

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE
INGENIERÍA DE MINAS**



**EVALUACIÓN DE MALLAS DE EXTRACCIÓN EN FUNCIÓN
DE LA RECUPERACIÓN Y DILUCIÓN DEL MÉTODO DE
EXPLOTACIÓN SUB LEVEL CAVING EN LA MINA
Y AURICOCHA**

TESIS

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO DE MINAS**

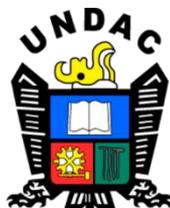
Presentando por:

Bach. COTRINA BARRETO, Christian Erik

Asesor: Ing. FLORES MEJORADA, Rosas

PASCO – PERÚ – 2019

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE
INGENIERÍA DE MINAS**



**“EVALUACIÓN DE MALLAS DE EXTRACCIÓN EN FUNCIÓN DE LA
RECUPERACIÓN Y DILUCIÓN DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN SUB
LEVEL CAVING EN LA MINA YAURICOCHA”**

**Presentando por:
Bach. COTRINA BARRETO, Christian Erik**

**SUSTENTADO EL 03 DE ENERO DEL 2019 Y APROBADO ANTE LA
COMISIÓN DE JURADOS:**

**Mg. Joel Enrique, OSCUVILCA TAPIA
PRESIDENTE**

Mg. Edwin Elías, SÁNCHEZ ESPINOZA

MIEMBRO

Mg. Teodoro Rodrigo, SANTIAGO ALMERCÓ

MIEMBRO

A DIOS

Por permitirme tener tan buena experiencia dentro de la universidad, así mismo darme salud y sabiduría para poder lograr mis objetivos.

A MIS PADRES

Dedico de manera especial a mis Padres Rolando Cotrina Paredes y Miriam Barreto Maccha quienes fueron el principal cimiento para la construcción de mi vida profesional, sentó en mí las bases de responsabilidad, valores y deseos de superación: en ellos tengo el espejo en el cual me quiero reflejar por sus virtudes infinitas cada día los admiro más. Gracias por ese apoyo incondicional.

RESUMEN

En el presente trabajo de tesis se presenta un análisis de costos para optimizar la recuperación del mineral en el método de explotación Sub Level Caving, evaluando las mallas de perforación, en función de la recuperación y dilución de dicho método de explotación, para diferentes anchos de pilares de 4m, 5.5m y 7m con la ayuda del software REBOP; dicha evaluación se lleva a cabo en diferentes zonas de cuerpos mineralizados las cuales son Esperanza, Cata, Rosaura y Antacaca-Sur.

En estos escenarios se lleva a cabo un plan operativo-económico a mediano y largo plazo donde se incluye geología, geo mecánica, método de minado, servicios auxiliares, sostenimiento y ventilación los cuales influirán en la recuperación y dilución del mineral económico así mismo en los costos.

INDICE

DEDICATORIA	
RESUMEN	
INDICE	
INTRODUCCIÓN	

CAPITULO I :

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Identificación y planteamiento del problema	09
1.2. Formulación del Problema	10
1.2.1. Problema General	10
1.2.2. Problemas Específicos	10
1.3. Formulación de Objetivos	11
1.3.1. Objetivo General	11
1.3.2. Objetivos Específicos	11
1.4. Justificación e Importancia de la Investigación	11
1.5. Limitaciones de la Investigación	12
1.6. Lugar donde se desarrolla la Investigación	12

CAPITULO II:

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del Problema	13
2.2. Bases teóricas – Científicas	14
a. Historia y Evolución del método	14
b. Características	15
c. Ventajas y desventajas del método	15
d. Sub Level Caving Mina Yauricocha	17
e. Descripción del método	18
f. Condiciones de Aplicación	20
g. Operaciones Unitarias	21
g.1. Planeamiento	21
g.2. Desarrollo y Preparación	22

g.3. Preparación de las ventanas	24
h. Sondeo del cuerpo del mineral	30
i. Explotación de las ventanas en tajeo	31
2.3. Formulación de Hipótesis	35
2.3.1. Hipótesis General	35
2.3.2. Hipótesis Específicas	35
2.4. Identificación de variables	35
2.4.1. Variables para la hipótesis general	35
2.4.2. Variables para las hipótesis específicas	36
2.5. Definición de Términos	36

CAPITULO III:

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo y nivel de Investigación	39
3.2. Diseño de investigación	40
3.3. Población y Muestra	40
3.3.1. Población	40
3.3.2. Muestra	40
3.4. Métodos de Investigación	41
3.5. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos	41
3.5.1. Técnicas	41
3.5.2. Instrumentos	41

CAPITULO IV:

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

EVALUACIÓN DE LAS MALLAS DE EXTRACCIÓN

4.1. Parámetros geo mecánicos	43
4.2. Modelo Esperanza	46
4.3. Modelo General Esperanza	46
4.3.1. Modelo Esperanza Pilar 4m	48
4.3.2. Modelo Esperanza Pilar 5.5m	50
4.3.3. Modelo Esperanza Pilar 7m	51

4.3.4. Valorización malla de extracción	52
4.4. Modelo Catas	55
4.4.1. Modelo Catas Pilar 4m	55
4.4.2. Modelo Catas Pilar 5.5m	57
4.4.3. Modelo Catas Pilar 7m	58
4.4.4. Valorización malla de extracción	60
4.5. Modelo Rosaura – Antacaca Sur	61
4.5.1. Modelo Rosaura – Antacaca Sur 4m	61
4.5.2. Modelo Rosaura – Antacaca Sur 5.5m	63
4.5.3. Modelo Rosaura – Antacaca Sur 7m	64
4.5.4. Valorización malla de extracción	66
4.6. Modelo Antacaca	67
4.6.1. Modelo Antacaca Sur 4m	67
4.6.2. Modelo Antacaca Sur 5.5m	68
4.6.3. Modelo Antacaca Sur 7m	69
4.6.4. Valorización malla de extracción	72
4.7 Evaluación de Recursos Minerales	73
4.7.1. Recursos Minerales S.L.C. Yauricocha	74
4.7.2. Recursos Minerales Polimetálicos	75
4.7.3. Recursos Minerales Óxidos de Cobre	76
4.7.4. Recursos Minerales Óxidos de plata plomo	78
4.8. Procedimiento de Ejecución para recuperación de pilares y diseño del slot	79
4.8.1. Retiro de Cimbras	79
4.8.2. Perforación Inclinaos más pre – carguío	82
4.8.3. Secuencia de Minado	88

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

INTRODUCCION

La minería subterránea la explotación de cuerpos mineralizados cada vez presenta mayores retos, tales como la profundización, sus características geométricas como forma, tamaño y orientación, para la cual se debe implementar algunos sistemas de sostenimiento para mantener y resguardar la vida de los trabajadores y proteger los equipos mineros; hacer un buen diseño de mallas de perforación y voladura para que en el momento de hacer la voladura de rocas no afectar los límites de los yacimientos y así mismo evitar la dilución.

En Sociedad Minera Corona S.A. Unidad Yauricocha, hay una preocupación constante por optimizar los costos de producción e incrementar el volumen de mineral a un bajo costo; debido a esa preocupación se realiza el siguiente estudio para evaluar el ancho de los pilares más favorables para cada zona mineralizada donde se realiza la explotación por el método Sub Level Caving.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 IDENTIFICACIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

La mina Yauricocha presenta diferentes cuerpos y zonas de explotación entre las que destacan Rosaura, Catas, Antacaca Sur, Antacaca, Mascota y Esperanza, las cuales se explotan mediante el método Sub Level Caving y los cuerpos de Esperanza Distal, Gallito, Brecha los cuales son explotados por Cut and fill, Bench and fill. Dentro de las zonas explotadas por Sub Level Caving se evidencia un diseño que emplea extracción de mineral mediante bolsillos laterales sobre ventanas fortificadas con cimbras las cuales resultan en un excelente sistema de soporte para facilitar la operación de la perforación de producción. Sin embargo, se identifica que el dejar las cimbras sin

removerlas dificulta la interacción y propagación del flujo gravitacional, producto de dejar sobre las cimbras pilares de mineral sin movimiento y sin interacción, lo cual resulta en riesgo operacional para los trabajadores, equipos y procesos, pérdida de recuperación minera y alta dilución, ineficiencia en el proceso de las operaciones unitarias que redundan en baja productividad y altos costos de operación. Es así que basados en las observaciones realizadas de las operaciones unitarias de todo el complejo Yauricocha, tomando en cuenta aspectos geomecánicos y estándares de seguridad, se propone la presente investigación del rediseño de explotación, la secuencia de preparación y explotación de los cuerpos integrando los recursos, infraestructura y capacidades de extracción por nivel con la finalidad de maximizar la rentabilidad de la extracción de minerales comprometidos en cada zona.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1 Problema General

¿Cómo podemos rediseñar el método de explotación que utiliza la mina Yauricocha mediante la evaluación de las mallas de extracción, teniendo en cuenta la recuperación y dilución; que nos permita aumentar la eficiencia del método Sub Level Caving??

1.2.2 Problemas específicos.

- a. ¿Al evaluar las mallas de extracción en términos de recuperación y dilución, podremos rediseñar el método de explotación Sub Level

Caving en la mina Yauricocha, que nos permita aumentar la eficiencia de dicho método?

- b. ¿Al valorizar los recursos minerales para diferentes ritmos de explotación y leyes de cortes, lograremos rediseñar el método de explotación Sub Level Caving en la Mina Yauricocha que nos permita aumentar la eficiencia de dicho método?

1.3 FORMULACIÓN DE OBJETIVOS.

1.3.1 Objetivo General.

Rediseñar el método de explotación que utiliza la mina Yauricocha mediante la evaluación de las mallas de extracción, teniendo en cuenta la recuperación y dilución; que nos permita aumentar la eficiencia del método Sub Level Caving.

1.3.2 Objetivos Específicos.

- a. Evaluar las mallas de extracción en términos de recuperación y dilución, para poder rediseñar el método de explotación Sub Level Caving en la mina Yauricocha, y que nos permita aumentar la eficiencia de dicho método.
- b. Valorizar los recursos minerales para diferentes ritmos de explotación y leyes de cortes, para lograr rediseñar el método de explotación Sub Level Caving en la Mina Yauricocha y que nos permita aumentar la eficiencia de dicho método.

1.4 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación justifica su realización y remarca su importancia toda vez que nos permitirá un rediseño del método de

explotación que utiliza actualmente Yauricocha en base a una nueva secuencia y diseño de explotación, redefiniendo anchos de minado de las ventanas de explotación y programas de preparación/producción ad hoc, esto con el fin de aumentar la eficiencia del método de SLC utilizado y por ende incrementar el valor. Estos aspectos justifican y dan la debida importancia a la realización de la investigación.

1.5 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.

Podemos tener limitación en cuanto a:

- Financiamiento para la elaboración del presente estudio.
- Apoyo de personal capacitado.
- Limitaciones en cuanto al apoyo de la empresa no se han encontrado

1.6 LUGAR DONDE SE DESARROLLARÁ LA INVESTIGACIÓN.

El presente trabajo se ha realizado en las instalaciones de la COMPAÑÍA MINERA CORONA – UNIDAD YAURICOCHA.

Que se encuentra ubicado en:

Distritos: Alis y Laraos.

Provincia: Yauyos

Departamento: Lima

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.

Habiendo hecho una revisión sobre el tema de investigación en el campo de la minería encontramos que hay bastante información sobre estos temas.

Así tenemos los siguientes trabajos realizados en algunas minas como:

- Compañía minera Rosaura
- Compañía minera Cerro SAC.
- Compañía minera Huaron
- Compañía minera Buenaventura
- Compañía minera Minsur etc.
- Compañía minera Casapalca,

- Compañía minera Atacocha,
- Compañía minera Cerro SAC diferentes unidades,
- Compañía minera Horizonte

2.2 BASES TEÓRICAS - CIENTÍFICAS.

Durante el desarrollo de la presente Tesis haremos uso de una serie de información tanto bibliográficos, de campo, que darán evidencia sobre la presente investigación. Dentro de la información que haremos uso tenemos:

a. HISTORIA Y EVOLUCIÓN DEL MÉTODO

El Sublevel Caving es un método basado en la utilización del flujo de gravedad del mineral derrumbado.

En mina Yauricocha se aplica el Método de explotación subterráneo Sublevel Caving desde el 2004.

El método Sub Level Caving nació originalmente como un método aplicable a roca incompetente que colapsaba inmediatamente después de retirar la fortificación. Se construían galerías fuertemente sostenidas a través del cuerpo mineralizado, se retiraba la fortificación y el mineral hundía espontáneamente para luego ser transportado fuera de la mina. Cuando la dilución llegaba a un punto excesivo, se retiraba otra corrida de fortificación y se repetía el proceso.

Este método tenía alta dilución y poca recuperación, pero fue el único aplicable a ese tipo de roca en esos tiempos dada la tecnología involucrada.

En épocas recientes, el método ha sido adaptado a roca de mayor competencia que requiere perforación y voladura. Evidentemente dejó de tratarse de un método de hundimiento en referencia al mineral, pero el nombre original ha perdurado.

b. CARACTERISTICAS

Las características del comportamiento del flujo gravitacional de partículas o fragmentos, que tienen relación con la velocidad de escurrimiento o relajación son:

1. Partículas más finas y redondeadas, fluyen más rápidamente.
2. Partículas más gruesas y angulosas, fluyen más lentamente.
3. Partículas más finas conforman elipsoides más esbeltos.
4. Partículas más gruesas y angulares conforman elipsoides más anchos.

Por lo tanto, si existe una disposición de fragmentos cuya parte superior es de partículas gruesas y angulosas y en su parte inferior partículas finas y redondeadas, entonces, la parte inferior fluirá más rápidamente, es decir, con mayor movilidad que la parte superior y viceversa.

c. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL MÉTODO.

VENTAJAS:

- ✓ Es un método de explotación de bajo costo – 5.92 a 8.5 US\$/t.
- ✓ El método puede ser aplicado en roca "de roca buena a muy mala"
RMR 12 - 40
- ✓ Puede adecuarse a cuerpos irregulares y angostos.

- ✓ Es un método seguro ya que todas las actividades se realizan siempre dentro de las galerías debidamente fortificadas y nunca en caserones abiertos.
- ✓ Dadas las características de configuración y de operación, este método es altamente mecanizable, permitiendo importantes reducciones de costos operativos.
- ✓ Todas las actividades que se realizan son especializadas, simplificándose el entrenamiento y mano de obra requerida.
- ✓ Al no quedar pilares sin explotar, la recuperación puede ser alta.
- ✓ El método es aplicable a recuperación de pilares en faenas ya explotadas.
- ✓ La estandarización y especialización de las actividades mineras y del equipamiento permite una alta flexibilidad de Se puede llevar la perforación adelantada lo que da holgura en caso de imprevistos.
- ✓ Efectuar los desarrollos en mineral, permite obtener beneficios en el corto plazo e incluso en el periodo de preparación. Además permite un mejor reconocimiento del cuerpo mineralizado y disponer de mineral para efectuar pruebas y ajustes de los procesos metalúrgicos involucrados.

DESVENTAJAS:

- Se debe admitir un cierto grado de dilución del mineral.
- Se debe implementar un control de producción acucioso.
- Existen pérdidas de mineral; al llegar al punto límite de extracción, el mineral altamente diluido remanente se pierde, además se pueden

generar zonas pasivas, es decir, sin escurrimiento, lo que implica pérdidas.

➤ El método requiere un alto grado de desarrollos.

Al generarse el hundimiento, se produce subsidencia, con destrucción de la superficie, además, las labores permanentes como chimeneas de ventilación y rampas deben ubicarse fuera del cono de subsidencia requiriéndose mayor desarrollo.

d. SUBLEVEL CAVING MINA YAURICOCHA

- Elipsoides múltiples en operación
- Uso de cimbras
- Uso de scoop de 2.2, 3.5 y 4.0 yd³
- Producción de 700 tm/ gdia

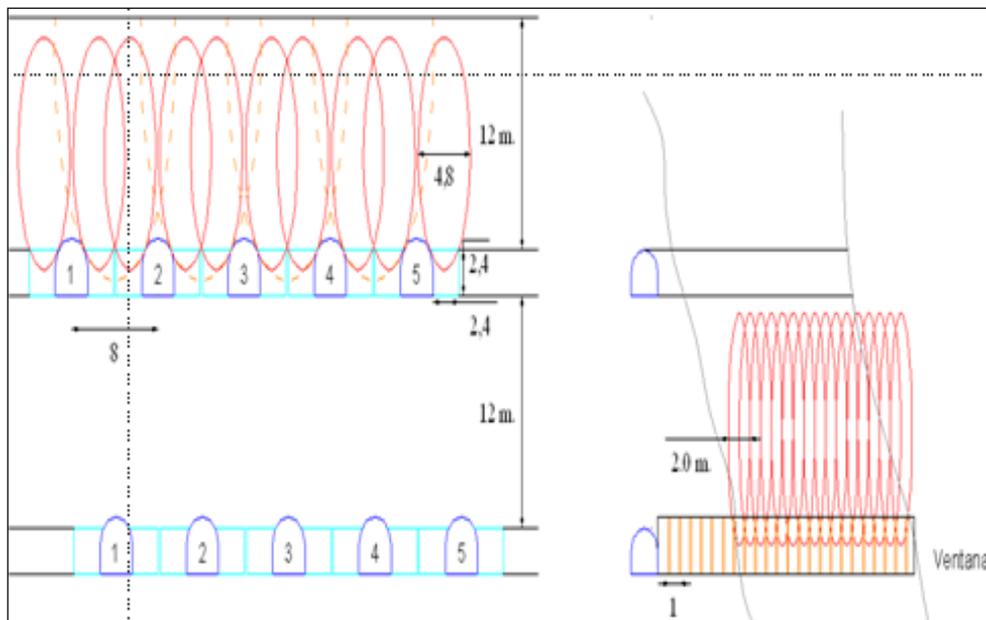


Fig. N°1

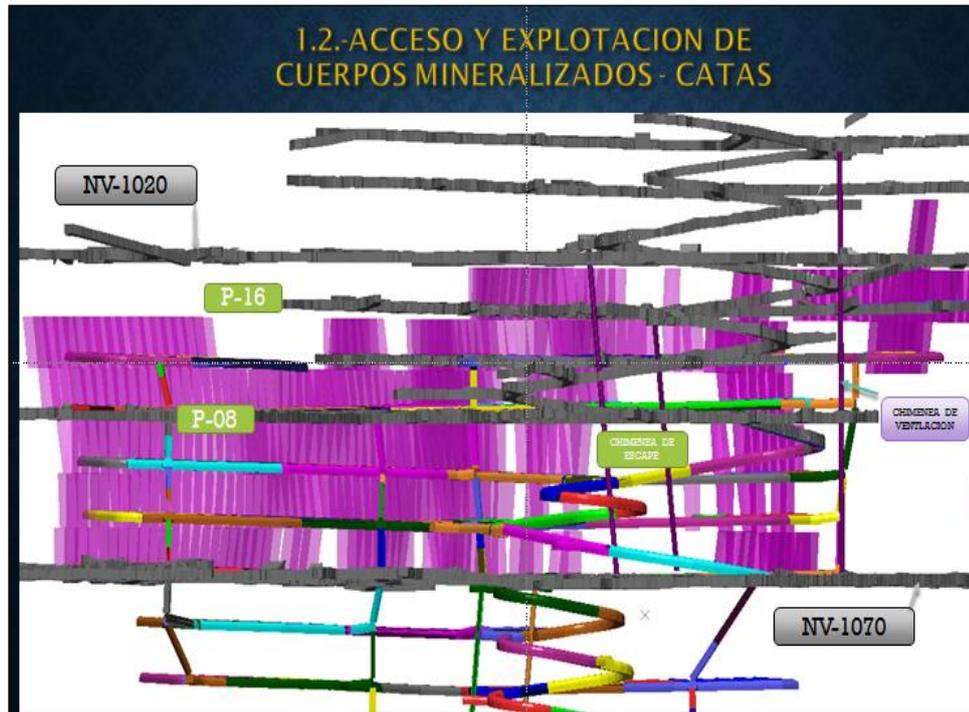


Fig. N°2

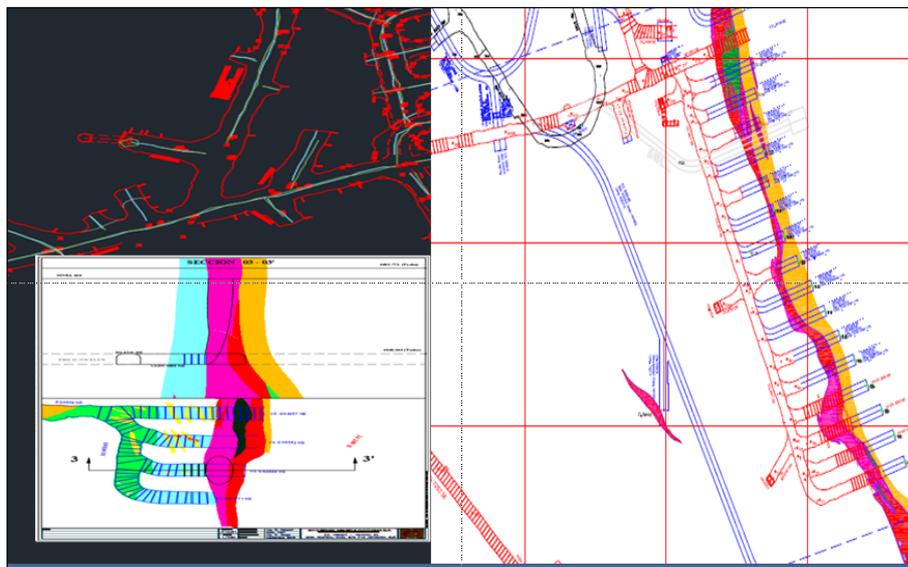


Fig. N°3

e. DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO HUNDIMIENTO POR SUBNIVELES

