



**UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE MINAS**

**DISEÑO MINERO CONCEPTUAL DEL SECTOR PANEL 4 DE LA MINA 4 SUR**

**MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL DE MINAS**

**EDUARDO ANDRÉS VILLALOBOS BASCUÑÁN**

**PROFESOR GUÍA:  
FELIX ANDRÉS SUSAETA MARGULIS**

**MIEMBROS DE LA COMISIÓN:  
FELIX SUSAETA MARGULIS  
ENRIQUE RUBIO ESQUIVEL  
JAIME CHACON FERNANDEZ**

**SANTIAGO DE CHILE  
AGOSTO 2008**

## **Agradecimientos**

Al departamento de Ingeniería en Minas de la Universidad de Chile.

A la división El Teniente y en especial a Víctor Arce, un gran amigo y profesional dentro de la faena.

A mis compañeros de carrera que hicieron de estos años los mejores de mi vida.

A mis profesores guía que de alguna u otra forma se hicieron el tiempo para ayudarme con el trabajo de título.

*A mi madre, hermanos y familia materna, que fueron sin duda alguna un pilar fundamental en mi formación.*

## RESUMEN

El proyecto panel 4 de la mina Teniente 4 Sur Codelco Chile forma parte de la cartera de proyectos de contingencia de la división, que tiene por finalidad recuperar reservas de buena ley en sectores colapsados, que fueron abandonados con una baja extracción..

Se define aplicar el método de explotación por hundimiento *Panel Caving* basado en los resultados de la metodología de Nicholas, considerando:

- El tipo de roca en donde se encuentra emplazado el polígono a explotar.
- La experiencia positiva adquirida en la recuperación de reservas en los colapsos de los paneles 1 y 2 del lado norte de la misma mina Teniente 4 Sur.

No se considera la construcción de un nivel de hundimiento, ya que el sector fue hundido previamente y se extrajo hasta un 5% de su tonelaje, por lo que se aprovecha la excavación de las zanjas del nivel de producción, para generar la socavación y de esta manera recuperar las reservas del área superior colapsada.

El nivel de producción del proyecto Panel 4 Teniente 4 Sur, se emplaza en la misma cota donde se encuentra el subnivel de ventilación (SNV) de Teniente 4 Sur, abarcando un área de 16.300 [m<sup>2</sup>], a una cota 2.341 [m.s.n.m.]. La producción se entrega a los cruzados 55 y 60 de FFCC Teniente 5 y desde allí es destinada a la planta de beneficio ubicada en Colón.

La malla de extracción considerada es de 15 [m] x 17,2 [m], con orientación de las calles N-S y las zanjas ubicadas en posición N 60° W.

Las reservas quebradas sobre el nivel de producción propuesto del Panel 4, corresponden a 15,4 millones de toneladas con ley media de 1,27 [%] CuT. El proyecto considera un tiempo de desarrollo y construcción de 8,8 meses. La producción estimada para el primer año de 3.300 [tpd], alcanzando un régimen de 7.000 [tpd], desde el segundo año con un tiempo de vida de 7 años.

La evaluación económica para el proyecto entrega un VAN de 138.541 [KUS\$]

Se recomienda asegurar el hundimiento del sector sur del Panel 4 con un frontal caving en retroceso (de norte a sur) en el nivel de producción antiguo, antes de quemar las zanjas del nuevo nivel.

# Índice

<b>RESUMEN .....</b>	<b>4</b>
<b>1 INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>9</b>
1.1 Objetivo.....	9
1.2 Alcances .....	9
<b>2 INFORMACIÓN BASE Y METODOLOGÍA DE ANÁLISIS .....</b>	<b>10</b>
2.1 Información histórica mina y sector.....	10
2.2 Colapsos .....	11
2.3 Esfuerzos .....	11
2.4 Extracción .....	12
2.5 Información base .....	13
2.5.1 Ubicación sector colapsado.....	13
2.5.2 Perfil y planta del sector a estudiar.....	14
2.5.3 Geología del sector panel 4 .....	15
2.5.3.1 Litología.....	15
2.5.3.2 Estructuras geológicas .....	16
2.5.4 Geotecnia .....	17
2.5.4.1 Propiedades geotécnicas de la roca intacta .....	17
2.5.4.2 Clasificación geotécnica del macizo rocoso .....	18
2.5.5 Subsistencia sobre el proyecto.....	18
2.5.6 Fragmentación.....	19
2.5.6.1 Resultados del análisis de la fragmentación .....	20
2.5.7 Tiraje del sector panel 4 .....	21
2.5.8 Dilución.....	21
<b>3 SELECCIÓN DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN.....</b>	<b>22</b>
<b>4 MALLA DE EXTRACCIÓN .....</b>	<b>23</b>
4.1 Operativización de la malla de extracción.....	26
4.2 Orientación general de calles y zanjas .....	29
<b>5 RETROANÁLISIS DE LA EXTRACCIÓN EN SECTOR DE COLAPSO .....</b>	<b>30</b>
<b>6 CALCULO RECURSOS REMANENTES.....</b>	<b>31</b>
<b>7 ANÁLISIS DE PISOS DE EXTRACCIÓN.....</b>	<b>31</b>

