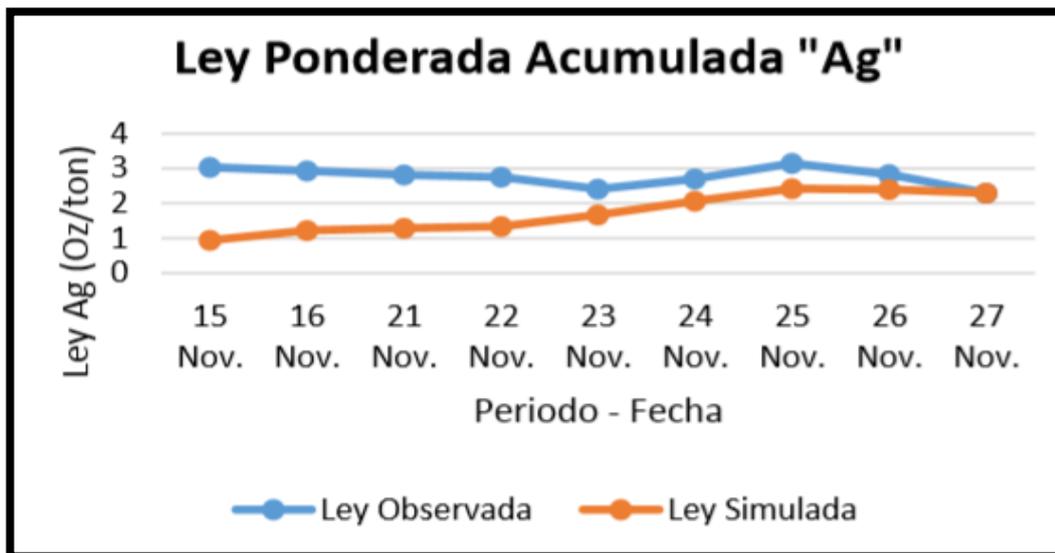


Figura 49 Ley Ponderada acumulada de Ag

Fuente: Elaboración Propia

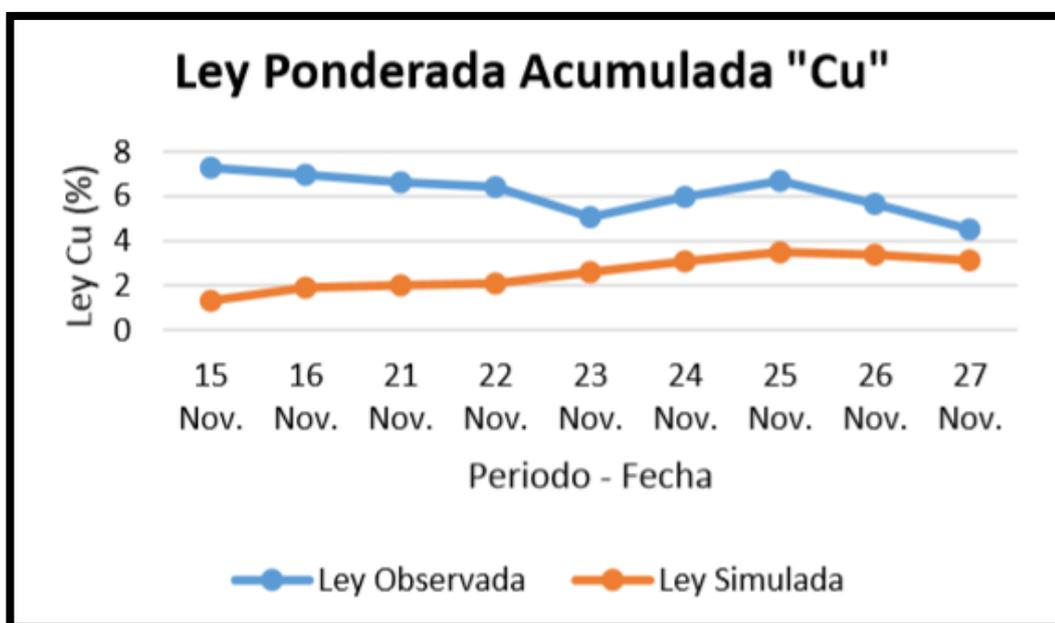


Figura 50 Ley Ponderada acumulada de Cu

Fuente: Elaboración Propia

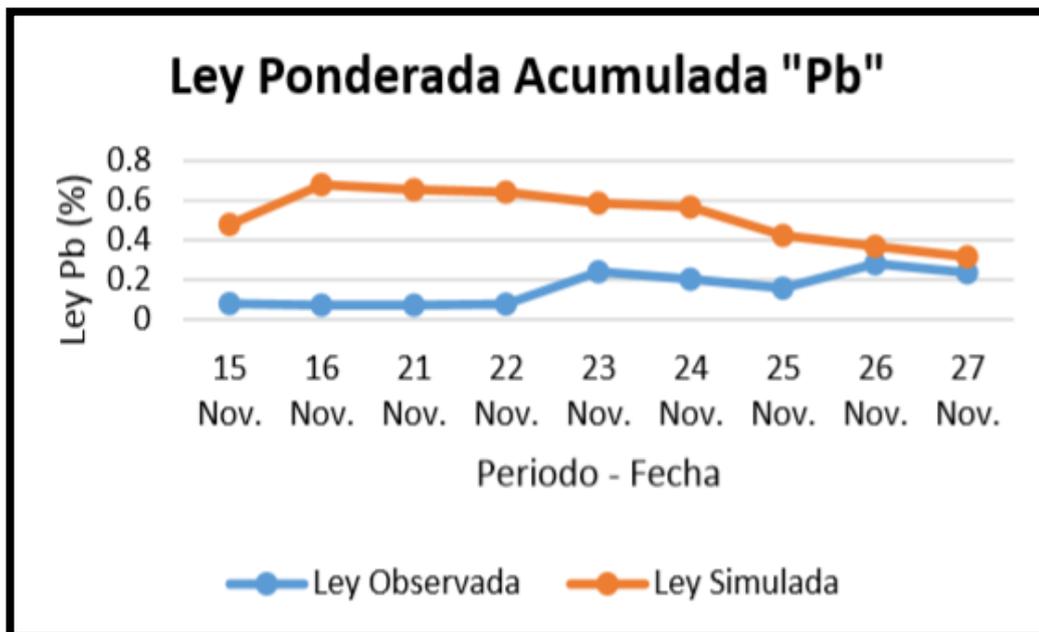


Figura 51 Ley Ponderada acumulada de Pb