En el método hundimiento por subniveles se desarrollan accesos paralelos separados generalmente de 8 a 15 m. en la horizontal, conocidas como ventanas de producción o *draw points*. Los

subniveles se ubican a través del cuerpo mineralizado en intervalos verticales que varían, en la mayoría de los casos, de 6 a 20 m, dependiendo de las condiciones del macizo rocoso y de la disponibilidad de equipos a utilizar. La explotación queda de este modo diseñada según una configuración geométrica simétrica. El acceso a los subniveles es por medio de rampas comunicadoras.

El método hundimiento por subniveles se aplica generalmente en cuerpos subverticales como vetas, brechas y diques. También puede ser aplicado en cuerpos horizontales o subhorizontales que sean de gran potencia.

La configuración de los subniveles se puede adecuar a los distintos cuerpos y a formas irregulares, se distinguen dos configuraciones principales: En cuerpos anchos se usa una configuración transversal, cuando el cuerpo es angosto esta configuración es impracticable, por lo que las ventanas deben girarse en la dirección del cuerpo adoptando una configuración longitudinal.

Las características del método son:

- Es un método de minado masivo y no es selectivo.
- Consiste en extraer mineral produciendo un flujo gravitacional continuo provocado por la perforación y voladura de taladros largos, generando hundimiento en el área mineralizada.
- Aplicable por las condiciones geomecánicas favorables (RMR: 15-35).

- El objetivo de este método es recuperar un alto volumen de producción de mineral a un bajo costo.
- Es un método completamente seguro por las fortificaciones en los puntos de extracción que genera el mayor costo de la operación.

f. CONDICIONES DE APLICACIÓN DEL MÉTODO HUNDIMIENTO POR SUBNIVELES

Se aplica bajo las siguientes condiciones:

- Generalmente es aplicado en cuerpos verticales masivos y en depósitos que tienen grandes dimensiones y alto buzamiento.
- Los minerales adecuados para el empleo de este método son los de resistencia media, quebradizos y bien estratificados que permitan poner al descubierto una superficie relativamente grande y que se derriben con facilidad, sea con explosivos o por sí solos debido a la presión del techo.
- Los límites del yacimiento deben ser regulares.
- Debido a las pérdidas de mineral se aplica este método sólo en minerales de valor medio y que no presenten problemas en el tratamiento metalúrgico.
- El método resulta especialmente favorable para yacimientos de gran volumen.
- El yacimiento debe ser muy potente y poseer una gran extensión horizontal pues de ésta forma la presión del techo es mayor y el hundimiento será uniforme.

- El método se aplica para yacimientos que no requieren de clasificación.
- Los requerimientos mínimos para la estabilidad del mineral exigen que la ventana de producción deba sostenerse firmemente.
- El acarreo permite que la extracción del mineral sea continua.
- La dilución es el factor que influye en la aplicación de hundimientos por subniveles. El método es preferido para yacimientos en los cuales el mineral económico sea fácilmente hundible.

g. OPERACIONES UNITARIAS

g.1 Planeamiento

El método hundimiento por subniveles es sistemático y requiere de un minucioso trabajo de planeamiento y diseño antes de iniciar las operaciones. El desarrollo, producción y extracción son actividades realizadas en diferentes frentes, cada uno de los cuales es una operación continua independiente de los otros, estando un frente siempre disponible para la operación. Estos son factores que obligan que el método sea mecanizado y eficiente.

Una planificación razonable de hundimiento por subniveles depende del nivel de conocimiento de los parámetros especiales para este método y sobre todo para el flujo de mineral por gravedad, probablemente la fragmentación del mineral juegue el papel más importante ya que decide la forma del flujo gravitatorio.

Un punto crítico es la desviación de los taladros que debe ser controlada con la precisión para obtener un grado de fragmentación adecuado. Para resolver los problemas difíciles de hundimiento por subniveles en especial los problemas de dilución y pérdida de mineral se realizan estudios en laboratorios y pruebas in-situ.

Se ha demostrado que el flujo gravitatorio de roca quebrada y de mineral es de forma elíptica, es decir de todas las rocas que forman la elipse convergen simultáneamente al punto de extracción.

La ventilación en este método se constituye en un problema de difícil solución. La instalación de mangas de ventilación para cada ventana se hace imprescindible.

g.2 Desarrollo y Preparación

Los trabajos de desarrollo y preparación son los de mayor exigencia y de mayor duración, pues ello depende una cantidad relativamente extensa de construcciones iniciales que son determinados por el tiempo que dure la explotación o la vida de la mina. Estos mismos son diseñados de acuerdo a las características del yacimiento, equipos a utilizar y valorización total del proyecto en función a la producción que se estime extraer diariamente.

Las preparaciones que se diseñan según el estándar son:

- Rampa de comunicación (4.0m de ancho por 4.0m de alto), que está ubicado en la zona de mayor competencia de la masa rocosa por su característica permanente en todo lo que dure la vida de la mina y permita el tránsito de volquetes.

- Subnivel de extracción (3.5m de ancho por 3.0m de alto), que se puede desarrollar tanto en la parte estéril como dentro del cuerpo de mineral puesto que es acceso directo porque a partir de él se abrirán ventanas de producción o draw points.

- Labores de servicios con la finalidad de dar mayor fluidez a los servicios auxiliares para la operación, como chimeneas de ventilación (1.5m x 1.5m), chimeneas de servicios (1.5m x 1.5m) o caminos.

- Cámaras de acumulación de mineral y de desmonte (4.0m de ancho por 4.0m de alto), que sirven para aliviar el material que se evacua desde las ventanas de producción y a la vez acelerar el ciclo de minado.

- Cámaras de carguío, que son diseñadas de manera técnica y segura con dos entradas, una para el equipo de bajo perfil que tiene que descargar desde una altura prudente (3.5m de ancho por 3.0m de alto) y el otro para el estacionamiento y carga del volquete (4.0m de ancho por 4.0m de alto).

La perforación de cada una de estas labores se realiza con Jumbo electrohidráulico Rocket Boomer 281 de un sólo brazo de 14 pies de longitud de barra de marca Atlas Coopco.

- Presión aire: 6 Bar.
- Presión de agua: 10 – 12 Bar.
- Presión de percusión alta: 180 Bar.
- Presión de percusión baja: 130 Bar.
- Presión rotación: 40 – 70 Bar.
- Presión avance alta: 80 – 90 Bar. Regulable.
- Presión avance baja: 40 Bar. Fijo.
- Velocidad de penetración: 32 m/hr.
- Longitud de barra: 3.0mts.
- Diámetro de broca: 45m.m.
- Martillo (Cop): 1238

La voladura se realiza con dinamitas según despacho de polvorín. Para la limpieza se utiliza scooptrams diesel de 4.2 yd³ y 6 yd³, hasta una distancia que sólo se involucra en los precios unitarios, mientras que la evacuación hasta el botadero de desmonte se realiza con volquetes de 30 toneladas desde las cámaras de carguío.

g.3 Preparación de las Ventanas

a) Perforación

La perforación se realiza con perforadoras neumáticas manuales tipo *Jackleg*. Las perforadoras neumáticas son accionadas por aire comprimido, el aire debe mantenerse constante entre 60 a 70 lbs/plug², los taladros resultantes son de 36mm de diámetro y de 6 pies de longitud. El uso de estos equipos de perforación

manuales, obviando el uso de jumbos como en el caso de otras preparaciones se debe directamente a la distribución de trabajos entre empresas especializadas y los precios unitarios que implican la valorización por tipo de labor. Según las condiciones del cuerpo de mineral como Roca Tipo V, la malla de perforación es la siguiente:

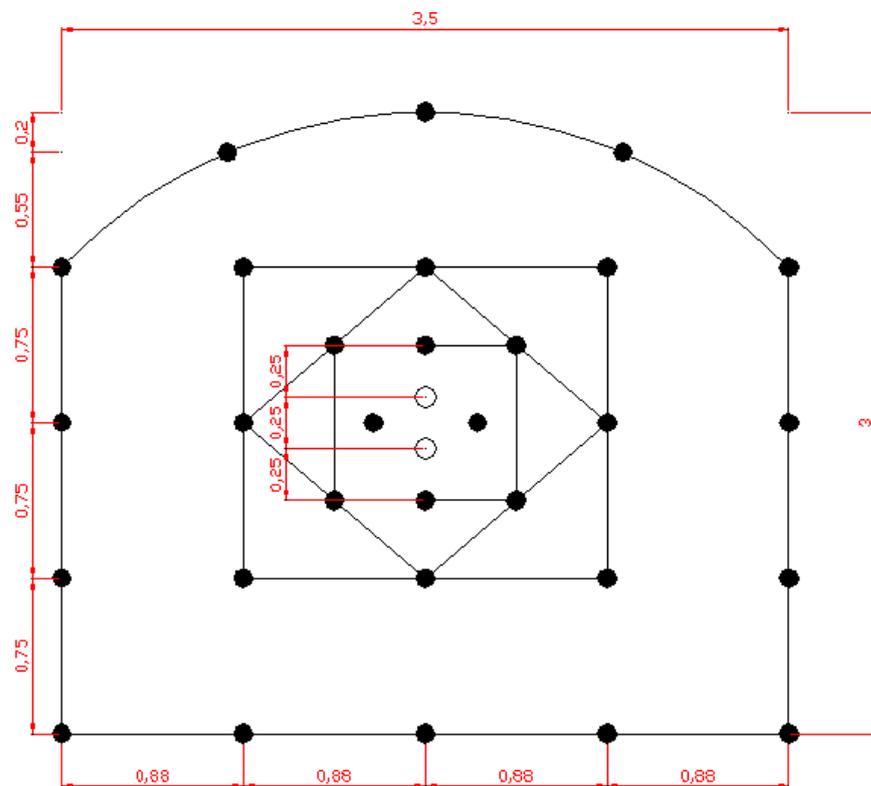


Fig. N° 4

b) Voladura

Para la preparación de las ventanas perforadas con Jackleg se utiliza cartuchos de Gelatina Especial 75% y Semexa 60%, ambos de 7/8" x 7", con detonadores no eléctricos de retardo Exel SS amarrados a cordón detonante y éste a su vez a la mecha de seguridad o guía blanca; en terreno duro o húmedo se utiliza dinamita gelatinosa, aproximadamente se carga 7 a 8

cartuchos por taladro dependiendo del tipo de terreno y la distribución del taladro.

La distribución de la voladura es como se indica:

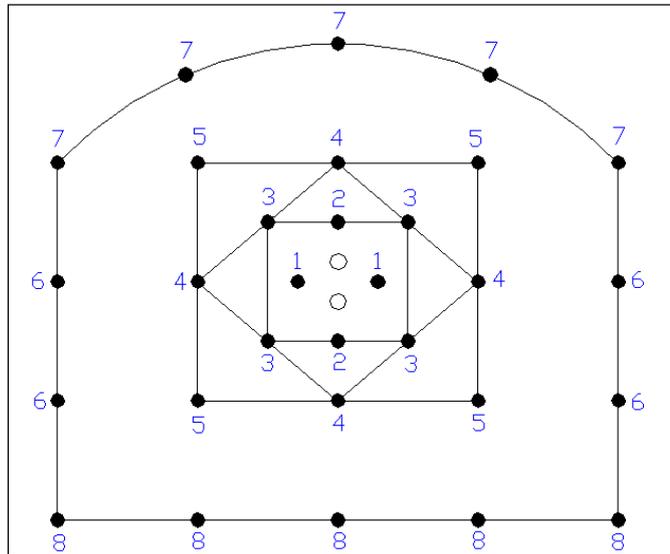


Fig.Nº5

	SALIDA	Nº TAL	Kg EXPLO	Kg/TAL
ALIVIO		2		
ARRANQUE	1 y 2	4	2.844	0.711
1º AYUDA	3	4	2.528	0.632
2º AYUDA	4	4	2.212	0.553
AYUDA DE CUADRADOR	5	4	2.212	0.553
CUADRADORES	6	4	1.896	0.474
CORONA	7	5	1.975	0.395
ARASTRE	8	5	2.765	0.553
	TOTAL	32	16.432	

Tabla Nº 1

Resumen:

LONGITUD DEL TALADRO: 6 pies
DIAMETRO DEL TALADRO: 36mm
AVANCE POR DISPARO: 1.6m
CARTUCHOS/TALADRO: 7
LONGITUD DEL CARTUCHO: 7 pulgadas
DIAMETRO DEL CARTUCHO: 22.2mm
PESO DE CARTUCHO: 0.079Kg
FACTOR DE CARGA: 0.30Kg/Ton

c) Sostenimiento

Esta actividad se realiza con *Cimbras* espaciadas a 5 pies o 1.5 m, tipo de sostenimiento que se aplica cuando la roca no favorece a la excavación, por el que se requiere necesariamente de elementos con gran poder de resistencia.

Tiene los siguientes elementos:

- Fabricado en viga H6" de dos cuerpos.
- Material de acero.
- Templadores $\frac{3}{4}$ " de 1.70 mt rosca de 10cm (en ambos cuerpos) con respectivas tuercas y contratueras.
- Pernos de 2" x $\frac{7}{8}$ " de diámetro para planchas de unión.
- Planchas de 8" x 8" x $\frac{1}{2}$ " en acero

Estándares y procedimientos de trabajo:

Uso EPP obligatorio: protector (casco), botas con puntera de acero, guantes, mameluco con cintas reflectoras, respirador contra gases y polvo, tapón auditivo, correa porta lámpara, lámpara, lentes de seguridad, arnés de seguridad, lentes para soldar.

Requerimientos:

- Tener en cuenta Línea de Centro para radio de curvatura.
- Preparado de patillas en el piso de 30 cm, si fuera suave el piso colocar soleras.
- Preparado de andamios con tablones de 2" x 8" x 15'.
- Personal requerido mínimo de 03 hombres más 02 de apoyo.

- Contar con las herramientas necesarias: Scooptram, Equipo de Perforación, Estación Total, Motosierra, Juego de barretillas de 4', 6', 8', 10' y 12 pies, Cimbra de 02 piezas H-6", Pernos de cimbra de $\frac{3}{4}$ ", con sus respectivas tuercas y distanciadores, Planchas acanaladas, puntales y Tablas, Juego de barrenos, Llave francesa de 12", Flexómetro, Cordel, Pintura, Escalera metálica, Llave de boca de 14", Lampa, Pico, Bolsacretes.

Procedimiento de Trabajo:

1º Inspección de la zona a sostener, verificando la ventilación, desate de roca y sostenimientos anteriores.

2º Contar con cuadrillas de cuatro a cinco trabajadores, más un Capataz, con suficiente experiencia en colocado de cimbras, maestros y ayudantes que tengan mínimo tres años de experiencia.

3º Excavar (0.3 m) las cavidades para las zapatas de acuerdo a las dimensiones diseñadas en el plano.

4º Levantar cada uno de los componentes de la cimbra y unir las partes con los pernos centrales; luego colocar los tirantes espaciadores a la cimbra adyacente.

5º Fijar las cimbras levantadas con elementos de apoyo a los hastiales de la labor.

6º Cubrir el arco con encostillados de tablas de 2" x 6" x 5' y dejando libre los hastiales una altura de 1.50 m desde el piso,

sujetando la primera tabla con ángulos de madera denominados *carritos*.

- Recordar que no se rellenan las cavidades restantes entre la cimbra y el techo con bolsacrete o tamales.
- Se paraliza cuando no hay personal capacitado, suficiente personal para levantar la cimbra, por falta de ventilación adecuada o cuando no se cumpla algún paso del procedimiento.

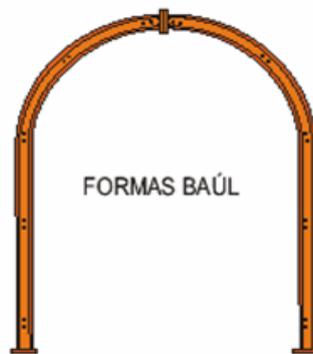


Fig. N°6 Cimbra 3.5m x 3.0m utilizada en las Ventanas

d) Limpieza

La limpieza se realiza con scooptram diesel de 2.5 yd³ de capacidad de cuchara, pero para acelerar el ciclo de minado se puede evacuar mediante el apoyo de equipos de mayor capacidad hasta 4.2 yd³, puesto que se puede aceptar el ingreso a un ancho de 3.5m por una altura de 3.0m, teniendo mayor cuidado sólo en la entrada para no afectar las patas de las cimbras al golpearlas y desubicarlas.

e) Preparación de Tapón

Finalmente se prepara una barrera o tapón al fondo de la ventana con redondos o aserrados con patilla de 0.3 m

colocados verticalmente y clavados con tablas de 2" x 6" x 7' y sin luz de abertura, de manera que no se permita el escurrimiento o soplo de la carga del fondo cuando empieza el hundimiento y pueda garantizar un trabajo seguro durante la perforación o exposición de personal y maquinaria dentro de la ventana.

h. Sondeo del Cuerpo de Mineral

Teniendo la ventana de producción completamente preparada y segura, se procede a realizar perforaciones con el minijumbo neumático "colibrí" de 3 a 5 taladros cada dos cimbras para la exploración o sondeo del cuerpo de mineral para obtener lo siguiente:

- a) Verificar la conformidad de mineral y los límites del cuerpo.
- b) Obtener las leyes aproximadas por cada fila.
- c) Cubicar el volumen que se conseguirá explotar.
- d) Conseguir información geomecánica como RMR y resistencia a la compresión con la velocidad de perforación.