<b>8</b>	<b>ELECCIÓN PISO NIVEL DE PRODUCCIÓN .....</b>	<b>33</b>
<b>9</b>	<b>DISEÑO GENERAL DE OBRAS PANEL 4.....</b>	<b>34</b>
9.1	Accesos.....	34
9.2	Calles .....	34
9.3	Zanjas .....	34
9.4	Bateas colectoras de mineral.....	34
9.5	Puntos de extracción .....	35
9.6	Puntos de vaciado mineral.....	35
9.7	Puntos de vaciado marinas .....	35
9.8	Circuito de ventilación del proyecto .....	35
9.9	Equipos.....	36
<b>10</b>	<b>PLAN MINERO.....</b>	<b>36</b>
10.1	Reservas extraíbles .....	36
10.2	Plan de producción.....	37
<b>11</b>	<b>DESCRIPCIÓN DEL PROCESO .....</b>	<b>38</b>
11.1	Preparación.....	38
11.2	Operaciones .....	38
11.3	Extracción y traspaso de mineral.....	38
11.4	Transporte intermedio interior mina (teniente 5 sur) .....	39
11.5	Nivel de acarreo principal (teniente 8) .....	39
11.6	Dotación .....	39
<b>12</b>	<b>EVALUACIÓN ECONÓMICA .....</b>	<b>40</b>
12.1	Inversiones.....	40
12.2	Operación mina.....	40
12.3	Indicadores económicos.....	41
<b>13</b>	<b>RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES.....</b>	<b>42</b>

<b>14</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>43</b>
<b>15</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>44</b>
<b>15.1</b>	<b>CONCEPTOS Y TEORÍA UTILIZADA. ....</b>	<b>45</b>
<b>15.2</b>	<b>FIGURAS, PLANOS Y TABLAS COMPLEMENTARIAS. ....</b>	<b>53</b>
15.2.1	Colapsos anteriores, panel 1 y 2.....	53
15.2.2	Fragmentación por puntos de extracción sector colapsado .....	53
15.2.3	Metodología de Nicholas.....	54
15.2.4	Histórico extracción puntos sector colapsado.....	58
15.2.5	Recursos remanentes cota 2354 .....	60
15.2.6	Recursos remanentes cota 2341 .....	62
15.2.7	Recursos remanentes cota 2321 .....	64
15.2.8	Infraestructura en el snv cota 2341 .....	66
15.2.9	Plano planta nivel producción (cota 2354).....	66
15.2.10	Plano planta sector colapsado snv(cota 2341) .....	67
15.2.11	Plano planta sector colapsado sub 4 martillos( cota 2321).....	68
15.2.12	Plano planta sector colapsado acarreo (cota 2287) .....	68
15.2.13	Inversion en desarrollos panel 4.....	69
15.2.14	Flujo de caja para el proyecto.....	70

## Índice de tablas

Tabla nº 1. Niveles y sus Cotas .....	13
Tabla nº2: Propiedades Geotécnicas de la Roca Intacta para los Distintos Tipos Litológicos .....	17
Tabla nº3: Índice de Calidad Geotécnica para Macizo Rocoso de las Distintas Unidades Litológicas del sector Panel 4 .....	18
Tabla nº4. Resumen selección de método de explotación mediante metodología de Nicholas .	22
Tabla nº5: Datos geotécnicos de sector Panel 4 Mina 4 Sur.....	23
Tabla nº6: Diferencia RMR roca mineralizada y roca caja .....	24
Tabla nº7: Especificaciones equipo disponible para el sector. ....	26
Tabla nº8: Simbología ocupada para describir distancias en la malla. ....	27
Tabla nº9: Dimensiones de la operativización de la malla de extracción.....	27
Tabla nº10: Formulismo para el cálculo del largo de la zanja para la malla de extracción .....	27
Tabla nº12: Alturas extraídas de los puntos de extracción en estudio.....	30
Tabla nº13: Recursos remanentes por nivel a estudiar (Anexo B.e y Anexo B.f).....	31
Tabla nº 14. Sección de la infraestructura presente en niveles inferiores. ....	31
Tabla nº 15. Reservas extraíbles.....	36
Tabla nº16: Plan de Producción .....	37
Tabla nº17. Dotación operación del Proyecto Panel 4.....	39
Tabla nº18: Inversiones mina .....	40
Tabla nº19 : Costos de operación mina.....	40
Tabla nº20: Parámetros utilizados en la evaluación económica.....	41
Tabla nº21: Evaluación económica.....	41
Tabla nº23 : Resumen recursos a recuperar panel 1 y 2.....	53
Tabla nº24 : Distribución tamaños de fragmentación .....	53
Tabla nº25 :Evaluación mediante Nicholas de la Geometría y grado de distribución de la ley ...	54
Tabla nº26 : Evaluación mediante Nicholas de las características geomecánicas del sector panel 4 .....	55
Tabla nº27 : Evaluación mediante Nicholas de la geometría y distribución de leyes en el cuerpo .....	55
Tabla nº28 : Evaluación mediante Nicholas de la pared colgante según su calidad de roca.....	56
Tabla nº29 : Evaluación mediante Nicholas del footwall y la zona mineralizada según su calidad de roca .....	56
Tabla nº30 : Evaluación final mediante la metodología de Nicholas.....	57
Tabla nº 31: Histórico de Extracción Puntos .....	59
Tabla nº 32 Recursos remanentes a la cota 2355 .....	61
Tabla nº 33 Remanentes cota 2341 .....	63
Tabla nº 34 Remanentes cota 2321 .....	65
Tabla nº 35 . Inversión en desarrollos y preparaciones Proyecto Panel 4.....	69
Tabla nº 36 . Flujo de caja para el proyecto panel 4. ....	70