Fuente: Elaboración Propia

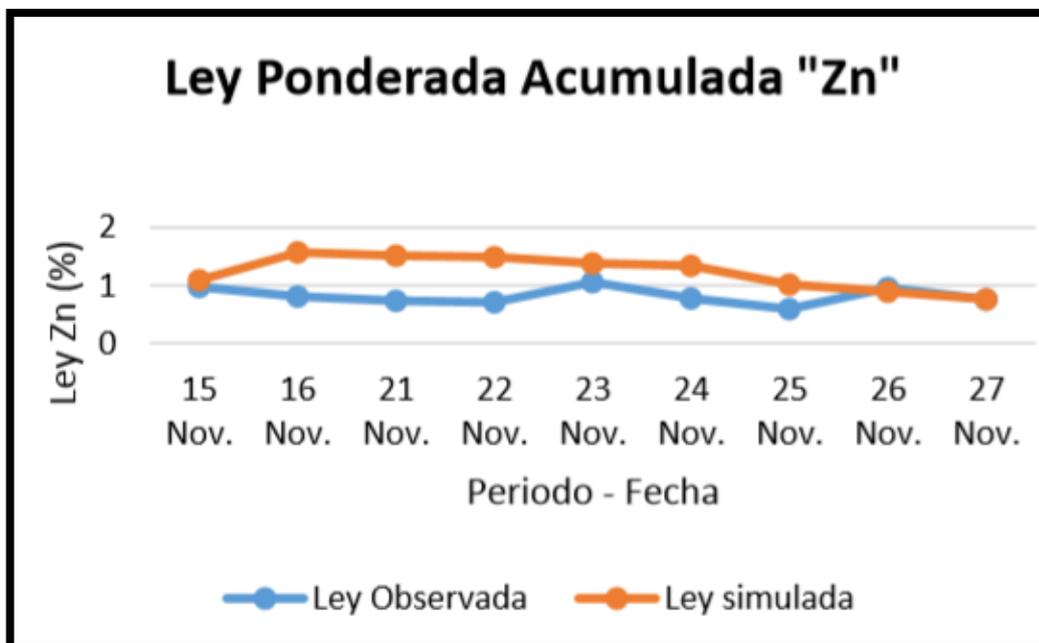


Figura 52 Ley Ponderada acumulada de Zn

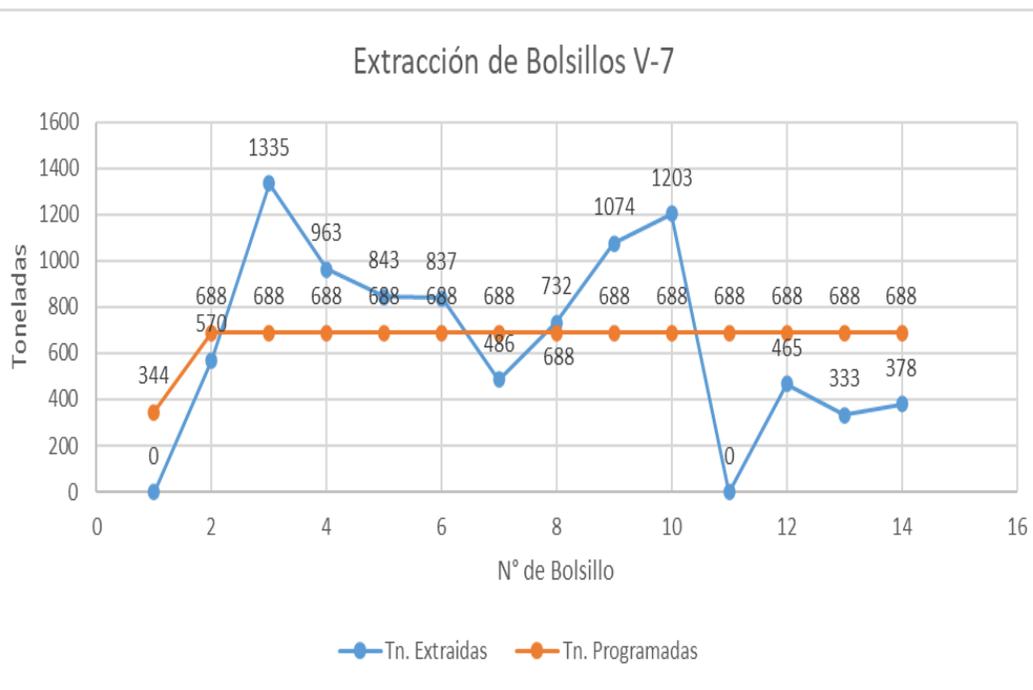
Fuente: Elaboración Propia

➤ Ventana 7

Se tiene un acumulado de 9219 ton de mineral, que es un 95.7 % de un programa de 9288 ton

Tabla 13 Extracción V7

Bolsillo	Tn. Extraídas	Tn. Programadas	Diferencia
B1	0	688	-688
B2	570	688	-118
B3	1335	688	647
B4	963	688	275
B5	843	688	155
B6	837	688	149
B7	486	688	-202
B8	732	688	44
B9	1074	688	386
B10	1203	688	515
B11	0	688	-688
B12	465	688	-223
B13	333	688	-355
B14	378	688	-310
<b>Total</b>	<b>9219</b>	<b>9632</b>	<b>-413</b>