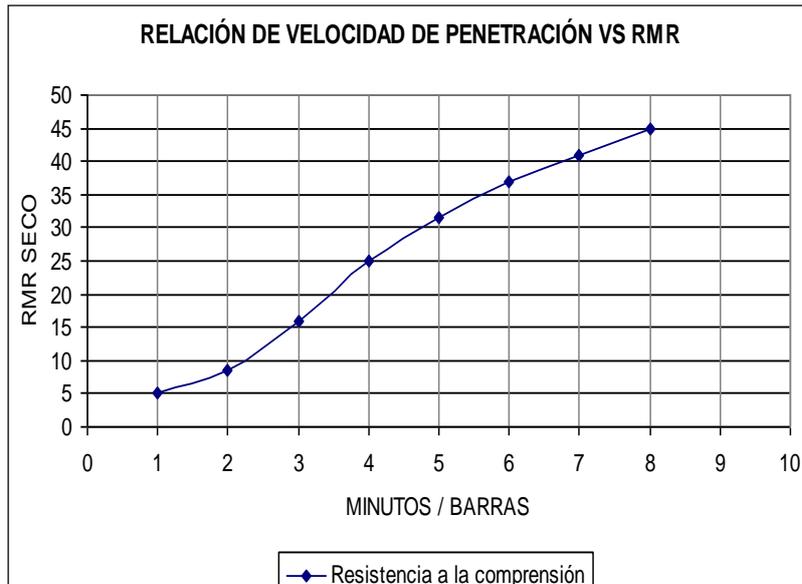


Fig. N°7

i. Explotación de las Ventanas en Tajeo

a) Perforación

La perforación de taladros largos para realizar el tajeo se realiza con un equipo neumático

El diseño de perforación es la siguiente:

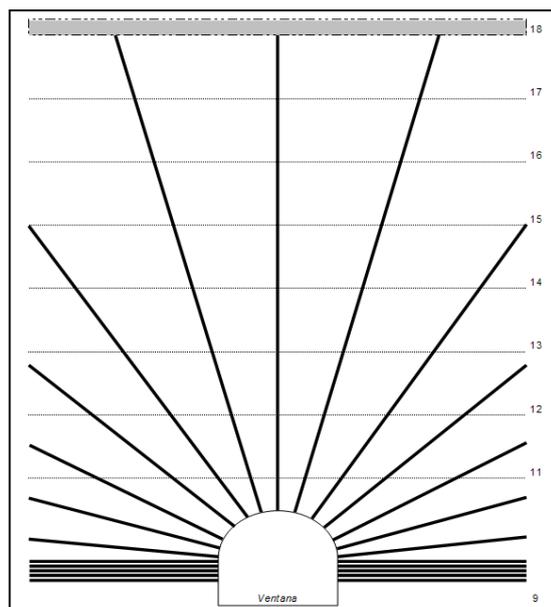


Fig. N°8 Vista de perfil

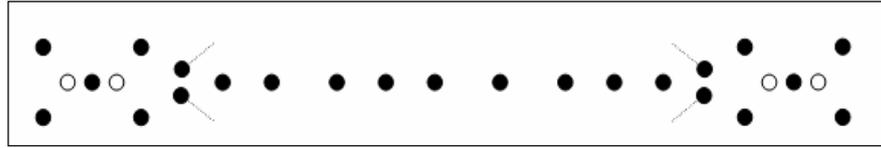


Fig. N°9 Vista en planta

b) Voladura

La voladura es de suma importancia para la explotación de las ventanas de producción, ya que esto implica que el resultado debe mantener la estabilidad de las siguientes filas que quedan por disparar en el cuerpo de mineral y además no debe afectar a las cimbras que mantienen seguro el punto de extracción de mineral.

La voladura se realiza con cartuchos de dinamita Semexsa 65% de 1 1/2" x 12', la misma para el encebado con detonadores no eléctricos de retardo Exel para taladros largos, enganchados a cordón detonante 5G, luego la mecha de seguridad o guía blanca y finalmente a la mecha rápida. Para cuidar que ingrese al taladro la cantidad requerida de material explosivo y pueda confinarse se utiliza tubos de PVC de 2" de diámetro que ayudan a fijar la carga explosiva sin dejar que resbale o caiga. Se debe de considerar que primero se disparan ambos bolsillos simultáneamente y luego se va avanzando hasta concluir del taladro del centro de la fila.

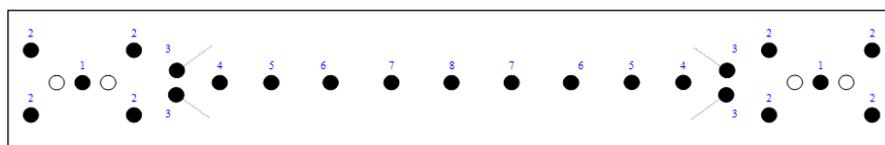
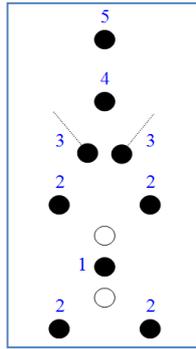


Fig. 10 Inicio en salida del bolsillo

:



El bolsillo se dispara primero para poder generar una cara libre lo suficientemente amplia y provocar que un sólo taladro cargado pueda completar la salida de la siguiente columna.

	SALIDA	Nº TAL	Kg EXPLO	Kg/TAL
ALIVIO		4		
ARRANQUE	1	2	15.04	7.52
CUAD. BOLSILLO	2	8	60.16	7.52
AYUDA	3	4	27.072	6.768
1º TALADRO	4	2	15.04	7.52
2º TALADRO	5	2	18.8	9.4
3º TALADRO	6	2	26.32	13.16
4º TALADRO	7	2	30.08	15.04
5º TALADRO	8	1	16.92	16.92
TOTAL		27	209.432	

Tabla N°2

Resumen:

<i>TIPO DE ROCA: TIPO V</i>
<i>LONGITUD DEL TALADRO: hasta 20m</i>
<i>DIAMETRO DEL TALADRO: 51mm</i>
<i>AVANCE POR DISPARO: 2m</i>
<i>CARTUCHOS/TALADRO: 27</i>
<i>LONGITUD DEL CARTUCHO: 12 pulgadas</i>
<i>DIAMETRO DEL CARTUCHO: 38.1mm</i>
<i>PESO DE CARTUCHO: 0.367Kg</i>
<i>FACTOR DE CARGA: 0.35Kg/Ton</i>

c) Extracción y Limpieza

El chuteo se realiza por los bolsillos y no por el techo, puesto que es sumamente peligroso la exposición del personal y equipos. La

limpieza es continua a partir del disparo de la primera fila hasta concluir, se ejecuta con scooptram diesel de 3.5 yd³ de capacidad de cuchara y se puede permitir el ingreso de scoops hasta de 4.2 yd³, siempre en cuando se tengan los cuidados que se mencionaron anteriormente.

El equipo LHD que se utiliza con las características:

Equipo: Scooptram Diesel

Marca: Jarvis Clark

Modelo: ST 120

Capacidad: 3.5 yd³

Año: 1999 (Over Haul completo 2007)

Motor: Clark R28321

El costo de limpieza asiente a 1.64 \$/Ton.

d) Transporte

La evacuación de mineral desde las ventanas concluye en la cámara de acumulación CA-8357-N, esto para acelerar el ciclo de minado; a la vez, desde esa cámara otro scooptram diesel de 4.2 yd³ de capacidad de cuchara transporta el material hacia la cámara de carguío CA-8010-NE con el objetivo de cargar al volquete estacionado en la cámara CA-8008-NE.

El volquete de 30 Ton de capacidad de tolva transporta la carga de mineral desde el punto de carguío.

2.3 FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS.

2.3.1 Hipótesis General

Si rediseñamos el método de explotación que utiliza la mina Yauricocha mediante la evaluación de las mallas de extracción, teniendo en cuenta la recuperación y dilución; lograremos aumentar la eficiencia del método Sub Level Caving.

2.3.2 Hipótesis específicas

- a. Al evaluar las mallas de extracción en términos de recuperación y dilución, podremos rediseñar el método de explotación Sub Level Caving en la mina Yauricocha, que nos permita aumentar la eficiencia de dicho método
- b. Al Valorizar los recursos minerales para diferentes ritmos de explotación y leyes de cortes, lograremos rediseñar el método de explotación Sub Level Caving en la Mina Yauricocha que nos permita aumentar la eficiencia de dicho método.

2.4 IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES.

2.4.1 Variables para la hipótesis general

- **Variable Independiente:**

Rediseño del método de explotación que utiliza la mina Yauricocha.

- **Variable Dependiente:**

Aumento de la eficiencia del método Sub Level Caving

2.4.2 Variables para las hipótesis específicas

- **Para la hipótesis a.**

Variable independiente

Evaluación de las mallas de extracción del método de minado

Variable dependiente

Aumento de la eficiencia del método Sub Level Caving.

- **Para la hipótesis b.**

Variable independiente

Valorizar los recursos minerales para diferentes ritmos de explotación.

Variable dependiente

Aumento de la eficiencia del método Sub Level Caving.

2.5 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

Método de explotación

Es el modo de dividir el cuerpo mineralizado en sectores aptos para la explotación de una mina.

Subnivel

Labor de acceso y de preparación para trabajar en el cuerpo. Se hace siempre a unos metros sobre el nivel principal, para extraer el mineral. Su salida es por el nivel principal y para corto tiempo de funcionamiento. También se le denomina nivel secundario.

Hundimiento

Fracturamiento de mineral y de la caja circundante bajo condiciones controladas en donde el material roto llena los espacios vacíos

creados y los derrumbes continuos son esenciales para provocar la extracción por flujo gravitacional continuo.

Sublevel caving

Término en inglés, representa al método de explotación en donde el cuerpo es dividido en subniveles o espacios verticales proporcionalmente a las condiciones del terreno y se realizan aperturas transversales desde las cuales se ejecutan perforaciones en taladros largos con trazo en abanico o en paralelo para derribar el mineral y subsidencia del cuerpo, permitiendo flexibilidad y alta capacidad de extracción.

Cuerpo de Mineral

Forma vertical del mineral que se encuentra en el subsuelo, en extensiones grandes de seis a quince metros de ancho, indefinidos y voluminosos.

Planeamiento

Acciones preparatorias, para llevar a cabo todo el trabajo en la mina con el fin de extraer el mineral durante un año calendario considerando el personal, campamento, maquinaria, costos y ganancias.

Trackless

Sistema de minería subterránea mecanizada donde se trabaja con maquinaria pesada o maquinaria sobre ruedas como scoops, jumbos, wincha de arrastre, volquetes.

Reserva de Mineral

Es la cantidad de mineral económicamente explotable con leyes superiores al Cut Off.

Cimbra

Elemento de sostenimiento pasivo o de soporte utilizado generalmente en condiciones de masa rocosa muy fracturada o muy débil. Construidas con perfil de acero según los requerimientos de forma y sección de la excavación.

Dilución

Es la disminución de la Ley de cubicación por la presencia de rocas estéril.

Relleno Hidráulico

Mezcla de relaves granulados con agua y cemento que se utiliza en minas mecanizadas.

Loza

Relleno hidráulico en proporción de seis partes de cemento por una parte de relave, que en fraguado tiene una consistencia muy concreta

CAPITULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1 TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN.

El presente trabajo de investigación es de carácter **APLICATIVO**, conforme a los propósitos y naturaleza de la investigación; el estudio se ubica en el nivel descriptivo, explicativo y de correlación siguiendo la siguiente secuencia:

ETAPA DE GABINETE.

- Se organizo y recolecto la información necesaria.

ETAPA DE CAMPO.

- Se hizo la toma de datos
- La caracterización geomecánica.
- El diseño.

ETAPA DE GABINETE.

- Se ordeno, proceso, analizo e interpreto toda la información geomecánica.
- Se realizo el diseño de las excavaciones.

Como se muestra en el presente cuadro



Elaboración: Fuente Propia

Fig. N°11

3.2 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.

El diseño que utilizare en la investigación será por objetivos conforme al esquema siguiente, conforme al esquema siguiente:

- OG = OBJETIVO GENERAL
- HG = HIPÓTESIS GENERAL
- CG = CONCLUSIÓN GENERAL

3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA.

3.3.1 Población

La población está constituida por todas las labores mineras que están en plena operación en la Compañía Minera Corona S.A. – Unidad Yauricocha.

3.3.2 Muestra

La muestra será las labores que están en explotación mediante el método Sub Level Caving, es ahí donde se realizará toda la

investigación y se extraerá todos los datos necesarios para la presente investigación.

3.4 MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN.

A efectos de abordar todos los factores que intervienen en el problema planteado, se empleó métodos: inductivo, deductivo, análisis, síntesis.

3.5 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

3.5.1 Técnicas

Las principales técnicas que utilizaré en la investigación es:

- Entrevistas y Encuestas
- Análisis Documental
- Observación

3.5.2 Instrumentos

Los principales instrumentos que utilizare en la investigación son:

- Guía de entrevista
- Cuestionario
- Guía de Análisis Documental
- Guía de Observación
- Técnicas de procesamiento y análisis de datos

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

EVALUACIÓN DE LAS MALLAS DE EXTRACCION.

En este capítulo se presenta el análisis de diferentes mallas de extracción, en donde se evaluará el ancho de pilar entre las ventanas de explotación para las zonas Esperanza, Catas, Rosaura y Antacaca-Sur. Los diferentes escenarios son evaluados en términos de dilución y recuperación minera en base al modelamiento de estas zonas en modelos de flujo gravitacional utilizando el software REBOP. Los anchos de pilares a evaluar son 4m, 5.5m y 7m.

El desarrollo del modelo de flujo gravitacional para cada sector minado por Sub Level Caving permitirá definir los parámetros de recuperación y dilución en función de las características geomecánicas del macizo

rocoso, zona mineralizada, caja techo y caja piso; considerando además niveles ya explotados y la presencia de agua.

El software empleado para realizar el modelo de flujo gravitacional, REBOP, muestra cómo actúa el flujo gravitacional bajo distintos diseños de pilares y ventanas de explotación con la finalidad de determinar el mejor diseño para cada sector balanceando la recuperación, dilución y estabilidad de los módulos.

4.1 Parámetros geomecánicos

Se emplearon parámetros geomecánicos brindados en los informes “2. Estudio actualizado de Estabilidad Física de los Piques Mascota y Central-Osinergmin” y “10.-Zonificación G. Nv-1020 A2”, y para los parámetros faltantes se empleó valores obtenidos a partir de benchmark y escalamiento (Recursos Norte – El Teniente).

Tabla 3: Parámetros geomecánicos modelo flujo gravitacional

Parámetros		Valor Medio*
RMR	Zona Techo	IVB
	Zona Piso	IIIA
	Zona Mineral	IVA
	Zona Explotada	IVA
	Zona Barro	V
Granulometría (d50 [m])*	Zona Techo	0.17
	Zona Piso	0.4
	Zona Mineral	0.4
	Zona Explotada	0.1
	Zona Barro	0.05
Granulometría (Desv. Est. [m])*	Zona Techo	0.05
	Zona Piso	0.17
	Zona Mineral	0.05
	Zona Explotada	0
	Zona Barro	0
Porosidad (%)*	Zona Techo	0.5
	Zona Piso	0.07
	Zona Mineral	1.96
	Zona Explotada	17
	Zona Barro	22
Densidad (t/m3) ^o	Zona Techo	3.8
	Zona Piso	3.8
	Zona Mineral	3.8
	Zona Explotada	1.8
	Zona Barro	1.4
UCS (Mpa)*	Zona Techo	30
	Zona Piso	40
	Zona Mineral	30
	Zona Explotada	0
	Zona Barro	0
Angulo de Fricción (°) ^o	Zona Techo	40
	Zona Piso	45
	Zona Mineral	35
	Zona Explotada	32
	Zona Barro	15

Es importante señalar que la información geomecánica esta subdividida en diferentes zonas: techo, piso, mineral, explotado y barro, tomando en cuenta que cada una de estas zonas poseen características distintas. En particular, las zonas de barro dicen relación con todas las zonas que han sido reportadas con presencia

de agua, esto es determinado en base a la información de “soplos” en diferentes sectores de Yauricocha

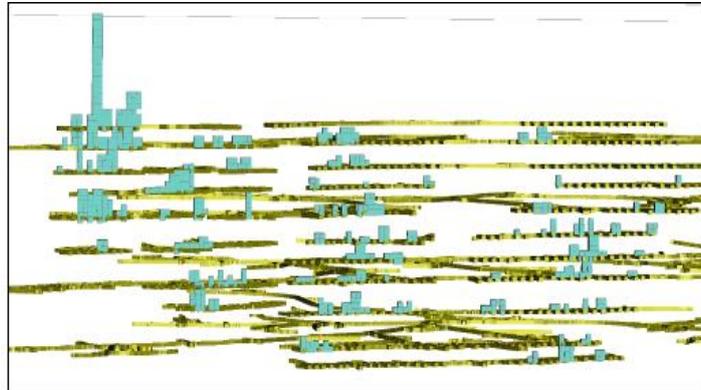


Fig N° 12: Zonas con presencia de agua

Toda esta información es cargada en REBOP como información adicional al modelo de bloques utilizado para Yauricocha, de tal manera de tener caracterizadas estas diferentes zonas. El modelo de bloques considera bloques de 4m de arista y son evaluadas en forma separada para los sectores Esperanza, Catas, Rosaura y Antacaca-Sur.

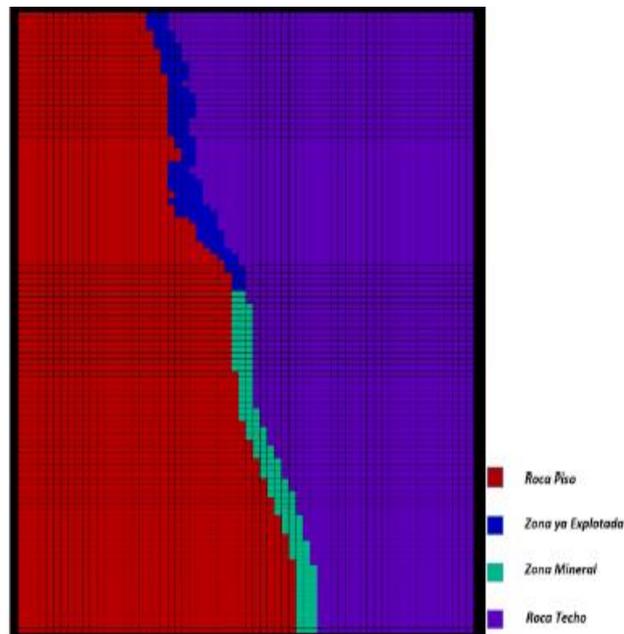


Fig. N°13 Modelamiento en REBOP Antacaca, Rosaura (vista lateral)

4.2 MODELO ESPERANZA

El modelo de flujo gravitacional de Esperanza es generado en base al modelo de bloques entregado para este estudio. Este modelo fue rebloqueado a bloques de 4m de arista, adicionando la información geomecánica anteriormente expuesta.