# **1 Introducción**

El Panel 4 es parte de una serie de proyectos de Contingencia de la División El Teniente, que tienen por objetivo principal dar cumplimiento al tonelaje planificado por la mina para los años siguientes.

La consideración principal es recuperar reservas que en su oportunidad fueron desechadas debido al colapso de las galerías del Nivel de Producción original de la mina Teniente 4 Sur.

Las reservas de mineral de este sector denominado Panel 4 ascienden a 15,4 Mton con 1,27 % CuT a la cota 2341 m y su producción se extenderá durante 6,8 años. El área comprende 16.300 m<sup>2</sup> y se conceptualiza la utilización del método de Panel Caving.

## **1.1 Objetivo**

El objetivo principal del trabajo de título consiste en la evaluación del sector colapsado denominado Panel 4, proponiendo un diseño minero a nivel conceptual para el sector de producción que se encuentra bajo la zona colapsada.

## **1.2 Alcances**

El alcance consiste en realizar el diseño minero incluyendo plantas y secciones del panel 4 de la mina Teniente 4 Sur, la cual se encuentra bajo una zona recientemente colapsada.

En los alcances se considera:

- Elección del método de explotación.
- Estimación cota del nuevo nivel de producción.
- Diseño malla extracción.
- Plano del nivel de producción
- Programa de producción.
- Evaluación económica.

## 2 Información base y metodología de análisis

A continuación se presenta información de importancia para conocer y caracterizar el sector en el cual se realizará la ingeniería conceptual.

### 2.1 Información histórica mina y sector

Desde su inicio el 29 de Abril de 1905 Mina El Teniente ha sufrido innumerables transformaciones hasta llegar a lo que se conoce hoy en día, siendo uno de los principales cambios las propiedades litológicas del mineral al ir profundizando el yacimiento, de las que se puede mencionar un paso desde un mineral con enriquecimiento secundario con presencia de óxido de cobre, hacia un mineral primario de sulfuros de cobre. Acompañando a este cambio litológico se encuentra una mayor resistencia del mineral in situ, lo que llevó a un cambio en el método de explotación desde bloques a paneles, pasando de explotación convencional mediante parrillas a una explotación mecanizada de Panel Caving LHD, siendo este último método el que ha logrado manejar el mineral primario con mayor eficiencia incorporando en esta evolución equipos de bajo perfil (L.H.D.) ocupándose actualmente en la unidad 4 Sur equipos de 7 yd<sup>3</sup> (figura n°1).

Este cambio además de afectar el método de explotación ha generado un problema en cuanto a los niveles de hundibilidad de algunos sectores lo que provoca un bajo aprovechamiento de los recursos presentes, daños a las zanjas colectoras, sectores colgados de alto riesgo, presencia de colpas de tamaño no manejable, lo que a su vez obliga a la utilización de técnicas de reducción secundaria para obtener granulometría manejable por los equipos de carguío.