Fuente: Elaboración Propia

Figura 53 Gráfico comparativo Tn extraídas vs Tn Programado

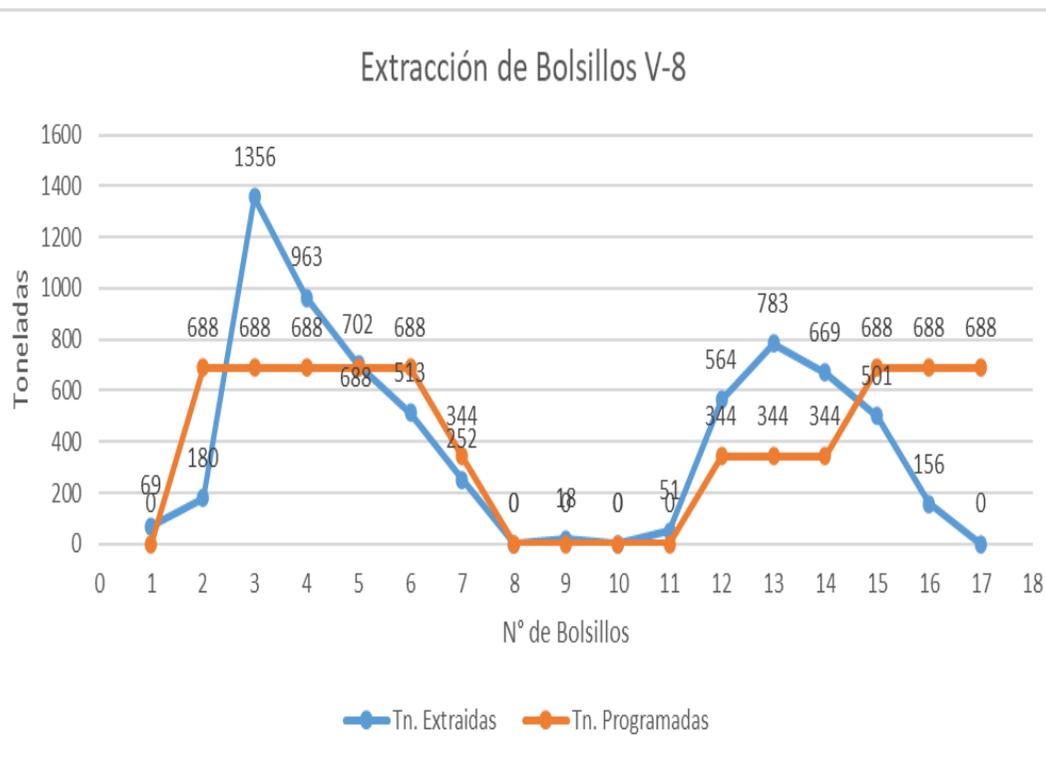
Fuente: Elaboración Propia

➤ Ventana 8

Se tiene un acumulado de 6777 ton de mineral (sulfuro de Cu), que es un 98.5% de un programa de 6880 ton

Tabla 14 Extracción V8

Bolsillo	Tn. Extraídas	Tn. Programadas	Diferencia
B1	69	0	69
B2	180	688	-508
B3	1356	688	668
B4	963	688	275
B5	702	688	14
B6	513	688	-175
B7	252	344	-92
B8	0	0	0
B9	18	0	18
B10	0	0	0
B14	51	0	51
B15	564	344	220
B16	783	344	439
B17	669	344	325
B18	501	688	-187
B19	156	688	-532
B20	0	688	-688
Total	6777	6880	-103



Fuente: Elaboración Propia

Figura 54 Gráfico comparativo Tn extraídas vs Tn Programado

Fuente: Elaboración Propia

➤ Productividad

Se tiene un aumento de productividad de 3.6 Tn/(hr\*Hombre/gda), esto es debido principalmente a la influencia directa del personal obrero en el chuteo logrando disminuir en 15% la incidencia pasando de 6 hr a 5.1 hr (80% de 6hr).

Tabla 15 Productividad (tn/(Hr-Hombre/gda))

<u># de personal</u>		
Op de Jumbo =	1	
Ayudante Jumbo =	1	
Maestro de Tajeo =	1	
Ayudante =	1	
Op de Scoop =	1	
Total =	5	Hombre/gda
Hr/gda (antes) =	6	hr
Hr/gda (después) =	5.1	hr
# dias (13/12 hasta 25/12) =	13	dias
Hr (antes) =	156	hr
Hr (después) =	132.6	hr
Tn (V7) =	9219	
Tn (V8) =	6777	
Tn (V7 + V8) =	15996	tn
Productividad (antes) =	20.5	tn/(Hr*Hombre/gda)
Productividad (después) =	24.1	tn/(Hr*Hombre/gda)

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.5 Prueba de Hipótesis

Para establecer la correlación si el diseño de malla de perforación y voladura induce al mejoramiento del Sub Level Caving en primer lugar, se aplicó el coeficiente de correlación por rangos Spearman para su posterior análisis t Student para ver la causalidad entre ambas variables, esto se desarrolló con ayuda del programa SPSS.