4.3 MODELO GENERAL ESPERANZA

Como primera evaluación, se realiza una prueba con resultados preliminares para comprobar el correcto funcionamiento del modelo. Para esto, se seleccionan todos los niveles no explotados en el modelo de bloques, en donde cada nivel de explotación se encuentra espaciado cada 16 metros. Además, se sitúan puntos de extracción contiguos (sin pilar) para simplificar la evaluación preliminar.

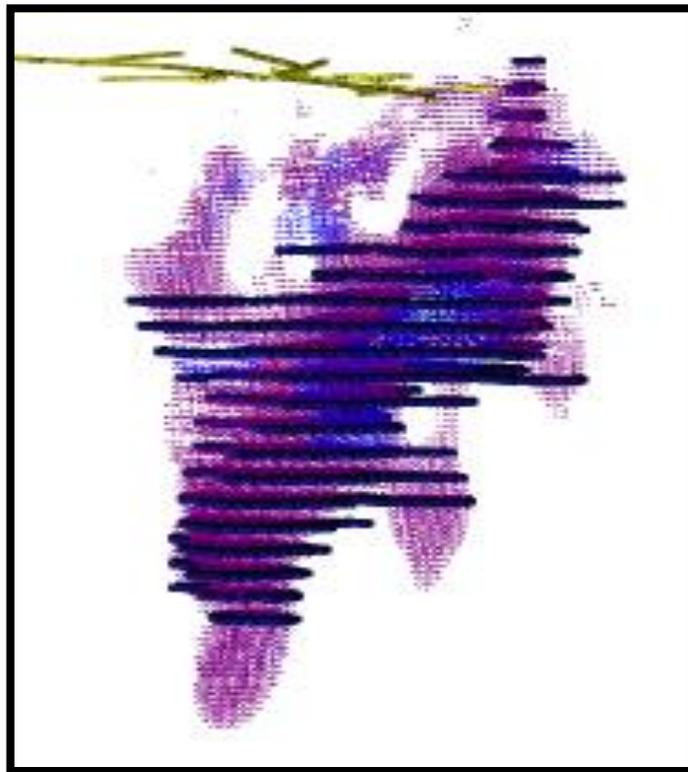


Figura N°14:

Niveles seleccionados para evaluación general

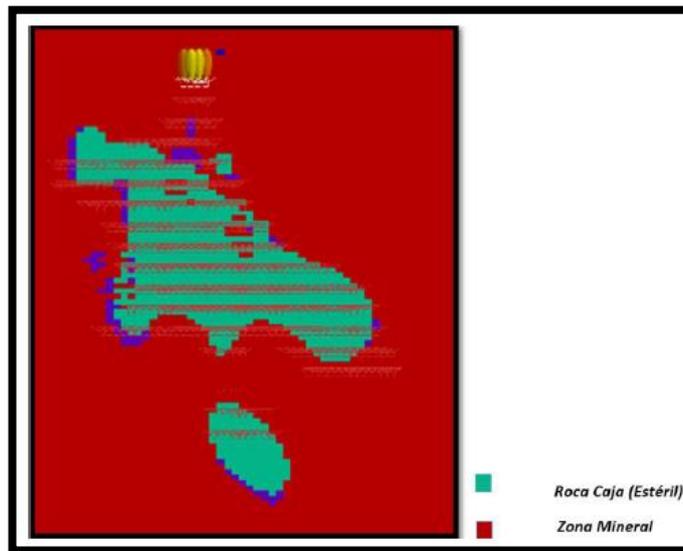


Figura N°15: Periodo inicial

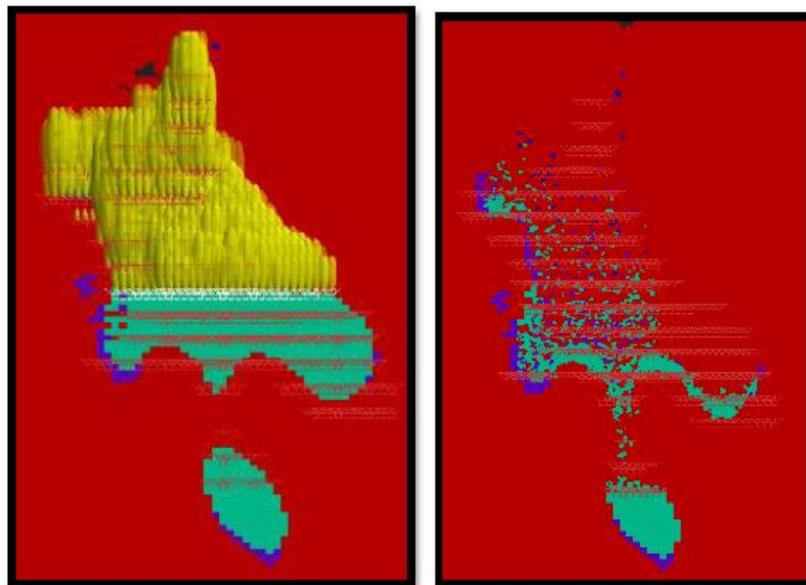


Figura N°16: Evolución de elipsoides y periodo final

De la evaluación preliminar, se obtienen los siguientes resultados:

Tabla N°4: Resultados verificación REBOP

Parámetro	Valor
Tonelaje Total [t]	3,999,168
Esteril Total [t]	850,455
Recuperación [%]	85.9%
Dilución [%]	21%

La simulación del modelo de flujo gravitacional nos entrega la recuperación y dilución del cuerpo, inputs que servirán para retroalimentar los cálculos económicos del yacimiento.

Ya comprobado el funcionamiento del modelo, a continuación se realizará un análisis de sensibilidad para distintos anchos de pilar para verificar la relación entre recuperación y dilución óptima que permita generar mayor beneficio tomando en cuenta además la estabilidad del pilar.

Esta evaluación es realizada para 3 niveles en particular, los cuales son sometidos a anchos de pilares de 4, 5.5 y 7m entre ventanas de explotación.

4.3.1 Modelo Esperanza Pilar 4m

Para el análisis de flujo gravitacional en la zona de Esperanza se evalúa los siguientes niveles como extracción continua, considerando a los niveles superiores como ya extraídos.

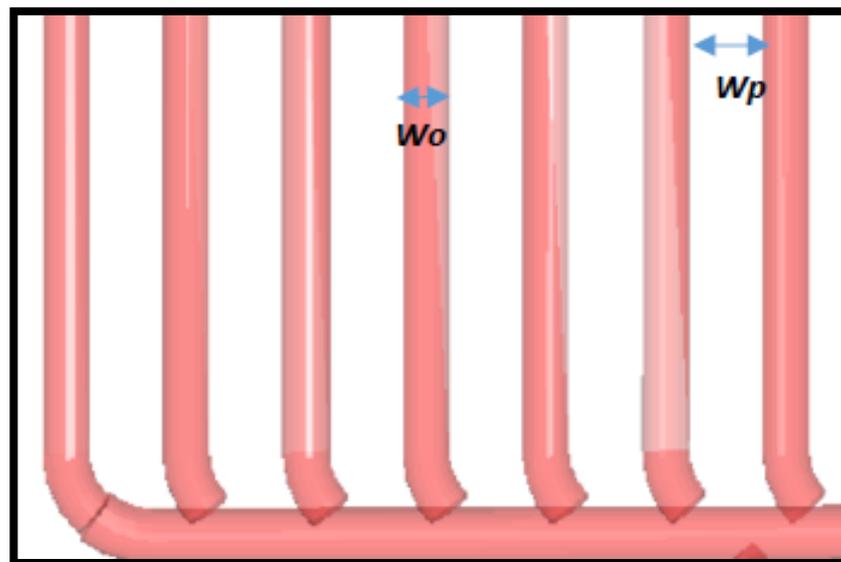


Figura N°17: Espaciamiento y ancho de ventana

Las dimensiones a utilizar son:

- Ancho de pilar: $W_p = 4 \text{ m}$
- Ancho de ventana: $W_o = 3.5 \text{ m}$

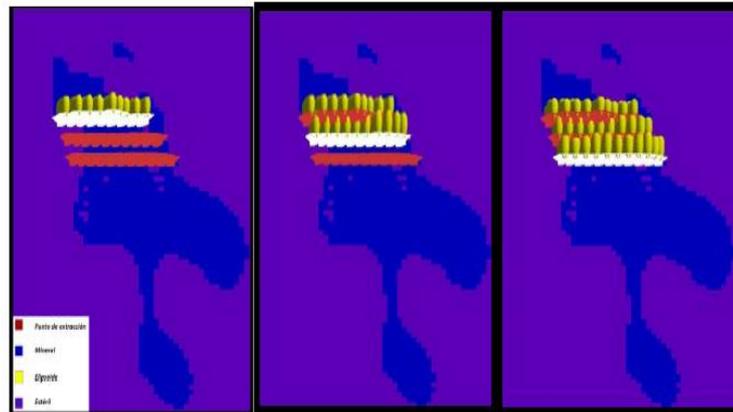


Figura N°18: Evolución elipsoides de extracción. Espaciamiento 4m

Se muestra los elipsoides de interacción actuando entre cada nivel:

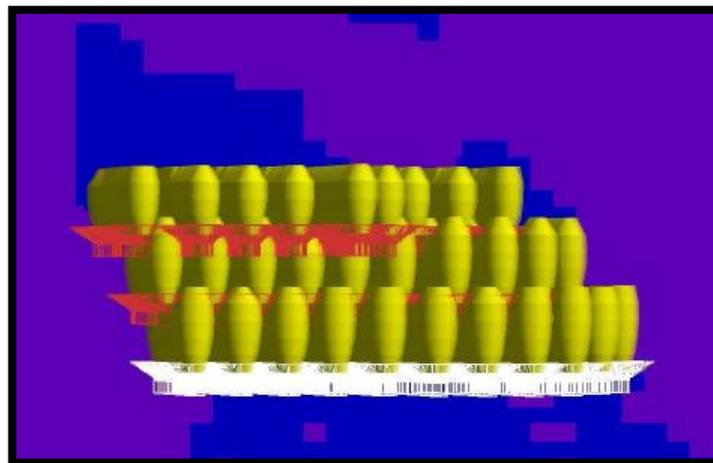


Figura N° 19: Punto de extracción y Elipsoides de interacción - Cuerpo Esperanza

Los resultados obtenidos de la simulación son los siguientes:

Tabla N° 5: Resultados Esperanza 4m

	Mineral (ton)	Esteril (ton)
Total	232,953	89,485
Programa	379,960	
Recuperación	85%	
Dilución	38%	

El tonelaje total corresponde al programado para los tres niveles establecidos inicialmente.

4.3.2 Modelo Esperanza Pilar 5.5 m

De igual forma a lo realizado en el caso de ancho de pilar 4m, se procede a determinar la dilución y recuperación para un ancho de pilar de 5.5m. Es importante señalar que se utilizan los mismos niveles establecidos en el caso de ancho de pilar 4 m.

Las dimensiones a utilizar son:

- Ancho de pilar: $W_p = 5.5$ m
- Ancho de ventana: $W_o = 3.5$ m



Figura N° 20: Evolución elipsoides de extracción. Espaciamiento 5.5m

Los resultados obtenidos de la simulación, en términos de recuperación minera y dilución, son los siguientes:

Tabla N°6: Resultados Esperanza 5.5m

	Mineral (ton)	Esteril (ton)
Total	222,864	79,957
Programa	379,960	
Recuperación	80%	
Dilución	36%	

4.3.3 Modelo Esperanza Pilar 7 m

De igual forma a lo realizado en el caso de ancho de pilar 4m, se procede a determinar la dilución y recuperación para un ancho de pilar de 7m. Es importante señalar que se utilizan los mismos niveles establecidos en el caso de ancho de pilar 4 m.

Las dimensiones a utilizar son:

- Ancho de pilar: $W_p = 7$ m
- Ancho de ventana: $W_o = 3.5$ m

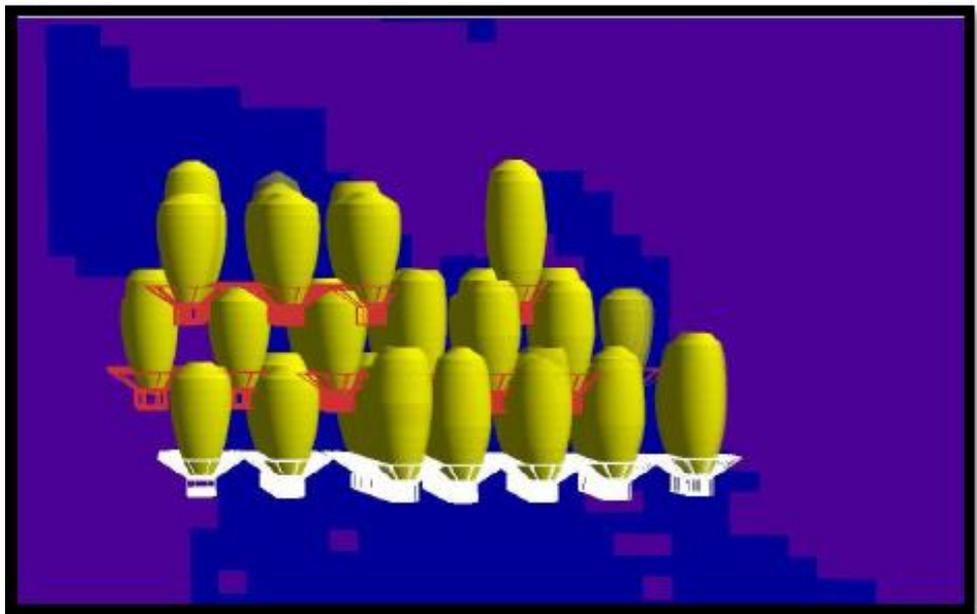


Figura N° 21: Evolución elipsoides de extracción. Espaciamiento 7m

Los resultados obtenidos para la simulación del flujo gravitacional con ancho de pilar 7 m son:

Tabla N° 7: Resultados Esperanza 7m

	Mineral (ton)	Esteril (ton)
Total	216,490	73,348
Programa	379,960	
Recuperación	76%	
Dilución	34%	

Finalmente, a modo de resumen obtenemos los resultados para cada dimensión de ancho de pilar evaluado en el cuerpo Esperanza.

Figura N°22: Resumen resultados espaciamiento – Esperanza



Se evidencia que a medida que se incrementa el ancho del pilar entre ventanas, disminuye la recuperación minera y para el caso del cuerpo Esperanza disminuye la dilución.

4.3.4 Valorización Malla de Extracción

Determinados los resultados en base a la recuperación y dilución de los diferentes anchos de pilares entre ventanas de producción, se procede a valorizar cada uno de los casos, de tal manera de determinar cuál malla es la que produce menores costos de

operación para este sector. Para realizar esto, se determina un módulo unitario con 4 ventanas de producción, tal y como se presenta en la siguiente figura:

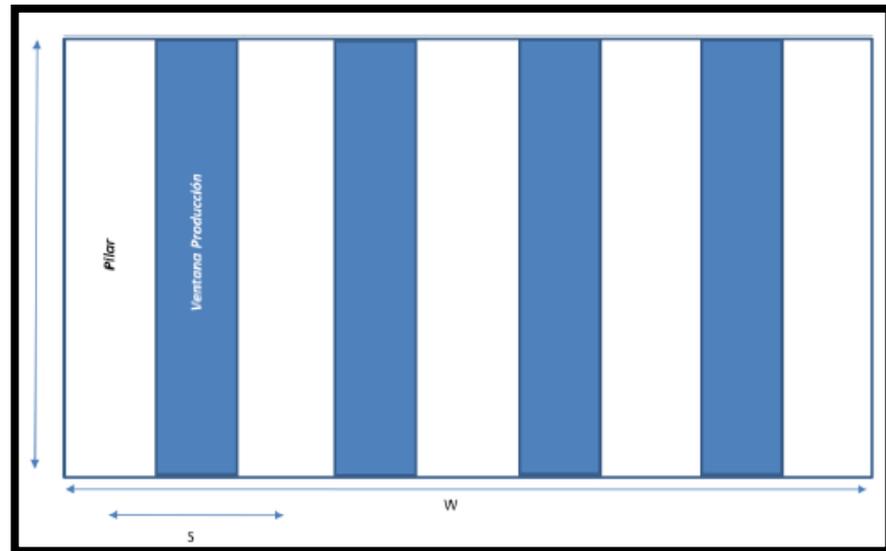


Figura N° 13: Módulo unitarios para la valorización de mallas

Donde L corresponde al largo de la ventana, S el ancho de una unidad (pilar + ventana) y W el ancho total del módulo.

Luego, se valoriza considerando el tonelaje total extraído en el módulo, la recuperación, dilución, costos de preparación, extracción, planta y reparación del punto, obteniéndose los siguientes resultados:

Parámetro	Unidad	Valor		
Ancho Pilar	m	4	5.5	7
Ventanas/modulo	n°	4	4	4
Largo del modulo	m	10	10	10
S	m	7.5	9	10.5
H	m	16	16	16
Densidad	t/m3	2.7	2.7	2.7
Tonelaje	t	12,960	15,552	18,144
Ley	%	140	140	140
Recuperación	%	85%	80%	76%
Dilución	%	38%	36%	34%
Preparacion minera	m/t	0.0054	0.0049	0.0045
Velocidad de extracción base	t/m2/día	3	2	2
Costo de operación base	\$/t	17	17	17
Velocidad de extracción diseño	t/m2/día	3	2	2
Costo de operación de diseño	\$/t	17	17	17
Razón de excavacion	%	53%	44%	38%
Costo de reparación	\$/m	800	800	800
Área a reparar	m/t	0.0029	0.0022	0.0017
Costo reparación	\$/t	2	2	1
Costo de avance	\$/m	1,200	1,200	1,200
Costo de Preparacion minera	\$/t	6	6	5
Tonelaje extraible	t	17,885	21,151	24,313
Ley extraible	%	86	82	79
RF	\$/t/%	1	1	1
Costo de Planta	\$/t	16	16	16
Ebidta unitario	\$/t	28.6	27.1	26.1
Suma de Costos	\$/t	42	41	40
Costo de Operación total Malla	\$/t	57.7	55.2	53.3

Tabla N°8: Valorización mallas Esperanza

Luego, para el caso de Esperanza, se determina que un ancho de pilar entre ventanas de 7m es el óptimo en términos de costos.

4.4 MODELO CATAS

Al igual que el caso del modelo de Esperanza, se determina los valores de recuperación minera y dilución total extraída para el Modelo de Catas, considerando ancho de pilar de 4, 5.5 y 7m entre ventanas de explotación.

4.4.1 Modelo Catas Pilar 4m

Para el análisis de flujo gravitacional en la zona de Catas, se consideran tres niveles dentro del programa de producción, considerando los niveles superiores como ya extraídos.