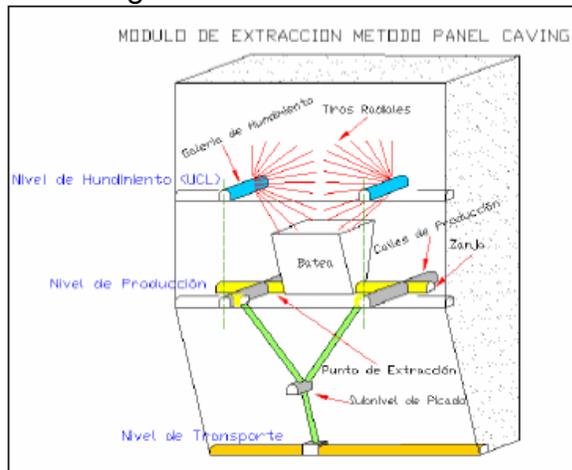


Figura n° 1: Esquema de extracción actual, Panel Caving LHD

## **2.2 Colapsos**

El nivel mina 4 Sur de la división El Teniente ha experimentado más de treinta áreas de inestabilidad durante su explotación. Varios profesionales y organizaciones han investigado estas áreas de inestabilidad. En algunas de las áreas, las causas de la inestabilidad están razonablemente bien entendidas. En muchas de las áreas, sin embargo, no existen explicaciones convincentes para estas inestabilidades. En algunos de estos casos es posible que no se encuentren explicaciones claras ya que parece que la mayoría de los pilares en Ten-4 Sur están altamente estresados y están cerca de ser sobrecargados. En esta situación, casi cualquier variación en la geología, geometría y/o esfuerzos aplicados puede empujar un pilar de otra manera estable a una condición de fallamiento.

### **Colapsos de los sectores panel 1 y 2**

En el inicio de la explotación de la mina estos colapsos ocurridos al norte del Panel 4 que involucraron cerca de 10 eventos sumando un total de 16 Mton, las cuales tuvieron gran incidencia en la planificación de la mina El Teniente.

Estos abarcan lo que se llamó el colapso 8 con el tonelaje ya descrito y una ley media de 1,14% Cu.

El sector se emplazó en su mayoría en Diorita primaria con esfuerzos in-situ de alrededor de 70 Mpa.

Los pilares que pasaron de 14 metros a alturas sobre 20 metros tuvieron un comportamiento aceptable durante toda la vida del proyecto sin necesidad de confinamiento mediante cable.

La ingeniería realizada en este sector tuvo como norte el aprovechamiento de la infraestructura y equipos existentes en la división, como así mantenimiento de la malla con motivo de hacer coincidir piques y conectar bateas con el nivel superior (antiguo nivel de producción), aumentado la altura de los pilares.

Los resultados fueron óptimos, se logró la planificación del tonelaje y no hubo colapso a pesar del mantenimiento del diseño y el aumento de la altura de los pilares. (ver anexo 15.2).

## **2.3 Esfuerzos**

Los estudios realizados en el sector muestran que no se generan esfuerzos verticales importantes en la zona de avance del frente de hundimiento, esto debido a que en los sectores explotados en la parte superior de Ten 4 LHD el material quebrado no puede transmitir esfuerzos verticales altos, sin embargo existen esfuerzos de corte importantes, este fenómeno no explica por sí solo los colapsos en los pilares, pero puede jugar un papel importante en la resistencia de los pilares.

La orientación de las calles, zanjas y dirección de avance del hundimiento en el proyecto inicial de la mina 4 Sur podría no haber sido el ideal desde el punto de vista de

los esfuerzos en los pilares, aún pensando que podría ser ideal para manejar otros problemas (es decir, promoción del hundimiento, minimización de problemas con intersección de sistemas de fallas).

El esfuerzo máximo causado por el avance del frente de hundimiento es demasiado severo para la geometría general de pilares empleados en Teniente-4 Sur.

## **2.4 Extracción**

Una de las posibles causas de los colapsos es la extracción irregular o no uniforme en los puntos de extracción<sup>1</sup>.

### **Tiraje de los puntos de extracción:**

Algunos de los aspectos que podrían estar relacionados a las causas que inducen los colapsos corresponden a los siguientes: Falta de uniformidad de los puntos de tiraje; fuerte tiraje en sectores que rodean algunos colapsos; fuerte tiraje inicial en sector que colapsa, con largo período sin tiraje y luego cuando se vuelve a extraer el sector colapsados.

---

• <sup>1</sup> Analysis of the Extraction al Teniente 4 Sur – J. Alvia- Massmin 1992

## 2.5 Información base

A continuación se presenta la información base necesaria para el diseño del proyecto de extracción de los recursos del Panel 4, dentro de los cuales tenemos la ubicación del Panel 4, la Geología del sector, datos geotécnicos, subsidencia, fragmentación y el tiraje histórico de los puntos de extracción colapsados.

### 2.5.1 Ubicación sector colapsado

El Proyecto Panel 4 se ubica entre las coordenadas -180N a -300N y 1175E a 1340E, ubicándose los recursos a recuperar sobre el nivel de producción a una cota de 2354 m.s.n.m.(Figura nº2 y Figura nº3)

El sector Panel 4 está ubicado aproximadamente a 180 m al este de la pipa al extremo sur del sector Teniente 4 Sur bajo un colapso de aproximadamente 16.300 m2.

La infraestructura disponible bajo el sector colapsado es: ventilación a 14 m debajo del colapso, traspaso con martillos picadores a 20 m del sub nivel de ventilación, acarreo a 68 m del nivel de producción.