- Coeficiente de correlación de Spearman

$$\rho = 1 - \frac{6 \sum D^2}{n(n^2 - 1)}$$

$\rho =$  Coeficiente de correlación de Spearman

$D =$  Diferencia entre rangos (muestra de productividad)

$n =$  Muestra (# de datos)

- Tomado los datos de productividad de las ventanas nos da una diferencia de rangos de 28.553
- Se tomó un total de 20 muestras

D= 28.553
n= 20.000

$$\rho = 0.387$$

Según los rangos de correlación por Spearman se encuentra en el rango de (0 – 0.5) positivo lo cual nos indica una débil correlación positiva

- Prueba estadística t de Student
  - H0: Diseño de una malla de perforación no mejorará la productividad del Sub Level Caving.
  - H1: Diseño de una malla de perforación mejorará la productividad del Sub Level Caving

$$t_{prueba} = \frac{\rho}{\sqrt{\frac{(1 - \rho^2)}{(n - 2)}}}$$

$\rho$  = Coeficiente de correlación de Spearman

$n$  = Muestra (20)

$$t_{prueba} = 1.78$$

Cómo el valor crítico del estadístico de prueba para un nivel de significación de 5% ( $\alpha=0.05$ ) y un grado de libertad de 19 ( $g=n-1$ ) es  $t=\pm 1.729$ , como tenemos un valor de prueba fuera de la zona de aceptación entonces rechazamos la Hipótesis nula por lo tanto, si existe la mejora de la productividad en el Sub Level Caving.

## CONCLUSIONES

- La perforación del Slot y de la corona nos generó una recuperación de 97% de las reservas por ventana de producción (V7 y V8), este indicador nos muestra que el rediseño de una nueva malla de perforación y un adecuado secuenciamiento de minado influye directamente en la productividad del Sub Level Caving dentro de las Operaciones en Sociedad Minera Corona.
- Con respecto a la Productividad se mejoró en 3.6 tn/(hr-Hombre/gda) pasando de 20.5 tn/(hr-Hombre/gda) a 24.1 tn/(hr-Hombre/gda), esto debido a la incidencia directa del personal en lo que es el chuteo disminuyendo en 15% del tiempo empleado anteriormente.
- En la V-7 las leyes simuladas Vs. las leyes obtenidas en Ag y Zn varían en menos al 1% y Cu 30%.
- En el Sub Level Caving es fundamental que el Caving se genere de manera íntegra sin discontinuidades en el Caving, para ello se debe realizar el Plasteo de Cimbras junto con la detonación de los taladros de Producción (abanico).
- El fin de reemplazar los bolsillos laterales y el Chuteo de estos por Slots inclinados y abanicos de producción en retirada es lograr inducir la interacción entre ventanas de manera que se pueda mejorar la recuperación de reservas y el estado del flujo gravitacional.
- Los resultados muestran el éxito en la generación de slot laterales inclinados empleando como cara libre, y de esta manera eliminar el empleo de bolsillos y el chuteo lateral el cual expone al maestro y su ayudante a eventos no deseados.

### **RECOMENDACIONES**

- Para la perforación de la corona del slot, es recomendable realizar el diseño a 80° de inclinación para emplear la mayor cara libre de los slots inclinados y así asegurar la secuencia de salida.
- Para asegurar la efectividad del disparo (Slot) se recomienda emplear retardos de periodo corto.
- El secuenciamiento de explotación en retirada se recomienda realizar desde las ventanas más alejadas hacia el acceso principal (cruce)
- Con la finalidad de eliminar la incertidumbre de las futuras ventanas a explotar se debe optar por simular considerando el flujo gravitacional a generarse.
- Capacitación constante en Perforación en taladros largos para los operadores de los Jumbos (Muki), y también hacia los trabajadores dentro de los tajeos inculcarles cómo debería proceder paso a paso un correcto secuenciamiento de minado desde el desentablado de bolsillos hasta la detonación de los taladros en abanico.

### REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

- Lincoln, C. C. (26 de Abril de 2013). “Método de minado por hundimiento de Sub niveles Sub Level Caving “. Perú.
- Rogger, S. C. (2016). “Aplicación de los principios del flujo gravitacional al Diseño”. Huancayo. Tesis de grado. Facultad de Ingeniería de Minas. Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Rubio, E. (2008). Modelos Actualizados de Sub Level Caving. Chile. Universidad de Chile.
- Rubio, E. (2019). Sistemas Mineros de alta Productividad. Perú: Escuela de Post Grado GERENS.
- EXSA. (2016). Manual Práctico de Voladura. Lima. 5ta Edición.
- Kvapil, Rudolf, 1992. Sublevel caving, SME Mining Engineers Handbook, 2nd Edition (Ed: H L Hartman), (SME).
- Heckner, D. C. (2006). “Estudio Geológico de la Zona 1, Mina Yauricocha”. Lima. Tesis de grado. Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica. Universidad Nacional de Ingeniería.
- Superintendencia de Geología. (2016). Departamento de Geología y Exploraciones de Sociedad Minera Corona. Perú.

Perubar S.A.Mina Rosaura (2003). “Método de minado Sub Level Caving”.  
Departamento de Planeamiento e Ingeniería Perubar S.A.

Colonio Elvis (2015). “Optimización de la producción mediante la aplicación del método de explotación tajeo por subniveles taladros largos en la U.E.A. Recuperada de la Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.”. Huancayo. Tesis de grado. Facultad de Ingeniería de Minas. Universidad Nacional del Centro del Perú.

Loja Hurtado, Juan Carlos (2006), “Método de explotación Sub Level Caving mina Iscaycruz”. Lima. Tesis de grado. Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica. Universidad Nacional de Ingeniería.

# ANEXOS

## ➤ Anexo 1

**CARTILLA GEOMECANICA**  
SMCSA UNIDAD YAURICOCHA

**CLASIFICACION GSI/RMR**  
Tiempo de Autosoporte: **CERO**  
Sostenimiento Inmediato  
Metro Avanzado Metro Sostenido

**CONDICION ESTRUCTURAL**

**CONDICION SUPERFICIAL**

**(B)** BUENA (MUY RESISTENTE, LEVEMENTE A TENDIDA) DISCONTINUIDADES LEVEMENTE A TENDIDAS, MUCHAS DE COORDENACION, LEVEMENTE ABIERTAS (R<sub>0</sub>= 100 A 200 MM) SE VE CON UN VARIOS PARES DE LA PARED.

**(R)** REGULAR (RESISTENTE LEVEMENTE ALTERADA) DISCONTINUIDADES LEVEMENTE A TENDIDAS, MUCHAS, LOCALMENTE ABIERTAS (R<sub>0</sub>= 50 A 100 MM) SE VE PAREDES CON UNOS CUATRO PARES DE LA PARED.

**(P)** POCAS (MUCHO MENOS RESISTENTE LEVEMENTE ALT.) SUPERFICIE DE LAS DISCONTINUIDADES MUY ATENDIDA, RELENOS COMPACTOS CON FRAGMENTOS DE PECA PAREDO (R<sub>0</sub>= 25 A 50 MM) SE VE EN ALGUNAS SUPERFICIES.

**(MP)** MUY POCAS (MUY POCAS, MUY ALTERADA) SUPERFICIE DE LAS DISCONTINUIDADES MUY ATENDIDA, MUY ABIERTA CON RELENOS DE PEGAJOS BLANDOS (R<sub>0</sub>= 20 MM) SE VE DISPERGAS O INDEFINIDAS.

**MARTILLO DE GEOLOGO**

**CONDICIONES DE FRACTURACION:**  
**(LF)** LEVEMENTE FRACTURADA (TRES A MENOS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES MUY ESPACIADAS ENTRE SI (2 A 5 FRACT. POR METRO))  
**(F)** MODERADAMENTE FRACTURADA (MUY BIEN TRABADA, NO DISTURBADA, BLOQUES CUBICOS FORMADOS POR TRES SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES ORTOGONALES (3 A 5 FRACT. POR METRO))  
**(MF)** MUY FRACTURADA (MODERADAMENTE TRABADA, PARCIALMENTE DISTURBADA, BLOQUES ANGULOSOS FORMADOS POR CUATRO O MAS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES (4 A 20 FRACT. POR METRO))  
**(IF)** INTENSAMENTE FRACTURADA (Pocas trabadas, muchas discontinuidades interceptadas formando bloques angulosos o irregulares (5 A 25 FRACT. POR METRO))  
**(T)** TRITURADA O RELLENO (Ligeramente trabada, masa rocosa extremadamente rota con una mezcla de fragmentos facilmente desmenuzables, angulosos y redondeados (20 A 30 FRACT. POR METRO))