Tabla N°9: Niveles Catas

Nivel Referencia		Cota (m)
Piso 16	Nivel 1020	3924
Piso 08	Nivel 1020	3908
Piso 00	Nivel 1020	3892

Las dimensiones a utilizar son:

- Ancho de pilar: $W_p = 4$ m
- Ancho de ventana: $W_o = 3$ m

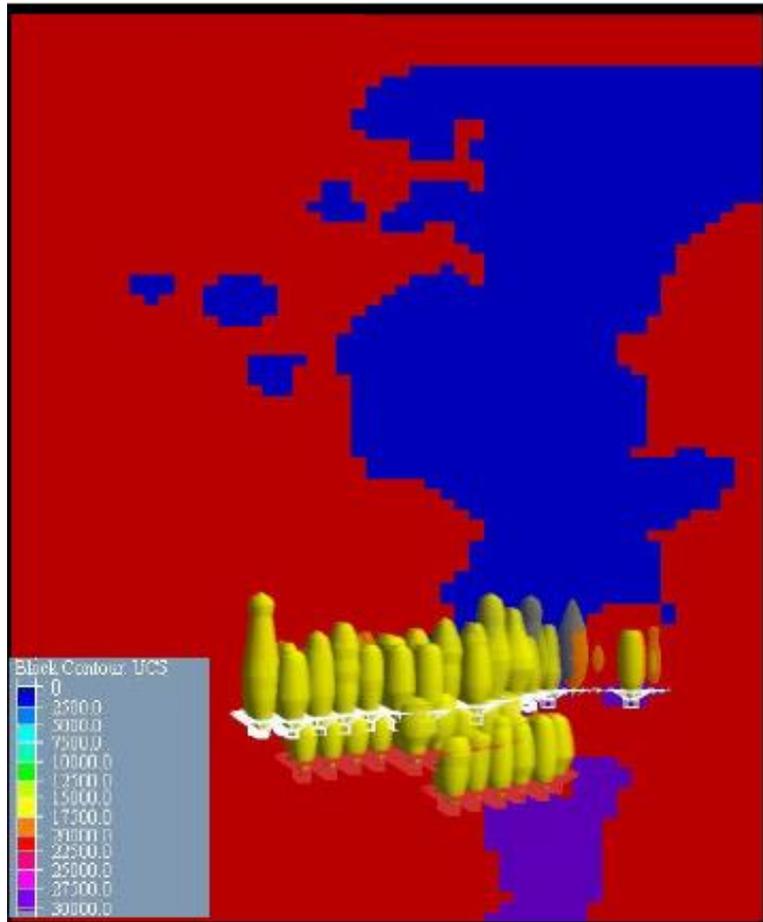


Figura N°23: Evolución elipsoides de extracción.

Espaciamiento 4m

Los resultados obtenidos de la simulación, en términos de recuperación minera y dilución, son los siguientes:

	Mineral (ton)	Esteril (ton)
Total	72,945	27,986
Programa	126,462	
Recuperación	80%	
Dilución	38%	

Tabla 9: Resultados Catas 4m.

4.4.2 Modelo Catas Pilar 5m

De igual forma a lo realizado en el caso de ancho de pilar 4m, se procede a determinar la dilución y recuperación para un ancho de pilar de 5.5m. Es importante señalar que se utilizan los mismos niveles establecidos en el caso de ancho de pilar 4 m.

Las dimensiones a utilizar son:

- Ancho de pilar: $W_p = 5.5 \text{ m}$
- Ancho de ventana: $W_o = 3 \text{ m}$

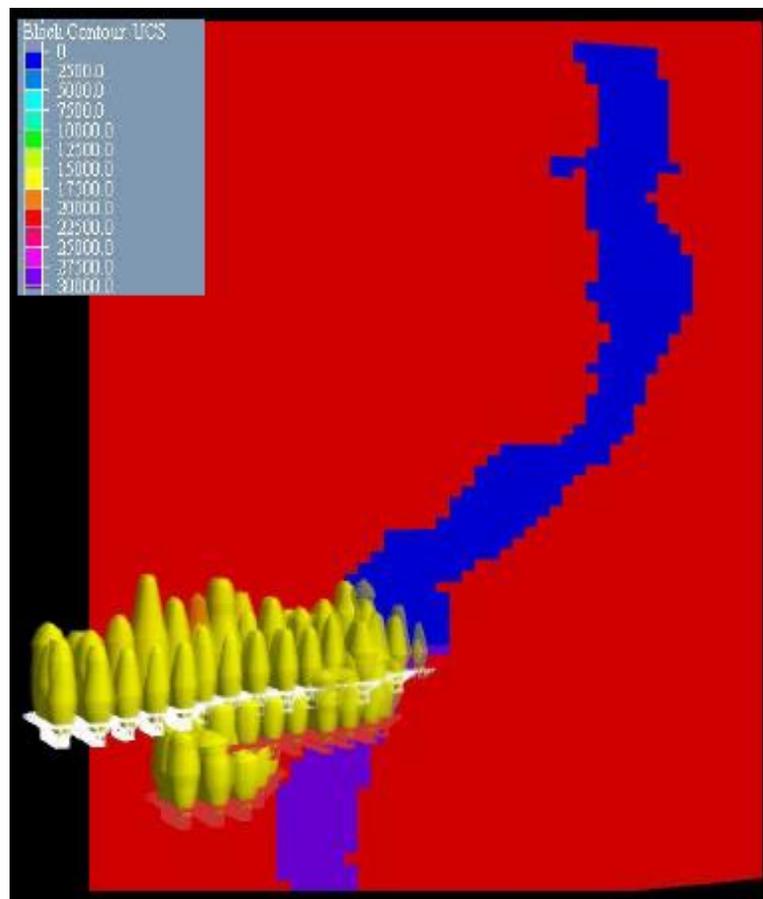


Figura N°24: Evolución elipsoides de extracción.

Espaciamiento 5.5m

Los resultados obtenidos de la simulación, en términos de recuperación minera y dilución, son los siguientes:

	Mineral (ton)	Esteril (ton)
Total	68,431	29,646
Programa	126,462	
Recuperación	78%	
Dilución	43%	

Tabla N° 10: Resultados Catas 5m.

4.4.3 Modelo Catas Pilar 7m

De igual forma a lo realizado en el caso de ancho de pilar 4m, se procede a determinar la dilución y recuperación para un ancho de pilar de 7m. Es importante señalar que se utilizan los mismos niveles establecidos en el caso de ancho de pilar 4 m.

Las dimensiones a utilizar son:

- Ancho de pilar: $W_p = 7$ m
- Ancho de ventana: $W_o = 3$ m

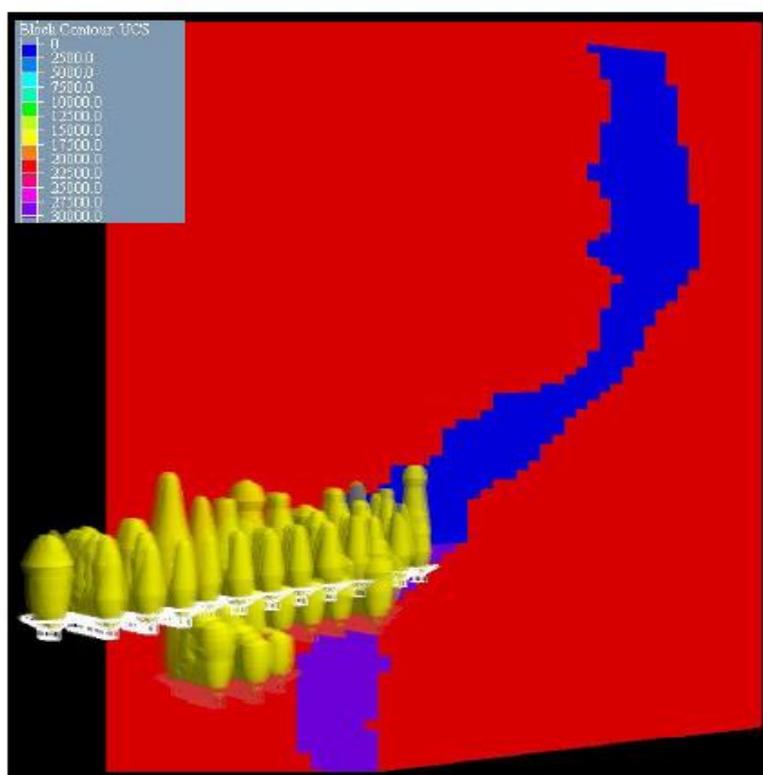


Figura N° 25: Evolución elipsoides de extracción. Espacimiento 7m

Los resultados obtenidos de la simulación, en términos de recuperación minera y dilución, son los siguientes:

Tabla N°11: Resultados Catas 7m

	Mineral (ton)	Esteril (ton)
Total	63,021	32,647
Programa	126,462	
Recuperación	76%	
Dilución	52%	

Finalmente, a modo de resumen se obtienen los resultados para cada dimensión de ancho de pilar evaluado en el cuerpo Catas.



Figura N° 26: Resumen resultados espaciamiento – Catas

Se muestra la disminución de la recuperación minera a medida que se incrementa el ancho del pilar entre ventanas, y a diferencia de los resultados obtenidos en el cuerpo Esperanza, Catas presenta un incremento en la dilución a medida que se incrementa el ancho del pilar lo que implica mayor extracción de estéril.

4.4.4 Valorización Malla de Extracción

Como fue explicado anteriormente, se realiza la valorización de las mallas de extracción

Parámetro	Unidad	Valor		
Ancho Pilar	m	4	5	7
ventanas/modulo	n°	4	4	4
largo del modulo	m	10	10	10
S	m	7	8.5	10
H	m	16	16	16
densidad	t/m3	2.7	2.7	2.7
tonelaje	t	12,096	14,688	17,280
ley	%	140	140	140
recuperación	%	80%	78%	76%
dilución	%	38%	43%	52%
preparacion minera	m/t	0.0056	0.0050	0.0046
velocidad de extracción base	t/m2/día	3	2	2
costo de operación base	\$/t	17	17	17
velocidad de extracción diseño	t/m2/día	3	2	2
costo de operación de diseño	\$/t	17	17	17
razon de excavacion	%	57%	47%	40%
costo de reparación	\$/m	800	800	800
area a reparar	m/t	0.0032	0.0024	0.0019
Costo reparación	\$/t	3	2	1
Costo de avance	\$/m	1,200	1,200	1,200
Costo de Preparacion minera	\$/t	7	6	6
Tonelaje extraible	t	16,692	21,004	26,266
Ley extraible	%	81	76	70
RF	\$/t/%	1	1	1
Costo de Planta	\$/t	16	16	16
Ebidta unitario	\$/t	22.8	17.8	9.1
Suma de Costos	\$/t	42	41	40
Costo de Operación total Malla	\$/t	58.4	58.5	60.9

Tabla N°12: Valorización mallas Catas

Luego, para el caso de Catas, se determina que un ancho de pilar entre ventanas de 4m es el óptimo en términos de costos.

4.5 MODELO ROSAURA – ANTACACA SUR

Para el caso de Rosaura y Antacaca Sur se consideran ambos sectores como parte de un solo modelo, debido a la cercanía espacial que poseen dichos sectores. La evaluación se mantiene de igual forma a lo realizado con Esperanza y Catas.

4.5.1 Modelo Rosaura – Antacaca Sur Pilar 4m

Para el análisis de flujo gravitacional en la zona de Rosaura – Antacaca Sur, se consideran tres niveles dentro del programa de producción, considerando los niveles superiores como ya extraídos.

Tabla N° 13: Niveles Rosaura-Antacaca Sur

Nivel Referencia		Cota (m)
Piso 16	Nivel 970	3972
Piso 08	Nivel 970	3956
Piso 00	Nivel 970	3940

Las dimensiones a utilizar son:

- Ancho de pilar: $W_p = 4$ m
- Ancho de ventana: $W_o = 3$ m

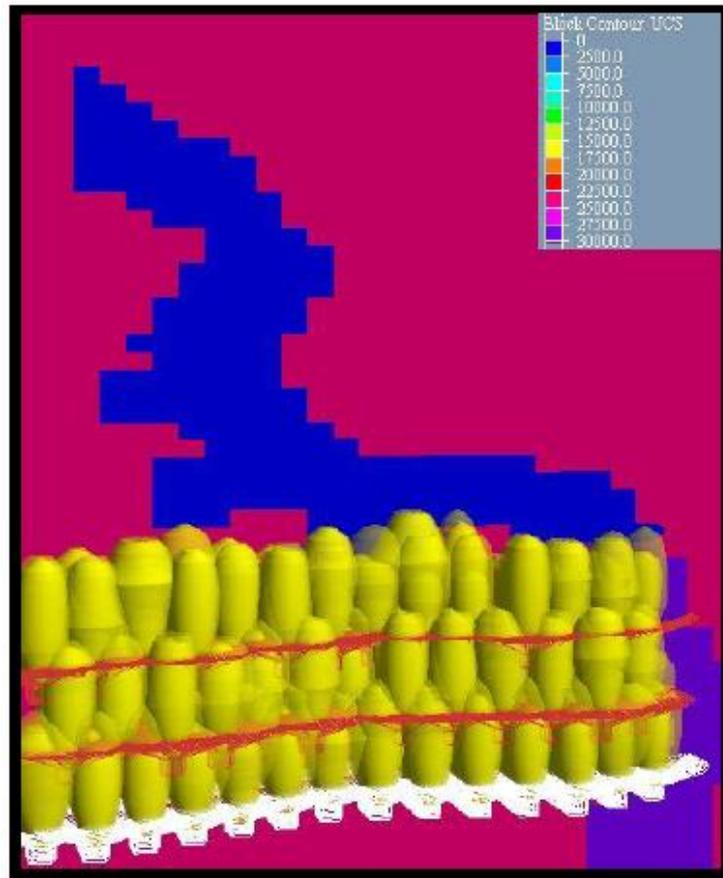


Figura N° 27: Evolución elipsoides de extracción. Espaciamiento 4m

Los resultados obtenidos de la simulación, en términos de recuperación minera y dilución, son los siguientes:

Los resultados obtenidos de la simulación, en términos de recuperación minera y dilución, son los siguientes:

	Mineral (ton)	Esteril (ton)
Total	101,592	26,421
Programa	120,953	
Recuperación	84%	
Dilución	26%	

Tabla N° 14: Resultados Rosaura-Antacaca Sur 4m

4.5.2 Modelo Rosaura – Antacaca Sur Pilar 5m

De igual forma a lo realizado en el caso de ancho de pilar 4m, se procede a determinar la dilución y recuperación para un ancho de pilar de 5m. Es importante señalar que se utilizan los mismos niveles establecidos en el caso de ancho de pilar 4 m.

Las dimensiones a utilizar son:

- Ancho de pilar: $W_p = 5$ m
- Ancho de ventana: $W_o = 3$ m

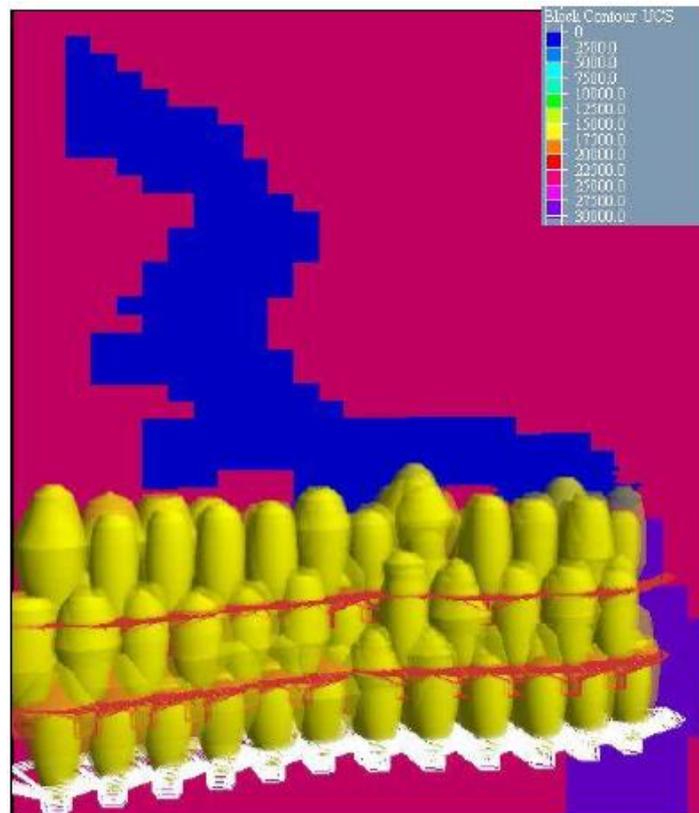


Figura N° 28: Evolución elipsoides de extracción. Espacimiento 5m

Los resultados obtenidos de la simulación, en términos de recuperación minera y dilución, son los siguientes:

Tabla N°15: Resultados Rosaura-Antacaca Sur 5m

	Mineral (ton)	Esteril (ton)
Total	97,151	29,597
Programa	120,953	
Recuperación	80%	
Dilución	30%	

4.5.3 Modelo Rosaura – Antacaca Sur Pilar 7m

De igual forma a lo realizado en el caso de ancho de pilar 4m, se procede a determinar la dilución y recuperación para un ancho de pilar de 7m. Es importante señalar que se utilizan los mismos niveles establecidos en el caso de ancho de pilar 4 m.

Las dimensiones a utilizar son:

- Ancho de pilar: $W_p = 7 \text{ m}$
- Ancho de ventana: $W_o = 3 \text{ m}$

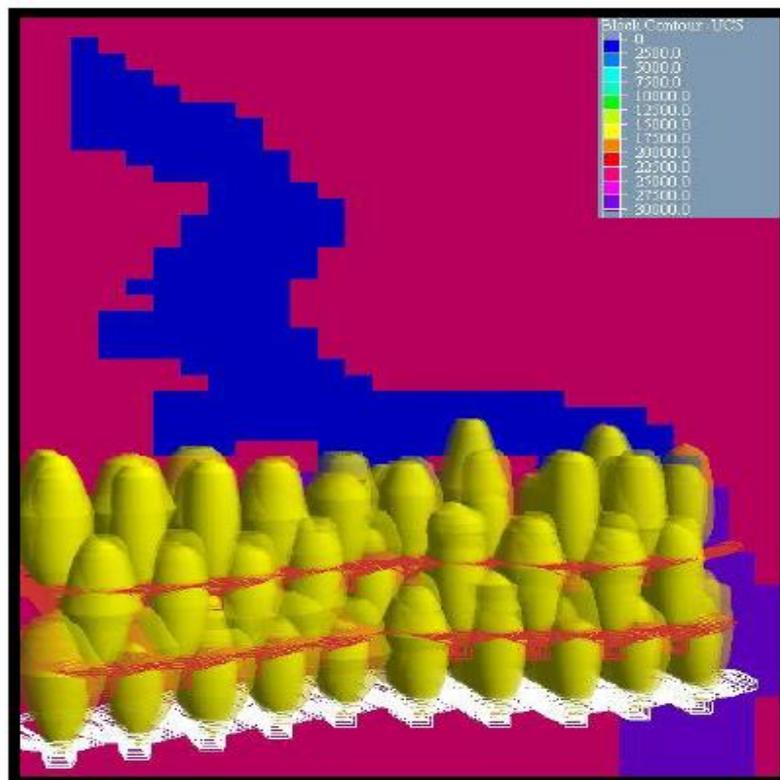


Figura N° 29: Evolución elipsoides de extracción. Espaciamiento 7m

Los resultados obtenidos de la simulación, en términos de recuperación minera y dilución, son los siguientes:

	Mineral (ton)	Esteril (ton)
Total	91,333	28,237
Programa	120,953	
Recuperación	76%	
Dilución	31%	

Tabla N°16: Resultados Rosaura-Antacaca Sur 7m

Finalmente, a modo de resumen se obtienen los resultados para cada dimensión de ancho de pilar evaluado en el cuerpo Rosaura – Antacaca Sur.