<b>Nivel</b>	<b>Cota</b>	<b>Función</b>
Producción	2354	Producción(Sector Colapso)
Ventilación	2341	Ventiladores
Traspaso	2321	Martillos Picadores
Acarreo	2287	Transporte FFCC Teniente 5

Tabla nº 1. Niveles y sus Cotas

## 2.5.2 Perfil y planta del sector a estudiar

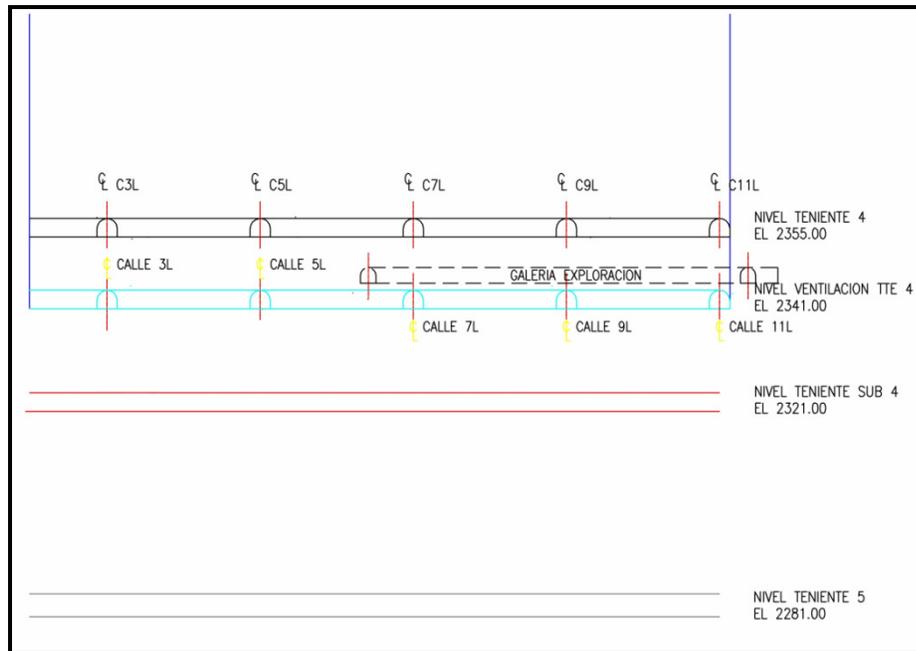


Figura n°2: Perfil del sector teniente 4 sur.