**FLEXOMETRO**

Labor Permanente			Sección de la Labor (m)				
Tipo Roca	Clasificación GSI	Condición superficial	Menor a 1.50m	1.50m a 3.50m	3.50m a 4.50m	4.50m a 5.50m	Mayor a 5.50m
I	MUY BUENA I		Autosoporte	PO	PO	PO	PO
II - A	BUENA II		Autosoporte	PO	PO	P1	P1
III - A	REGULAR III - A		SO	P1	P1	P1	P1
III - B	REGULAR III - B		SO	P+M	P+M	P+M	P+M
IV - A	MALA IV - A		CM	SH+P	SH+P	SH+P	SH+P
IV - B	MALA IV - B	CM	CB H4	CB H4	NR	NR	
V	MUY MALA V	CM	CB H6	NR	NR	NR	

Labor Temporal			Sección de la Labor (m)				
Tipo Roca	Clasificación GSI	Condición Estructura	Menor a 1.50m	1.50m a 3.50m	3.50m a 4.50m	4.50m a 5.50m	Mayor a 5.50m
I	MUY BUENA I		Autosoporte	SO	SO	SO	SO
II - A	BUENA II		Autosoporte	SO	SO	S1	S1
III - A	REGULAR III - A		SO	S1	S1	S1	S1
III - B	REGULAR III - B		SO	S+M	S+M	S+M	S+M
IV - A	MALA IV - A		CM	SH + S	SH + S	SH + S	SH + S
IV - B	MALA IV - B	CM	CB H6/CM	CB H6	NR	NR	
V	MUY MALA V	CM	CB H6/CM	CB H6	NR	NR	

**Tipo de Sostenimiento**

Cod	Descripción del Sostenimiento
PO	Perno helicoidal ocasional
P1	Perno helic. sistematico 1.2x1.2 - 1.5x1.5 - 2.0x2.0
F+M	Perno helic. sist. + malla 1.0 x 1.0 m o 1.2x1.2 m.
SO	Split set ocasional
S1	Split set o Swellex sist. 1.2x1.2 m a 1.5x1.5 m.
S+M	Split set o Swellex sist. + malla 1.0x1.0 m a 1.2x1.2 m.
SH + P	Shotcrete con fibra 2" a 3" + split /swellex sist. 1.0x1.0 - 1.2x1.2
SH + S	Shotcrete con fibra 2" a 3" + split /swellex sist. 1.0 - 1.2m o CM
CB H4	Cintas metálicas H4 espaciadas 1.00m a 1.20m.
CB H6	Cintas metálicas H6 espaciadas de 0.50 m a 1.0 m.
CM	Cuadros de madera 1.00m a 1.20m.
NR	Excavación No Recomendado

**FACTORES INFLUYENTES**

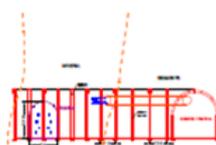
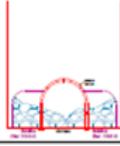
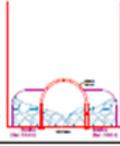
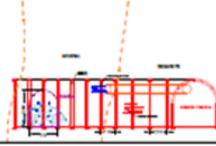
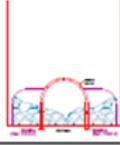
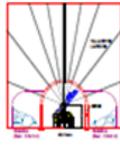
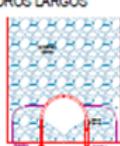
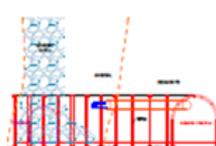
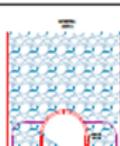
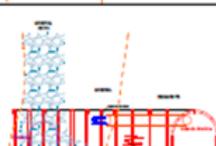
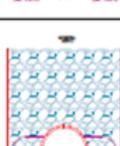
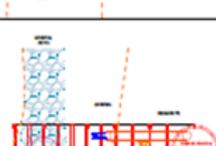
FLUJO DE AGUA  
ESFUERZOS INDUCIDOS  
VOLADURA DEFICIENTE  
PRESENCIA DE FALLAS

**(B)** CON FACTORES INFLUYENTES

**IMPORTANTE:** cualquier modificación o combinación del sostenimiento se realizará bajo evaluación y recomendación del Área de Geomecánica.