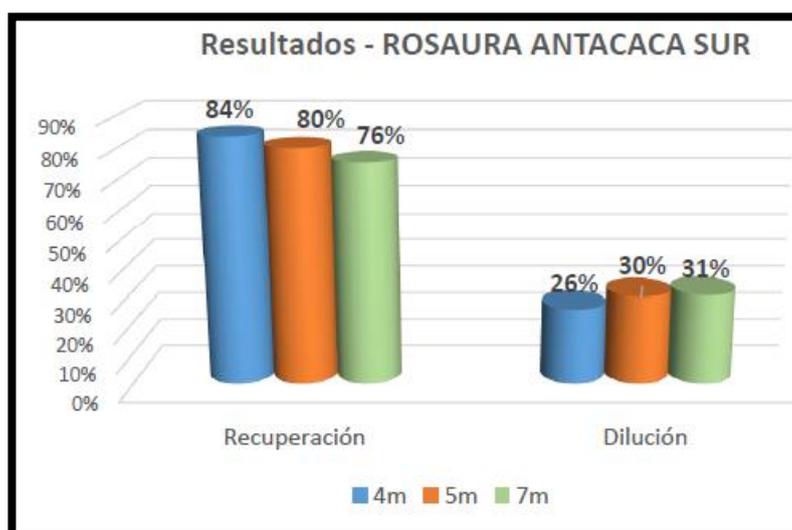


Figura N° 30: Resumen resultados espaciamiento – Rosaura-Antacaca Sur

La tendencia para el cuerpo Rosaura – Antacaca Sur es a disminuir la recuperación a medida que se incrementa el ancho del pilar e incrementar la dilución respectivamente.

4.5.4 Valorización Malla de Extracción

Como fue explicado anteriormente, se realiza la valorización de las mallas de extracción:

Parámetro	Unidad	Valor		
Ancho Pilar	m	4	5	7
ventanas/modulo	n°	4	4	4
largo del modulo	m	10	10	10
S	m	7	8.5	10
H	m	16	16	16
densidad	t/m3	2.7	2.7	2.7
tonelaje	t	12,096	14,688	17,280
ley	%	140	140	140
recuperación	%	84%	80%	76%
dilución	%	26%	30%	31%
preparacion minera	m/t	0.0056	0.0050	0.0046
velocidad de extracción base	t/m2/día	3	2	2
costo de operación base	\$/t	17	17	17
velocidad de extracción diseño	t/m2/día	3	2	2
costo de operación de diseño	\$/t	17	17	17
razon de excavacion	%	57%	47%	40%
costo de reparación	\$/m	800	800	800
area a reparar	m/t	0.0032	0.0024	0.0019
Costo reparación	\$/t	3	2	1
Costo de avance	\$/m	1,200	1,200	1,200
Costo de Preparacion minera	\$/t	7	6	6
Tonelaje extraible	t	15,241	19,094	22,637
Ley extraible	%	93	86	81
RF	\$/t/%	1	1	1
Costo de Planta	\$/t	16	16	16
Ebidta unitario	\$/t	40.0	32.9	28.8
Suma de Costos	\$/t	42	41	40
Costo de Operación total Malla	\$/t	53.3	53.2	52.4

Tabla N°16: Valorización mallas Esperanza

Luego, para el caso de Rosaura-Antacaca Sur, se determina que un ancho de pilar entre ventanas de 7m es el óptimo en términos de costos

4.6 MODELO ANTACACA

Al igual que el caso de los modelos anteriores, se determina los valores de recuperación minera y dilución total extraída para el Modelo de Catas, considerando ancho de pilar de 4, 5.5 y 7m entre ventanas de explotación.

4.6.1 Modelo Antacaca Pilar 4m

Para el análisis de flujo gravitacional en la zona de Antacaca, se consideran tres niveles dentro del programa de producción, considerando los niveles superiores como ya extraídos

Tabla N°17: Niveles Antacaca

Nivel Referencia		Cota (m)
Piso 08	Nivel 970	3956
Piso 00	Nivel 970	3940
Piso 16	Nivel 1020	3924

Las dimensiones a utilizar son:

- Ancho de pilar: $W_p = 4$ m
- Ancho de ventana: $W_o = 3$ m

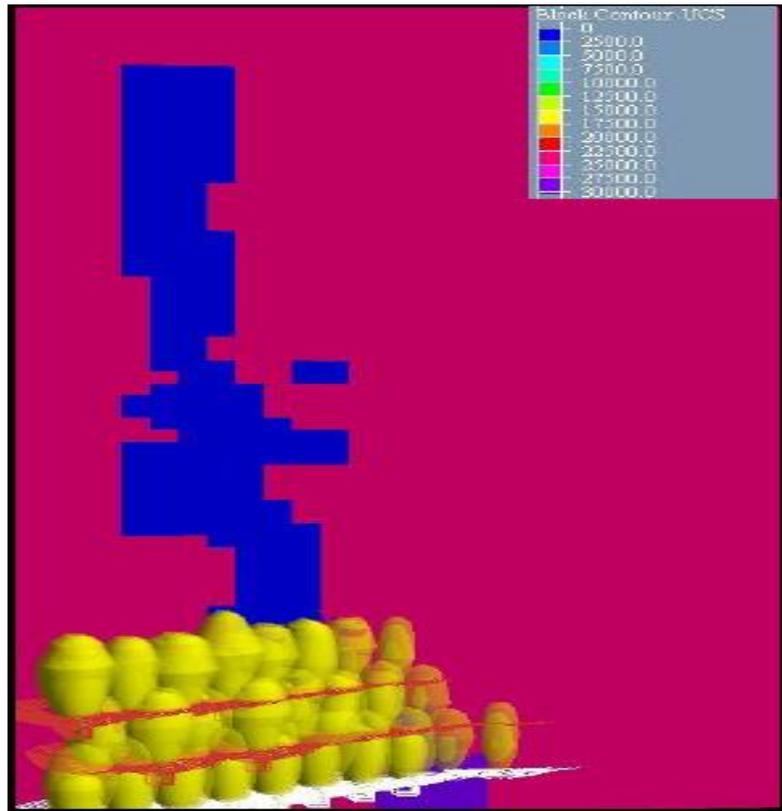


Figura 25: Evolución elipsoides de extracción. Espacimiento 4m

Los resultados obtenidos de la simulación, en términos de recuperación minera y dilución, son los siguientes:

Tabla N° 18: Resultados Antacaca 4m

	Mineral (ton)	Esteril (ton)
Total	61,643	19,633
Programa	73,112	
Recuperación	84%	
Dilución	32%	

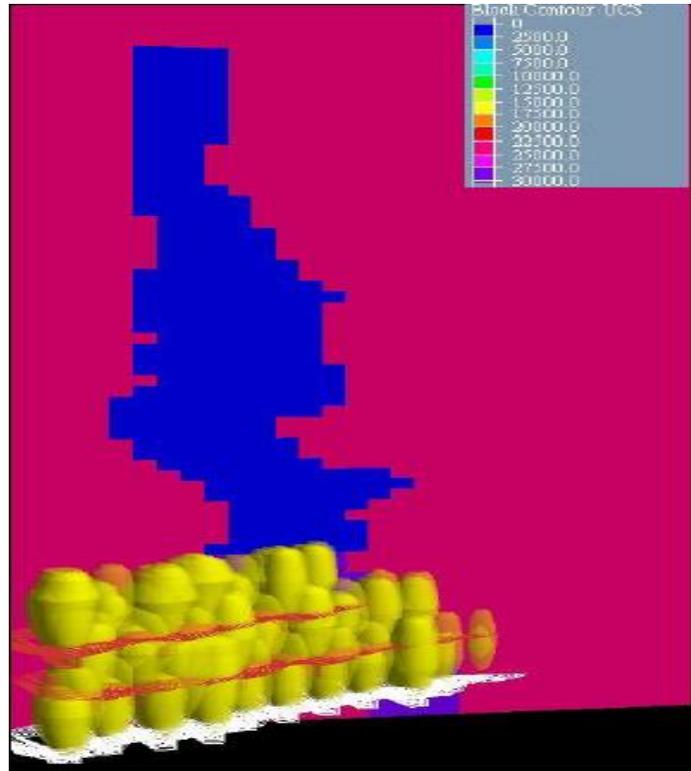
4.6.2 Modelo Antacaca Pilar 5m

De igual forma a lo realizado en el caso de ancho de pilar 4m, se procede a determinar la dilución y recuperación para un ancho de pilar de 5m. Es importante señalar que se utilizan los mismos niveles establecidos en el caso de ancho de pilar 4 m.

Las dimensiones a utilizar son:

- Ancho de pilar: $W_p = 5$ m
- Ancho de ventana: $W_o = 3$ m

Figura 26: Evolución elipsoides de extracción. Espaciamiento 5m



Los resultados obtenidos de la simulación, en términos de recuperación minera y dilución, son los siguientes:

Tabla N° 19: Resultados Antacaca 5m

	Mineral (ton)	Esteril (ton)
Total	60,483	18,240
Programa	73,112	
Recuperación	83%	
Dilución	30%	

4.6.3 Modelo Antacaca Pilar 7m

De igual forma a lo realizado en el caso de ancho de pilar 4m, se procede a determinar la dilución y recuperación para un ancho de

pilar de 7m. Es importante señalar que se utilizan los mismos niveles establecidos en el caso de ancho de pilar 4 m.

Las dimensiones a utilizar son:

- Ancho de pilar: $W_p = 7 \text{ m}$
- Ancho de ventana: $W_o = 3 \text{ m}$

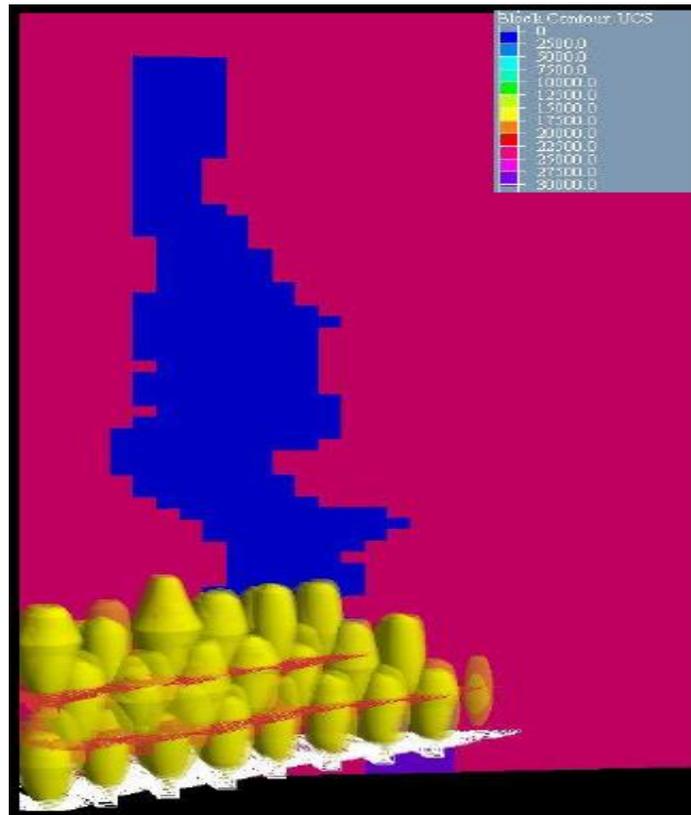


Figura N° 31: Evolución elipsoides de extracción. Espaciamiento 7m

Los resultados obtenidos de la simulación, en términos de recuperación minera y dilución, son los siguientes:

Tabla N° 20: Resultados Antacaca 7m

	Mineral (ton)	Esteril (ton)
Total	55,589	21,459
Programa	73,112	
Recuperación	76%	
Dilución	39%	

Finalmente, a modo de resumen se obtienen los resultados para cada dimensión de ancho de pilar evaluado en el cuerpo Antacaca.

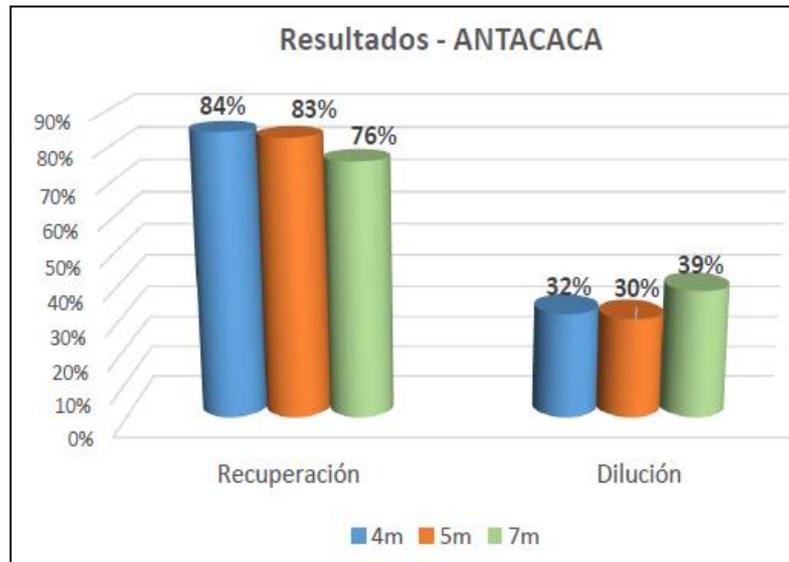


Figura N° 32: Resumen resultados espaciamiento – Antacaca

Al igual que el análisis en la zona de Rosaura, la tendencia en la zona de Antacaca es de disminuir la recuperación e incrementar la dilución a medida que se incrementa el ancho del pilar. En los próximos capítulos se realizará el análisis de estabilidad geomecánica para cada pilar evaluado de manera de obtener el mejor beneficio entre recuperación, dilución y estabilidad.

4.6.4 Valorización Malla de Extracción

Como fue explicado anteriormente, se realiza la valorización de las mallas de extracción:

Parámetro	Unidad	Valor		
		4	5	7
Ancho Pilar	m	4	5	7
ventanas/modulo	n°	4	4	4
largo del modulo	m	10	10	10
S	m	7	8.5	10
H	m	16	16	16
densidad	t/m3	2.7	2.7	2.7
tonelaje	t	12,096	14,688	17,280
ley	%	140	140	140
recuperación	%	84%	83%	76%
dilución	%	32%	30%	39%
preparacion minera	m/t	0.0056	0.0050	0.0046
velocidad de extracción base	t/m2/día	3	2	2
costo de operación base	\$/t	17	17	17
velocidad de extracción diseño	t/m2/día	3	2	2
costo de operación de diseño	\$/t	17	17	17
razon de excavacion	%	57%	47%	40%
costo de reparación	\$/m	800	800	800
area a reparar	m/t	0.0032	0.0024	0.0019
Costo reparación	\$/t	3	2	1
Costo de avance	\$/m	1,200	1,200	1,200
Costo de Preparacion minera	\$/t	7	6	6
Tonelaje extraible	t	15,967	19,094	24,019
Ley extraible	%	89	89	77
RF	\$/t/%	1	1	1
Costo de Planta	\$/t	16	16	16
Ebidta unitario	\$/t	33.2	36.2	20.9
Suma de Costos	\$/t	42	41	40
Costo de Operación total Malla	\$/t	55.9	53.2	55.7

Tabla N° 21: Valorización mallas Esperanza

Luego, para el caso de Antacaca, se determina que un ancho de pilar entre ventanas de 5m es el óptimo en términos de costos.

4.7 EVALUACIÓN DE RECURSOS MINERALES

Para la valorización del modelo de bloques se emplearon los siguientes parámetros económicos brindados por el área de planeamiento de Sociedad Minera Corona. Se presentan tres tipos de mineral considerados en la evaluación para ser minados por el método Sub Level Caving.

La siguiente ecuación es empleada para valorizar el modelo de bloques de Yauricocha

$$\text{Valor} = ((A * \text{Ley Ag}) + (B * \text{Ley Pb}) + (C * \text{Ley Cu}) + (D * \text{Ley Zn})) + Au$$

Donde:

A = Valor Unitario de la Plata (Ag)

B = Valor Unitario del Plomo (Pb)

C = Valor Unitario del Cobre (Cu)

D = Valor Unitario del Zinc (Zn)

Au = Valor Agregado del Oro (Au)

MINERAL POLIMETÁLICO											
Precio Metales		Recuperación metalúrgica		Contaminantes					Valores Unitarios		
				Conc. Cobre		Conc. Plomo		Conc. Zinc			
Ag \$/Oz.	18.30	Ag(%)	67.67	Au (gr)	2.08	Au (gr)	1.850	Au (gr)	0.540	Ag \$/Oz.	11.136
Pb \$/TM	2050.00	Pb(%)	84.58	As (%)	2.27	As (%)	0.250	As (%)	0.090	Pb \$/Und.	15.945
Cu \$/TM	5357.00	Cu(%)	68.75	Sb (%)	0.28	Sb (%)	0.160	Fe (%)	7.000	Cu \$/Und.	26.914
Zn \$/TM	2535.00	Zn(%)	88.15	Bi (%)	0.16	Bi (%)	0.150	Mn (%)	0.330	Zn \$/Unid.	18.231
Au \$/Oz.	1283.00	Au(%)	-	F	145.00	Zn (%)	4.190	Cd (%)	0.160	Au \$-Agre.	1.450

MINERAL OXIDO DE COBRE											
Precio Metales		Recuperación metalúrgica		Contaminantes					Valores Unitarios		
				Conc. Cobre		Conc. Plomo		Conc. Zinc			
Ag \$/Oz.	18.30	Ag(%)	27.77	Au (gr)	0.95	Au (gr)	-	Au (gr)	-	Ag \$/Oz.	-
Pb \$/TM	2050.00	Pb(%)	-	As (%)	1.00	As (%)	-	As (%)	-	Pb \$/Und.	-
Cu \$/TM	5357.00	Cu(%)	47.25	Sb (%)	0.28	Sb (%)	-	Fe (%)	-	Cu \$/Und.	17.532
Zn \$/TM	2535.00	Zn(%)	-	Bi (%)	0.10	Bi (%)	-	Mn (%)	-	Zn \$/Unid.	-
Au \$/Oz.	1283.00	Au(%)	-	F	145.00	Zn (%)	-	Cd (%)	-	Au \$-Agre.	-

MINERAL OXIDO DE AG-PB											
Precio Metales		Recuperación metalúrgica		Contaminantes					Valores Unitarios		
				Conc. Cobre		Conc. Plomo		Conc. Zinc			
Ag \$/Oz.	18.30	Ag(%)	50.52	Au (gr)	-	Au (gr)	3.260	Au (gr)	-	Ag \$/Oz.	7.178
Pb \$/TM	2050.00	Pb(%)	64.58	As (%)	-	As (%)	0.470	As (%)	-	Pb \$/Und.	9.771
Cu \$/TM	5357.00	Cu(%)	-	Sb (%)	-	Sb (%)	0.090	Fe (%)	-	Cu \$/Und.	-
Zn \$/TM	2535.00	Zn(%)	-	Bi (%)	-	Bi (%)	0.020	Mn (%)	-	Zn \$/Unid.	-
Au \$/Oz.	1283.00	Au(%)	-	F	-	Zn (%)	-	Cd (%)	-	Au \$-Agre.	15.879

4.7.1 Recursos Minerales S.L.C. Yauricocha.

A continuación se muestra la valorización de todo el modelo de bloques entregado por el área de planeamiento actualizado a julio del 2016. Se muestran los cuerpos los cuerpos masivos, oxidos de Cu y oxidos de Ag – Pb considerados para ser explotados por Sub Level Caving