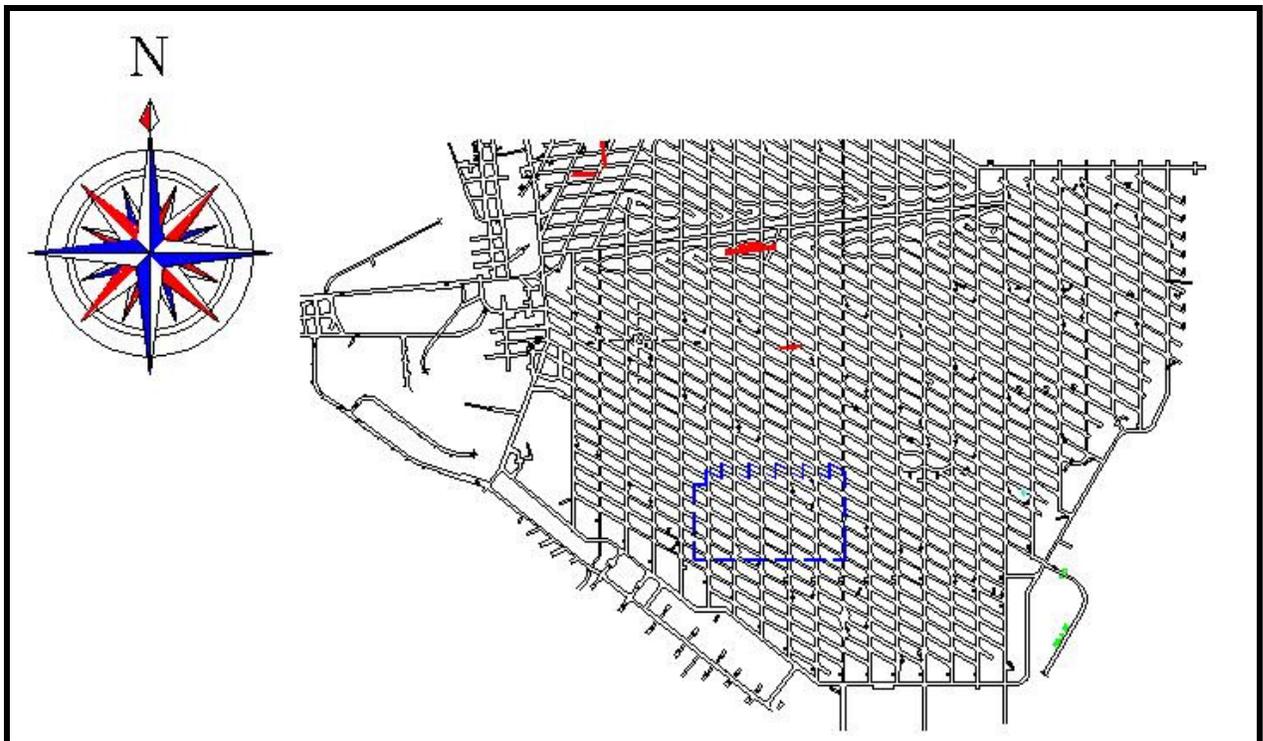


Figura n°3: Planta del sector 4 sur

## 2.5.3 Geología del sector panel 4

### 2.5.3.1 Litología

El sector que comprende el Panel 4 está formado hacia el Norte por roca del tipo CMET (Complejo Máfico El Teniente, ex Andesitas de la Mina) y Brecha de Anhidrita, hacia el Sur esta formado por Tonalita (Ex Diorita Sewell) y Brecha Ígnea de Diorita. (Figura nº4).

En el extremo Norte el Panel 4 está cortado por un dique de Lampróvido que tiene espesores de 1 [m] a 2,5 [m] con rumbos que varían de NE a NNE y manteo subvertical. En la intersección de la calle 3L con la zanja 69 atraviesa el dique, por lo cual se deberá evaluar si se utilizará la fortificación estándar en este sector.

Además existen dos diques de Cuarzo en el extremo Norte del Panel, que pueden causar problemas para el avance de los desarrollos, debido a su gran dureza.

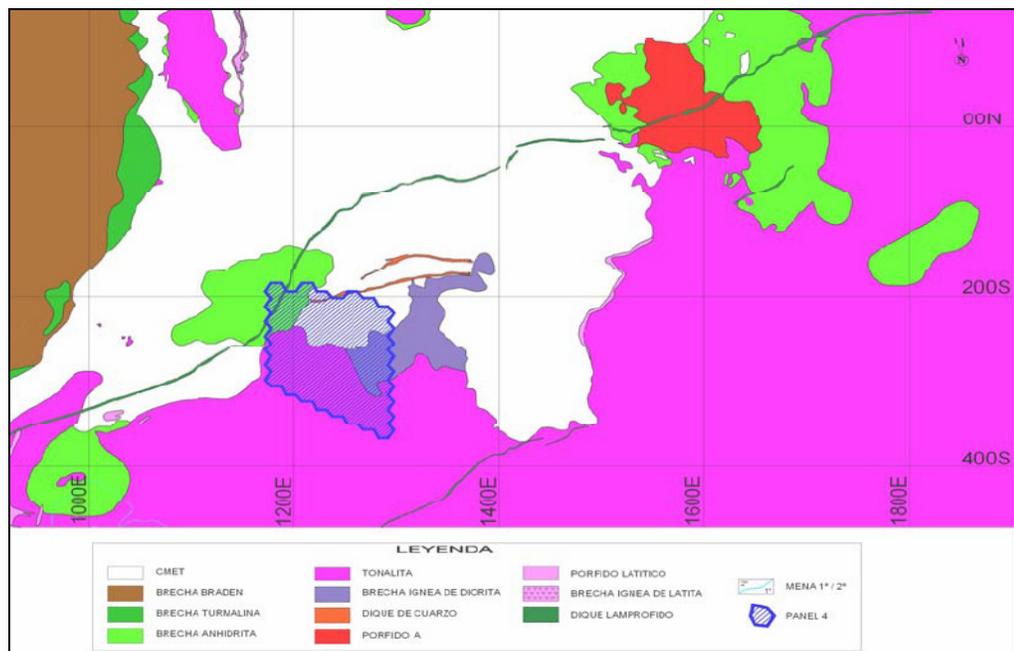


Figura nº4: Geología de la mina 4 sur

### 2.5.3.2 Estructuras geológicas

Estructuralmente el sector a analizar está inserto en un Dominio Estructural con rumbos Norte y NE(N 45° E a N 55° E) y manteos subverticales entre 80° a 75° NW, donde se destaca la presencia de la falla S.

Además en el extremo norte del sector existe la presencia de un dique de Lamprófidio, el cual tiene espesores que varían entre 1 y 2.5 m. con rumbos NE y NNE y manteos subverticales. (Figura n°5)