Fuente (Departamento de Geomecánica)

➤ Anexo 2

<b>CICLO DE MINADO SUBLEVEL CAVING MECANIZADO - TAS: 2 HRS.</b> <b>RMR: 21 - 30 (TIPO IV-B)</b>			
<b>1. PERFORACION DE BOLSILLOS</b>  	<b>1. PERFORACION</b> Sección : 2.00 x 2.40 N° de Taladros : 20 Tiempo de Perforación : 1.45 horas Rendimiento : 30 Mts/horas Ø de Broca : 41 mm Longitud de Barranado : 8 Pies Pies Perforados/Disparo : 120 PPD/Disp		
<b>2. VOLADURA DE BOLSILLOS</b>  	<b>2. VOLADURA</b> Sección : 2.00 x 2.40 Avance / Disparo : 2.08 Mts Explosivos : Emulsió 1000 de 1" x 7" Tiempo de Cargulo : 0.5 Horas Factor de Carga : 1.92 Kg/m <sup>3</sup> 0.73 Kg/Ton 8.30 Kg/Mt		
<b>3. VENTILACION</b>  	<b>3. VENTILACION</b> Tiempo de Ventilación : 0.5 Horas  NOTA: Por seguridad del personal no se responde a realizar el desatado de rocas después de disparar el bolsillo		
<b>4. LIMPIEZA DE BOLSILLOS</b>  	<b>4. LIMPIEZA</b> Equipo : ST-20 Capacidad Equipo : 2.2 yd <sup>3</sup> Rendimiento : 50 Ton/horas		
<b>5. PERFORACION DE TALADROS LARGOS</b>  	<b>5. PERFORACION</b> Sección : N° de Taladros : 18 Tiempo de Perforación : 3.38 horas Rendimiento : 20 Mts/horas Ø de Broca : 64 mm Pies Perforados/Disparo : 412.72 PPD/Disp		
<b>6. VOLADURA DE TALADROS LARGOS</b>  	<b>6. VOLADURA</b> Avance / Disparo : 18 N° de Taladros : Emulsió Explosivos : 2.40 horas Tiempo de Cargulo : 0.12 Kg/Tn		
<b>7. VENTILACION</b>  	<b>7. VENTILACION</b> Tiempo de Ventilación : 0.5 Horas  NOTA: Por seguridad del personal no se responde a realizar el desatado de rocas después de la voladura.		
<b>8. LIMPIEZA</b>  	<b>8. LIMPIEZA</b> Equipo : ST-20 Capacidad Equipo : 2.2 yd <sup>3</sup> Rendimiento (*) : 40 Ton/horas  (*) El rendimiento presentado está calculado con una distancia de sacreo menor a 80 Mts		
RZFAB	PLANO DE DISEÑO POR: Ing. B. Mariani G. APROBADO POR: César Páramo Sotelo ESCALA: 1:1 FECHA: 03 de Enero 2017	SOCIEDAD MINERA CORONA S.A. PUNTA ARENAL DE CHILE	

Fuente (Departamento de Ingeniería y Planeamiento)



➤ Anexo 4

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS					
		EMULNOR® 500	EMULNOR® 1000	EMULNOR® 3000	EMULNOR® 5000
DENSIDAD RELATIVA (g/cm³)		0,90	1,13	1,14	1,16
VELOCIDAD DE DETONACIÓN (m/s)	CONFINADO *	4 400	5 800	5 700	5 500
	S/CONFINAR **	3 500	4 500	4 400	4 200
PRESIÓN DE DETONACIÓN (kbar)		44	95	93	88
ENERGÍA (kcal/kg)		628	785	920	1010
VOLUMEN NORMAL DE GASES (L/kg)		952	920	880	870
POTENCIA RELATIVA EN PESO *** (%)		63	85	100	105
POTENCIA RELATIVA EN VOLUMEN *** (%)		75	120	145	155
SENSIBILIDAD AL FULMINANTE		Nº 8	Nº 8	Nº 8	Nº 8
RESISTENCIA AL AGUA		Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
CATEGORÍA DE HUMOS		Primera	Primera	Primera	Primera

Fuente (Características técnicas del Emulnor “Famesa”)