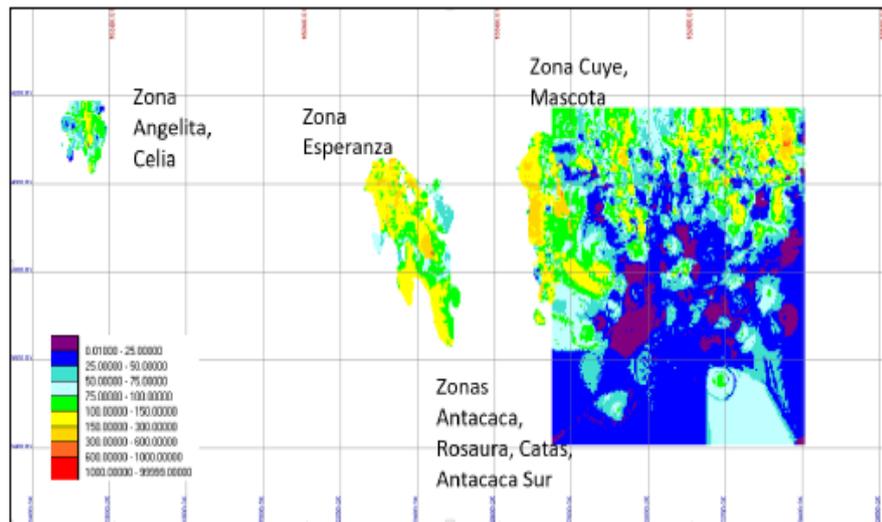


Figura N°33: Modelo de bloques valorizado Yauricocha

Con el modelo de bloques valorizado, se procede a realizar una identificación de recursos remanentes para diferentes leyes de corte entre 0 a 150 \$/t. A continuación, se muestra la tabla para diferentes valores de NSR:

Tabla 22: Recursos Remanentes Yauricocha

Recursos Remanentes YAURICOCHA								
LC [\$/t]	0	20	40	45	60	80	100	150
Densidad [t/m ³]	2.48	2.48	2.45	2.44	2.46	2.49	2.53	2.56
Tonelaje [t]	17,072,427	16,653,875	12,035,767	10,878,020	9,105,970	7,298,396	5,608,134	2,937,472
Au [ppm]	0.70	0.71	0.82	0.85	0.90	0.97	1.05	1.14
Pb [%]	1.04	1.06	1.43	1.57	1.85	2.25	2.79	4.21
Zn [%]	1.86	1.90	2.50	2.70	3.05	3.40	3.72	4.67
Cu [%]	1.08	1.10	1.25	1.29	1.39	1.53	1.73	2.00
Ag [ppm]	52.15	53.17	66.36	70.85	79.70	91.46	105.64	131.23

De los resultados obtenidos, se identifica mayor aporte de mineral del tipo polimetálico:

Tabla 21: Recursos Remanentes según tipo de mineral

	40 \$/t	45 \$/t
	Tonelaje [t]	Tonelaje [t]
Polimetálico	11,274,568	10,121,869
Oxido-Cu	85,273	85,273
Oxido-Ag-Pb	677,985	670,870
Total	12,037,826	10,878,012

Los cuerpos polimetálicos con mayor aporte son Catas, Esperanza, Antacaca, Rosaura, Antacaca Sur y Cuye pertenecientes a la Mina Central; y menor medida los cuerpos Angelita y Celia pertenecientes a la mina Cachi Cachi.



Figura N° 34: Recursos remanentes para leyes de corte 40 y 45 \$/t

4.7.2 Recursos Minerales - polimetálicos

Dado los resultados anteriores, se procede a evaluar los recursos remanentes solo de los recursos polimetálicos. Los cuerpos masivos (Sub Level Caving) polimetálicos considerados en la evaluación, son los siguientes.

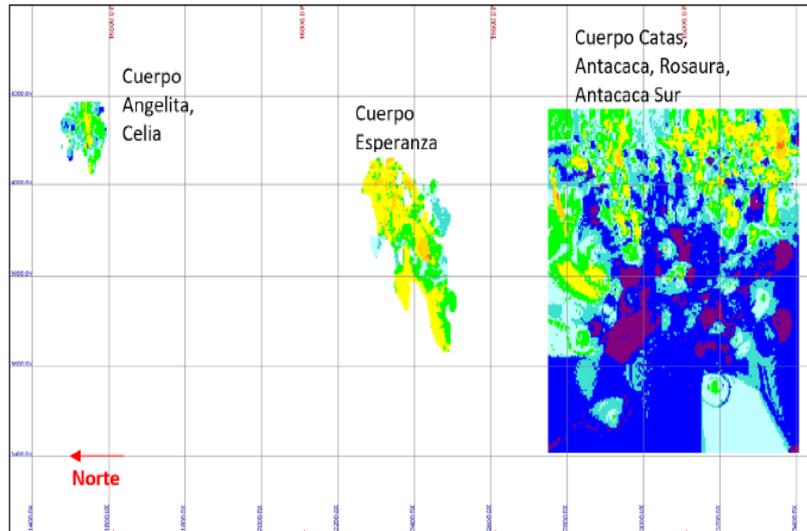


Figura N° 35: Modelo de bloques valorizado recursos polimetálicos
De igual manera al caso anterior, se presentan los recursos remanentes para diferentes leyes de corte.

Tabla 23: Recursos remanentes polimetálicos

Recursos Remanentes YAURICOCHA - Polimetálicos Sub Level Caving								
LC (\$/t)	0	20	40	45	60	80	100	150
Densidad [t/m ³]	2.524	2.527	2.51	2.51	2.541	2.588	2.645	2.69
Tonelaje [t]	16,231,858	15,819,687	11,274,568	10,121,869	8,375,923	6,601,332	4,972,111	2,503,617
Au [ppm]	0.576	0.581	0.65	0.68	0.697	0.715	0.746	0.773
Pb [%]	0.469	0.480	0.65	0.71	0.836	1.013	1.254	1.863
Zn [%]	1.924	1.973	2.64	2.88	3.311	3.761	4.217	5.544
Cu [%]	1.061	1.081	1.24	1.28	1.379	1.531	1.753	2.056
Ag [ppm]	36.476	37.150	45.87	48.58	53.807	60.427	68.612	82.117

4.7.3 Recursos Minerales Óxidos de cobre

Dentro de los cuerpos masivos con mineral Óxido de Cu se tiene el cuerpo Mascota, cuyo modelo de bloques está descrito con el nombre “Mb_Cuerpo_26”

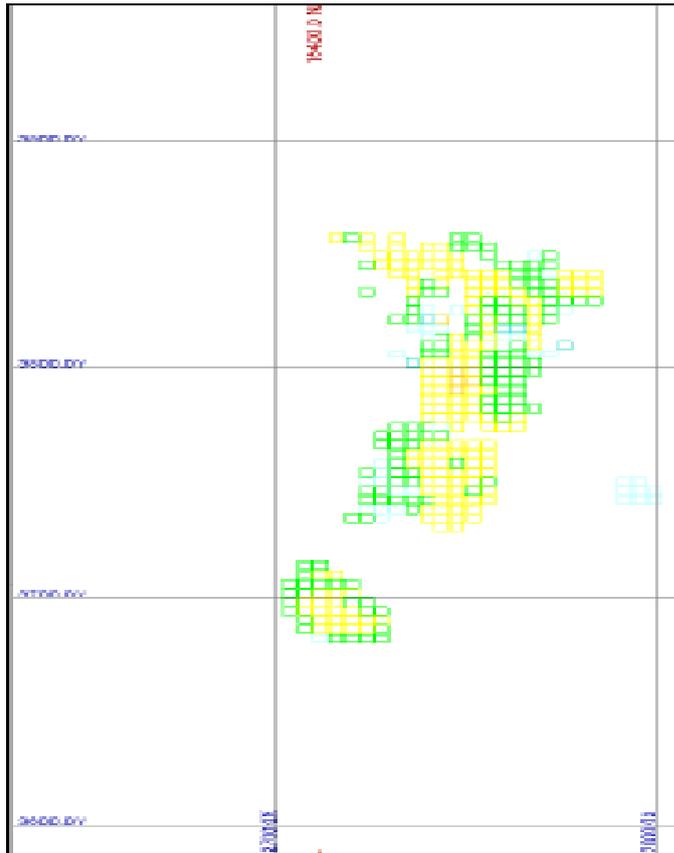


Figura N° 36: Modelo de bloques valorizado óxidos Cu

Los recursos remanentes para el cuerpo Mascota para diferentes valores NSR, se muestra a continuación:

Tabla 24: Recursos remanentes – Óxidos de Cu

Recursos Remanentes YAURICOCHA - Óxidos - Cu Sub Level Caving								
LC (\$/t)	0	20	40	45	60	80	100	150
Densidad [t/m ³]	1.822	1.822	1.82	1.82	1.822	1.823	1.845	1.983
Tonelaje [t]	85,273	85,273	85,273	85,273	85,110	82,139	74,297	50,929
Au [ppm]	0.277	0.277	0.28	0.28	0.277	0.277	0.271	0.228
Pb [%]	1.084	1.084	1.08	1.08	1.085	1.062	1.000	0.863
Zn [%]	4.235	4.235	4.24	4.24	4.231	4.134	4.051	3.565
Cu [%]	8.993	8.993	8.99	8.99	9.000	9.186	9.667	11.081
Ag [ppm]	46.137	46.137	46.14	46.14	46.178	46.032	45.414	36.875

4.7.4 Recursos minerales óxidos de plata plomo

Los cuerpos considerados como Óxidos de Ag-Pb son Mascota y Antacaca Sur representados por los modelos de bloques “Mb_Cuerpo_28” y “Mb_Cuerpo_01” respectivamente.

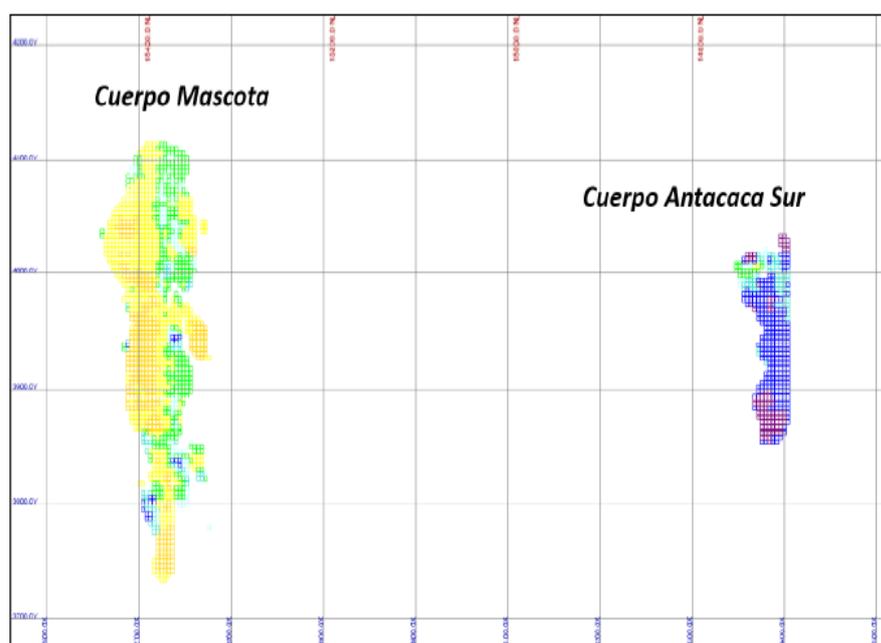


Figura N° 37: Modelo de bloques valorizado óxidos Ag – Pb

Los recursos remanentes para el cuerpo Mascota para diferentes valores NSR, se muestra a continuación:

Tabla 24: Recursos Remanentes – Oxidos Ag Pb

Recursos Remanentes YAURICOCHA - Oxidos - Ag Pb Sub Level Caving								
LC [\$/t]	0	20	40	45	60	80	100	150
Densidad [t/m3]	1.806	1.808	1.79	1.80	1.792	1.822	1.883	1.999
Tonelaje [t]	758,778	752,742	677,985	670,870	645,294	615,172	563,395	382,814
Au [ppm]	2.631	2.654	2.82	2.83	2.876	2.954	3.046	3.030
Pb [%]	9.729	9.817	10.77	10.88	11.208	11.706	12.643	16.063
Zn [%]	0.590	0.586	0.56	0.56	0.543	0.531	0.529	0.578
Cu [%]	0.507	0.502	0.49	0.49	0.489	0.484	0.478	0.525
Ag [ppm]	292.776	294.860	312.46	314.41	321.064	331.969	346.358	382.584

4.8 PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN PARA RECUPERACION DE PILARES Y DISEÑO DEL SLOT. Sub Level Caving.

4.8.1 Retiro de cimbras

El primer paso del procedimiento para generar mayor continuidad al caving, es mediante el retiro de las cimbras empleadas en ventanas ya explotadas, específicamente sobre ventanas localizadas sobre los niveles superiores al nivel 970.

Propósito:

El dejar las cimbras para sostener ventanas ubicadas en niveles superiores donde se emplea el método de Sub Level Caving, genera puntos de carga que dificultan la propagación del caving para zonas inferiores donde se buscará minar empleando el mismo método. El retirar las cimbras sobre ventanas ya explotadas generará la recuperación de pilares, es decir se recuperará en promedio 700 ton de mineral extras por ventana además esto contribuirá a que no se generen zonas de sobrecarga propiciando el ingreso de agua y dificultando la explotación de zonas inferiores al nivel 970.

Ejecución:

El retiro de cimbras se debe realizar empleando voladura secundaria o plasteo para quebrar las cimbras y posteriormente proceder a retirarlas junto a la extracción de mineral proveniente de la corona.

Zonas de Aplicación:

La recuperación de pilares se debe de ejecutar en ventanas explotadas sobre los niveles superiores al nivel 970, ello influenciará en la propagación del caving dejando que el flujo gravitacional actúa sobre zonas inferiores y así evitar el ingreso de agua en zonas secas donde se prevé ejecutar posteriores diseños de caving.

Evidencia de zonas donde se emplea el retiro de cimbras con éxito, son las siguientes:



Figura N° 38: Cuerpo Rosaura, Nivel 920 – Piso 0

Para estos casos de zonas secas en producción, se ha realizado la extracción de cimbras mediante voladura secundaria, posterior a la explotación de los taladros de producción en abanico.

Las condiciones necesarias que se han empleado para el retiro de cimbras, son las siguientes:

- Que no exista presencia de agua.
- Que las cimbras se encuentren dobladas luego de detonar los taladros de producción en abanico.

Los resultados de ejecutar este procedimiento se muestran a continuación:

CATAS NV 1020 P-16

	Reserva Programada (Ton)	Total Extraído (Ton)	Diferencia	Estado
V1	1333	1489.2	156.2	EXPLOTADO
V2	3678	4362.2	684.2	EXPLOTADO
V3	4299	3301.4	-997.6	EXPLOTADO
V4	5326	5222.4	-103.6	EXPLOTADO
V5	5731	7157	1426	EXPLOTADO
V6	5655	8918.2	3263.2	EXPLOTADO
V7	7246	8197.4	951.4	EXPLOTADO
V8	7174	7163.8	-10.2	EXPLOTADO
V9	7518.00	7752	234	EN EXPLOTACION
V10	8795	5049	-3746	EN EXPLOTACION
V11	860.00	2220.2	1360.2	EN EXPLOTACION
V12	3899	1417.8	-2481.2	EN EXPLOTACION

Tabla N° 25

Estos resultados demuestran que en promedio se están extrayendo 700 toneladas de mineral extras por ventana explotada, generando la recuperación del pilar ubicado sobre la corona.

Recomendaciones:

Si bien el retiro de cimbras se ha estado realizando con éxito sobre ventanas en explotación, la propuesta inicial es de realizar el retiro

de cimbras sobre ventanas ya explotadas en los niveles superiores al nivel 1070, esto permitirá brindar mayor continuidad al caving y obtener mejores resultados para las pruebas posteriores sobre cuerpos de mayor profundidad como lo son las zonas de Catas Nv. 1020 P-8, Catas Nv 1020 P-0, Esperanza Norte Nv 870 P-4, Esperanza Norte Nv 920 P-19, Mascota Nv 1120 P-16, entre otros.

4.8.2 Perforación inclinada + pre-carguío

Propósito:

El siguiente paso para mejorar la recuperación de mineral y brindar continuidad al flujo gravitacional sobre las ventanas de explotación por Sub Level Caving, es realizar la explotación de taladros de producción inclinados en abanico con la finalidad de generar una visera de protección sobre la corona y así generar un ángulo de reposo de mineral adecuado para el ingreso de los equipos LHD y limpieza. Además se establece el pre-carguío de taladros en la ventana de explotación dada las condiciones del material a perforar (esponjamiento, deleznable).

Ejecución:

Los pasos y procedimientos a ejecutarse son los siguientes:

- Perforar un slot y extraer de acuerdo al diseño especificado en los siguientes capítulos.
- Realizar el pre-carguío de 6 abanicos, perforados con inclinación de 80°.

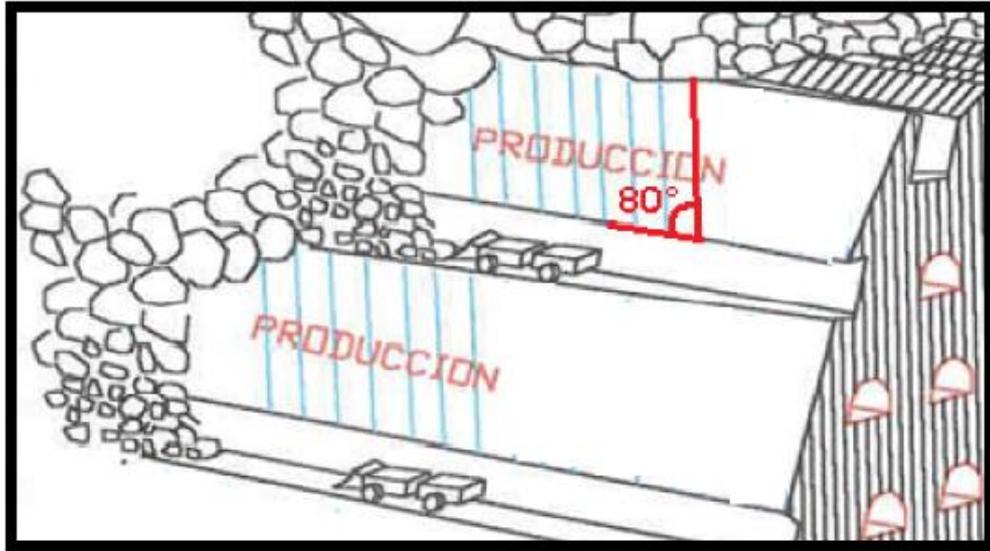


Figura N°39 Perforación inclinada + pre carguío

- Realizar la explotación de 2 abanicos a la vez, en retirada.
- Influencia de la geometría de salida en el ancho de extracción:

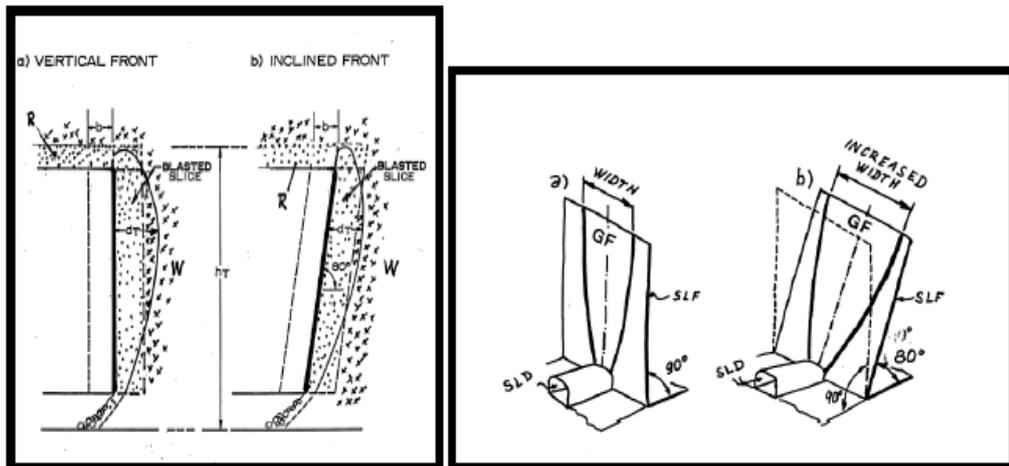


Figura N°40: Influencia de la geometría de salida en el ancho de extracción.