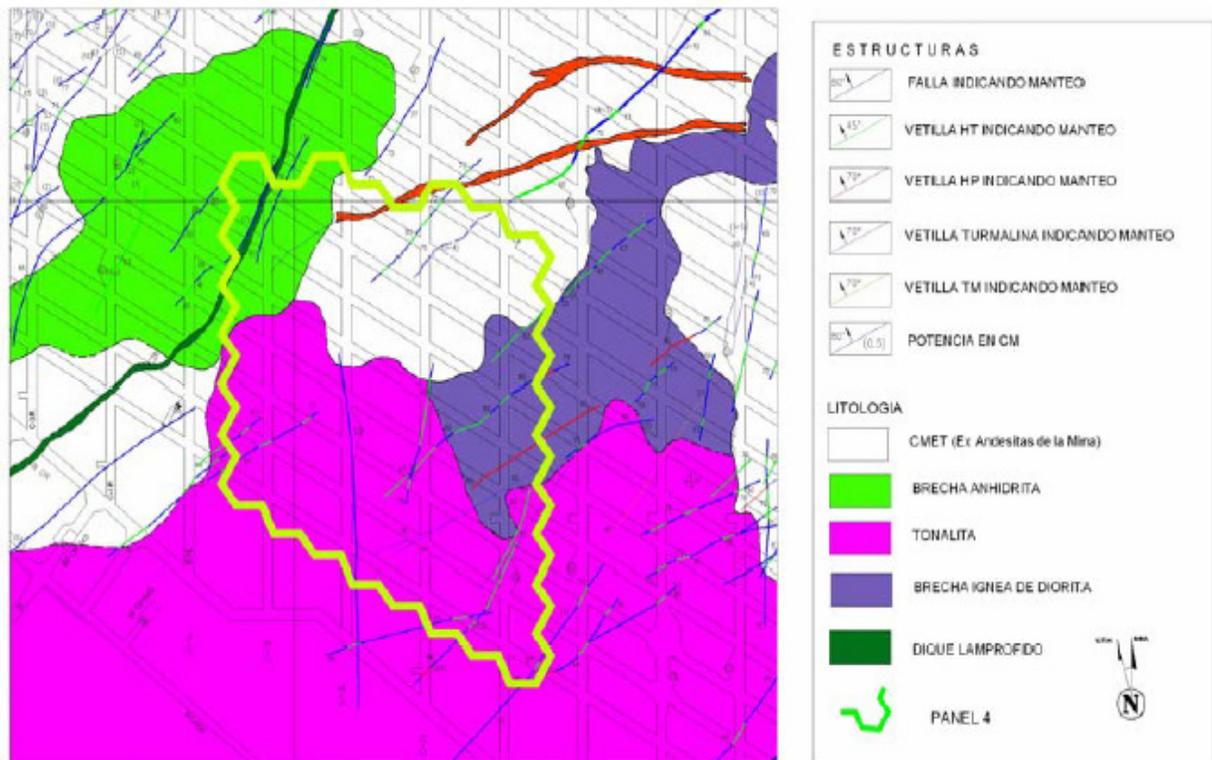


Figura n°5: Estructuras principales de la mina 4 sur

## 2.5.4 Geotecnia

A continuación se indican las propiedades geotécnicas de la roca intacta de los distintos tipos litológicos presentes en el sector a 4 Sur, además de la clasificación geotécnica del macizo rocoso y una zonación de calidad geotécnica.

### 2.5.4.1 Propiedades geotécnicas de la roca intacta

En la tabla a continuación se muestra un resumen de las principales propiedades de la roca intacta para los distintos tipos litológicos presentes en el sector bajo la zona de colapso, los cuales son: CMTE, Brecha de Anhidrita, Brecha Ígnea y Pórfido Diorítico.

Parámetros	CMET Lado Hw	CMET Lado Fw	Brecha Anhidrita	Brecha Ígnea Andesita	Pórfido Diorítico
Resistencia Compresión Uniaxial Simple, CUS [Mpa]	120	120	135	135	140
Resistencia en Tracción Indirecta, Ti [Mpa]	13	13	10	16	19
Densidad $\gamma$ (gr./cm <sup>3</sup> )	2,85	2,85	2,77	2,74	2,75
Porosidad, $\eta$ (%)	0,30	0,30	1,44	1,12	0,62
Módulo de Deformabilidad, $E_i$ [Gpa]	57	60	58	47	37
Razón de Poisson, $\nu$	0,17	0,11	0,17	0,12	0,19
Parámetro $m_i$ de Hoek-Brown	17,3	17,3	17	20,5	26
Parámetro $s$ de Hoek-Brown	1,0				
Parámetro $a$ de Hoek-Brown	0,5				
Parámetro $\sigma_{ci}$ de Hoek-Brown, [Mpa]	104	87	100	103	130
Parámetro $\sigma_{ti}$ de Hoek-Brown, [Mpa]	-6	-5	-5	-5	-10
Cohesión, $c_i$ [Mpa]	17	14	16	16	20
Angulo de Fricción, $\Phi_i$ [°]	46	46	46	48	50

Tabla n°2: Propiedades Geotécnicas de la Roca Intacta para los Distintos Tipos Litológicos

### 2.5.4.2 Clasificación geotécnica del macizo rocoso

Los índices de calidad geotécnica más empleados en la minería son: Index Rock Mass Rating (IRMR, Laubscher y Jakubec 2001) Rock Mass Rating (RMR, Bieniawski, 1989) Geological Strength Index (GSI, Marinos y Hoek, 2000) y el Q y Q' Index (Barton et al 1974).