El ancho puede incrementarse debido a la inclinación de 80°, además que genera una visera de protección.

4.8.2 Generación del slot, diseño de malla de perforación

4.8.2.1 Diseño de Slot – Corona

El slot se realizará con la finalidad de generar un espacio o cara libre para los posteriores taladros de producción. Se considera inicialmente la detonación de 2 abanicos Slot.

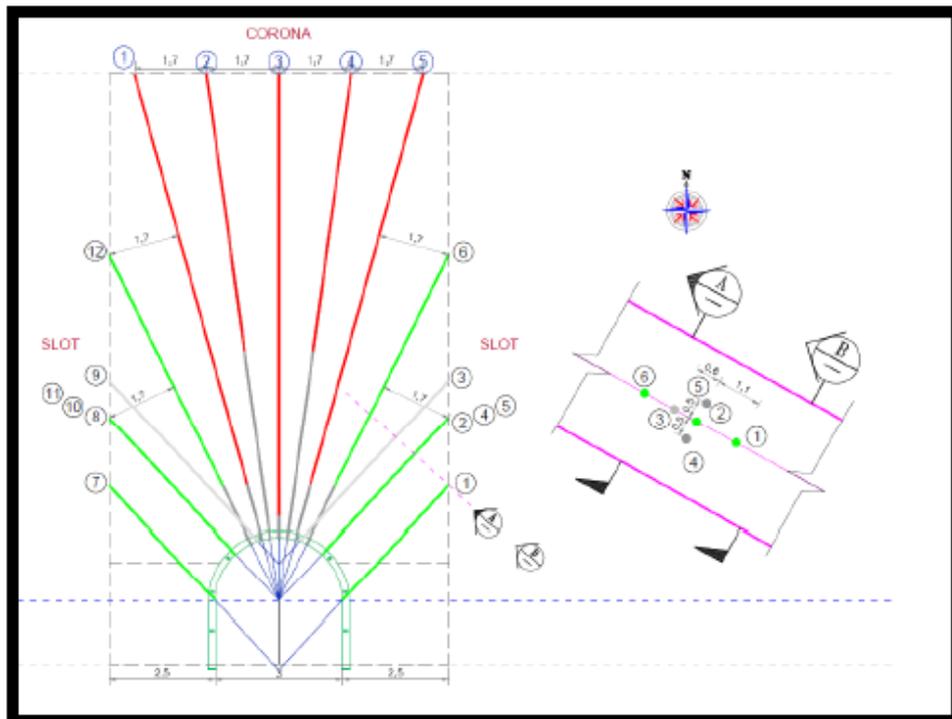


Figura 52: Diseño de Slot – Corona

Donde:

Taladro cargado – Slot

Taladro cargado – Corona

Taladro Vacío

Los valores del diseño y detalle se encuentran en la sección

Anexos

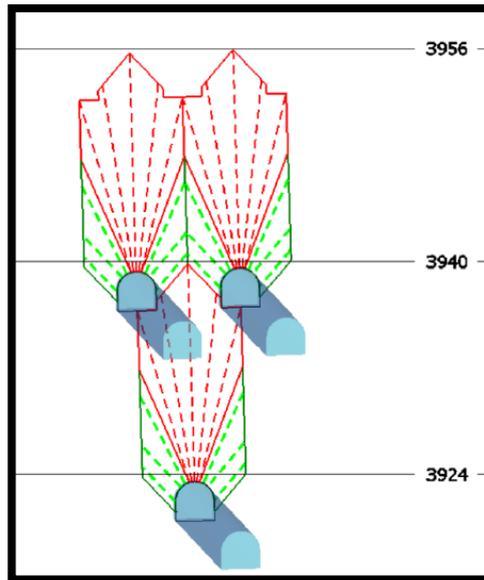


Figura N° 41: Vista 3D de tiros para Slot-Corona en diferentes niveles

La finalidad de emplear estos diagramas en niveles posteriores es eliminar el uso de bolsillos laterales, ya que estos exponen a los chuteros a posibles eventualidades.

4.8.2.2 Diseño taladros de producción

A continuación, se presenta el diseño de los taladros de producción:

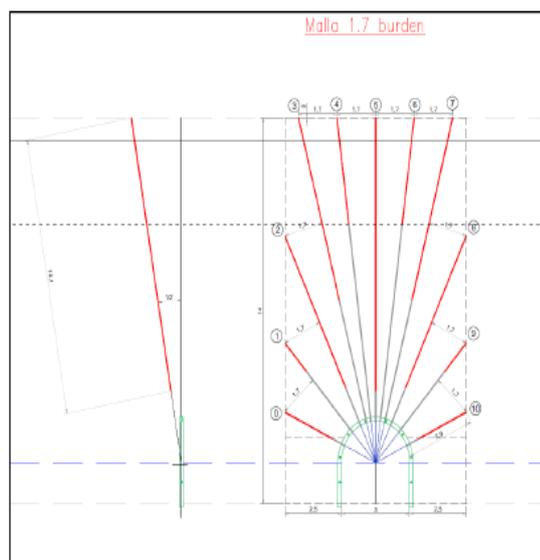


Figura N°42: Diseño taladros de producción

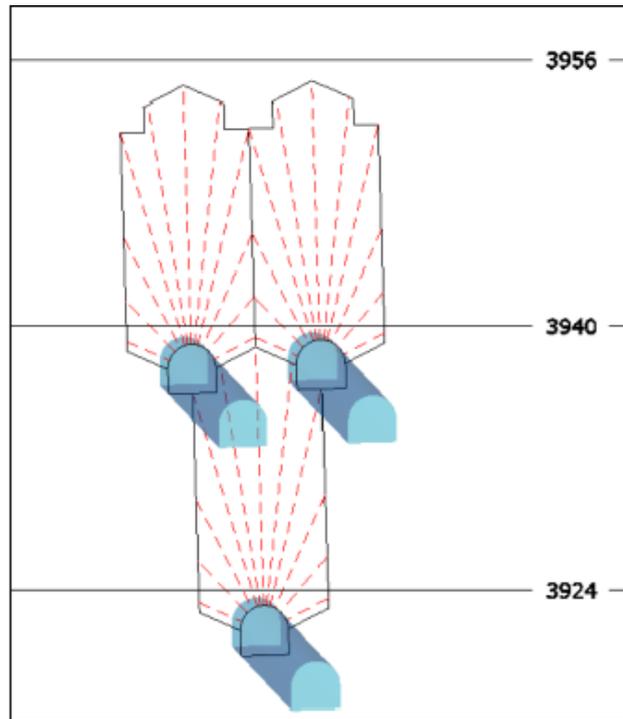


Figura N° 43: Diseño 3D taladros de producción

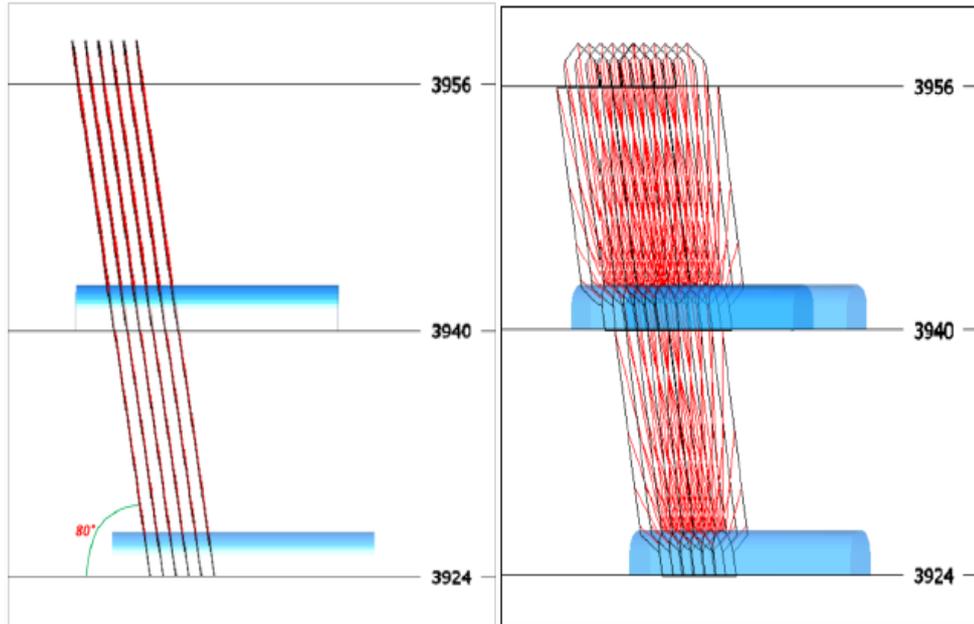


Figura N°44: Avance taladros de producción

4.8.2.3 Cálculo de Volumen – Tonelaje: Slot – Corona – Abanico de Producción

Los diagramas de disparo mostrados en la sección anterior, deben estar justificados en base al esponjamiento propio del material.

Como se mostró en la secuencia de minado, la detonación y limpieza del Slot debe generar espacio suficiente para la detonación y esponjamiento de los taladros ubicados sobre la corona (dentro de la misma malla del Slot); posteriormente la detonación y limpieza de los taladros sobre la corona Slot, deben generar espacio suficiente para la detonación de los taladros de producción en abanico inclinado 10°.

El cálculo de volumen y tonelaje necesario para generar una adecuada secuencia de minado se muestra a continuación:

TONELAJE CORONA - SLOT - 2 Abanicos	
Volumen Total (Corona + Slot)	179.6
Tonelaje Total (Corona + Slot)	449.0
Volumen Corona	133.2
Tonelaje Corona	333.0
Volumen Esponjado Corona	40.0
Tonelaje Esponjado Corona	99.9

TONELAJE 2 ABANICOS PRODUCCIÓN	
Volumen Abanico	181.6
Tonelaje Abanico	454.0
Volumen Esponjado Abanico	54.5
Tonelaje Esponjado Abanico	136.2

El volumen requerido para detonar los taladros de la Corona (perteneciente al mismo abanico del Slot) es de 40.0 m³ o el equivalente a 100 Ton, tomando en cuenta el esponjamiento del material equivalente a un 30% “swell factor”.

El volumen extraído del Slot propiamente es de 46.4 m³ o el equivalente a 116 Ton, lo que justifica la tronadura de los taladros de la Corona-Slot al obtener espacio suficiente.

El volumen requerido para detonar los taladros de producción en abanico es de 54.5 m³ o el equivalente a 136.2 Ton.

El volumen extraído de la Corona-Slot es de 133.2 m³ o el equivalente a 333 Ton, lo que permite detonar los próximos 2 abanicos de producción debido a que existe espacio suficiente para el material esponjado proveniente de los taladros de producción.

Para estos cálculos se tomaron en cuenta los diagramas de disparo mostrados en la sección anterior así como un espaciamiento de 1m debido a la presencia de cimbras y densidad de material de 2.5 Ton/m³.

4.8.3 Secuencia de minado

Propósito:

La generación del Slot para el nuevo diseño de voladura busca parametrizar las operaciones unitarias dentro del ciclo actual del Sub LevelCaving, generando continuidad en el proceso de

explotación e incrementando la productividad del método actual.

Este nuevo diseño a

implementar 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.

Ejecución:

Para la realización de este procedimiento se debe tomar en cuenta los siguientes pasos:

- Generar dos slots laterales seguido de taladros inclinados en abanico, en total 2 líneas de perforación en el frente.
- Cargar las dos líneas en abanico y ejecutar el disparo tomando en cuenta la detonación de las cimbras mediante el plasteo al mismo tiempo.
- Luego de detonar los dos anillos correspondientes al Slot, realizar la limpieza y seguir con la perforación y pre-carguío de 6 anillos en abanico con 80° de inclinación como se estableció en el procedimiento anterior.
- Realizar la explotación de 2 anillos en 2.

A continuación se presenta etapa por etapa, como realizar la secuencia de minado considerando la generación del slot inicial:

ETAPA-1

- Se perfora y carga la malla del Slot correspondiente a dos abanicos consecutivos y 6 abanicos de producción
- Luego se procede a extraer el mineral quebrado proveniente netamente de la voladura de los Slots laterales, extrayéndose en total 46.4 m³ o el equivalente a 116 Ton de mineral



Figura N°45

ETAPA 2

- Se procede a iniciar los taladros restantes sobre la corona de la malla-Slot, en esta etapa se cortan las cimbras que soportan el slot.
- Luego se procede a extraer el mineral quebrado proveniente netamente de la voladura de la corona-Slot, extrayéndose 133.2 m³ o el equivalente a 333 Ton de mineral.

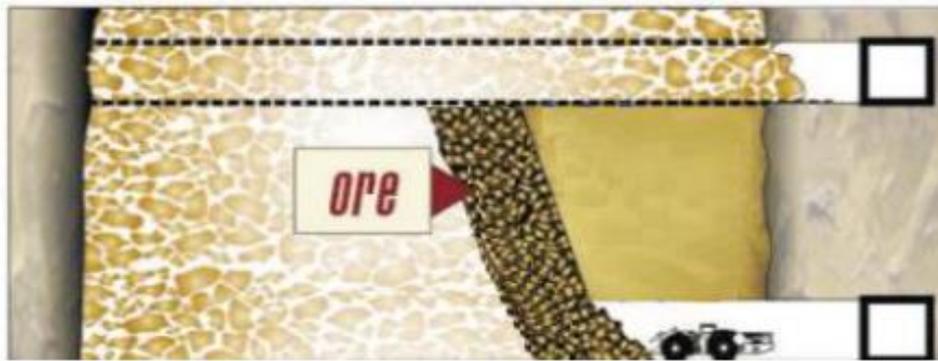


Figura N°46

ETAPA - 3

- Se procede a iniciar dos abanicos de producción restantes junto a cortar las dos cimbras que los sostienen.



Figura N°47

ETAPA - 4

- Se procede a detonar 2 abanicos correspondientes a los taladros de producción.
- Luego se procede a extraer todo el mineral quebrado netamente de la voladura de producción, pudiéndose extraer 181.6 m³ o el equivalente a 454 Ton de mineral.
- Considerar la detonación de las cimbras durante el proceso mediante plasteo.

Seguir la secuencia con los próximos taladros de producción



Figura N°48

Zonas de Aplicación:

- La prueba 1 se realizará en la ventana N°6, cuerpo esperanza norte nivel 870 piso 4
- La prueba 2 se hará en 4 ventanas consecutivas del cuerpo esperanza norte - nivel 920 piso 19
- Otro sector para seguir pruebas es Catas nivel 1020 piso 8 V3, V4, V5, V6

CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos a la fecha, respecto al proyecto Yauricocha, se obtienen las siguientes conclusiones respecto a la malla de extracción y recursos remanentes:

1. Para el dimensionamiento de mallas de extracción, fueron evaluados diferentes ancho de pilar entre ventanas de explotación para los sectores Esperanza, Catas, Rosaura-Antacaca Sur y Antacaca en modelos de flujo gravitacional. Los resultados arrojados en términos de recuperación minera y tonelaje son los siguientes:

Sector	Recuperación			Dilución		
	4m	5m	7m	4m	5m	7m
Esperanza	85%	80%	76%	38%	36%	34%
Catas	80%	78%	76%	38%	43%	52%
Rosaura-Antacaca Sur	84%	80%	76%	26%	30%	31%
Antacaca	84%	83%	76%	32%	30%	39%

2. La evaluación de anchos de pilares muestran una disminución de la recuperación minera del orden de un entre un 4 a 9% al pasar desde un ancho de pilar de 4m a un ancho de pilar de 7m.

3. En general la tendencia de la dilución es a aumentar en la medida que se genera un mayor espaciamiento entre puntos de extracción. Lo anterior ocurre en los casos de Catas, Rosaura-Antacaca Sur, y Antacaca. Esperanza presenta una leve disminución de la dilución a mayor espaciamiento, pero en términos generales, la dilución no

presenta grandes diferencias, promediando cerca de 36% de dilución.

4. El ancho de pilar óptimo, en términos de valor, es de 7m para Esperanza, 4m para Catas, 7m para Rosaura-Antacaca Sur y 5m para Antacaca.

5. En términos de ritmo de explotación para los recursos remanentes de Yauricocha entregan que la mejor opción económica corresponde a 3000 tpd, arrojando un VAN referencial de 537 MUS\$ para una ley de corte de 60 \$/t, valor mayor a los 461 MUS\$ referenciales correspondientes a 7000 tpd con una ley de corte de 40 \$/t.

RECOMENDACIONES

- ✓ El método es preferido para yacimientos en los cuales el mineral económico sea fácilmente hundible. Sin embargo, esta situación es diferente cuando los límites de mineral son determinados por la Ley de Corte.
- ✓ Si bien el retiro de cimbras se ha estado realizando con éxito sobre ventanas en explotación, la propuesta inicial es de realizar el retiro de cimbras sobre ventanas ya explotadas en los niveles superiores al nivel 1070, esto permitirá brindar mayor continuidad al caving y obtener mejores resultados para las pruebas posteriores sobre cuerpos de mayor profundidad como lo son las zonas de Catas Nv. 1020 P-8, Catas Nv 1020 P-0, Esperanza Norte Nv 870 P-4, Esperanza Norte Nv 920 P-19, Mascota Nv 1120 P-16, entre otros.
- ✓ La correcta aplicación del diseño propuesto (Slot) y secuencia de operación, permitirá eliminar la actividad llamada "Chuteo" la cual expone de manera riesgosa a los operarios ante eventos inesperados. La secuencia propuesta permite la ejecución de un método de minado más seguro y además incrementará la utilización de los equipos y recursos para los niveles de explotación, es decir mientras algunas ventanas se encuentran en preparación, las próximas se encontrarán en perforación de producción, permitiendo rotar el ciclo y optimizar la secuencia para lograr la preparación adecuada y tonelaje establecido en la carta de tiraje

BIBLIOGRAFIA

- Compañía Minera Corona S.A.A: Archivo departamento de Minas.
- Compañía Minera Corona S.A.A: Archivo departamento de Geología
- INGEMMET : Análisis del Estado Tecnológico de los Métodos de Explotación Subterránea Aplicados en la Minas del Perú
- Carlos López Jimeno : Manual de Perforación y Voladura de Rocas
- Diseño conceptual del método de hundimiento por subléveles en Yauricocha.
- Empresa Minera Los Quenuales S.A.: Perforación y Voladura Long Hole, Métodos de Explotación SLC y SLV.

ANEXOS

ANEXOS



Ventanas con sus tapones



Perforación de taladros para recuperar los pilares de mineral



Mineral en las ventanas del S.L.C



**Scoop tram en
limpieza el mineral**