Estos índices difieren principalmente en los parámetros geológicos usados para su cálculo. Históricamente en El Teniente estos índices no han mostrado diferencias relevantes para distintos sectores del yacimiento, en contraste con el diferente comportamiento geomecánico observado entre los distintos tipos litológicos de la mina. Sin embargo son relevantes para los distintos procesos mineros desde la planificación hasta la operación y permiten zonificar el macizo rocoso de acuerdo a su calidad geotécnica.

La tabla a continuación muestra las principales unidades geotécnicas y sus índices de calidad en valores típicos

Unidad Geológica	UCS (Mpa)	FF/m <sup>3</sup>	RMR <sub>B</sub>	IRMRL	GSI	RQD (%)
CMET Lado Hw	120	0-3	74-75	62-65	75-90	95-100
CMET Centro	120	6-9	66-72	53-58	70-90	90-100
CMET Lado Fw	120	10-13	66-70	53-56	70-85	85-100
Pórfido Diorítico	140	4-6	71-72	59-62	70-90	95-100
Brecha Anhidrita	135	4-6	72-73	58-63	80-90	90-100
Brecha Ígnea	135	4-6	71-72	59-60	70-90	90-100

Tabla nº3: Índice de Calidad Geotécnica para Macizo Rocosos de las Distintas Unidades Litológicas del sector Panel 4

### 2.5.5 Subsistencia sobre el proyecto

La subsidencia mas cercana es la de mina Esmeralda, a aproximadamente 400 m. al norte del Proyecto, la infraestructura del panel 4 no alcanzará a ser afectada ya que se espera que el tiempo de vida del proyecto sea menor al tiempo en la subsidencia alcance el limite del sector a explotar.

## 2.5.6 Fragmentación

Se realizó el estudio de la fragmentación del sector consultando a la base de datos existente en la división, con el objetivo de dar con un tamaño de partícula representativo para el diseño posterior de la malla de extracción del sector.

La información recolectada representa a la fragmentación de los puntos graficados en la figura nº 6, siendo un total de 57 puntos estudiados, para el resto de los puntos no se contaba con información al respecto.

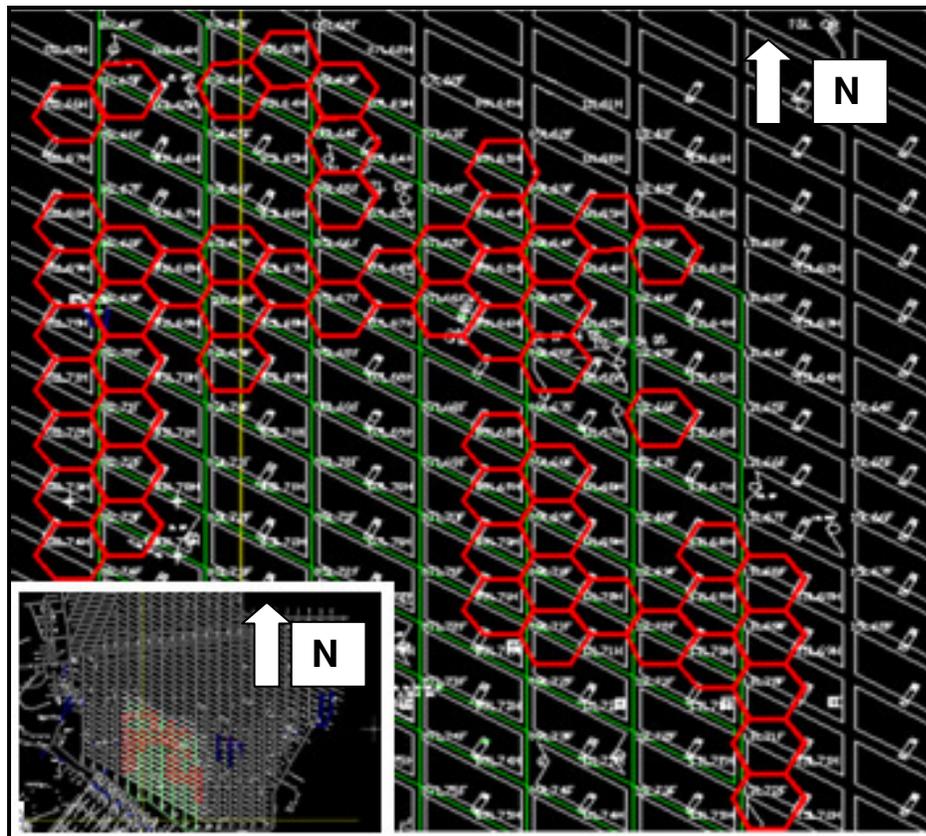


Figura nº6.: Puntos de extracción con información de fragmentación

### 2.5.6.1 Resultados del análisis de la fragmentación

El análisis fue efectuado a 57 puntos de extracción (Figura nº7) con información de fragmentación, cuyos datos arrojaron y resultados obtenidos dieron con la curva siguiente:

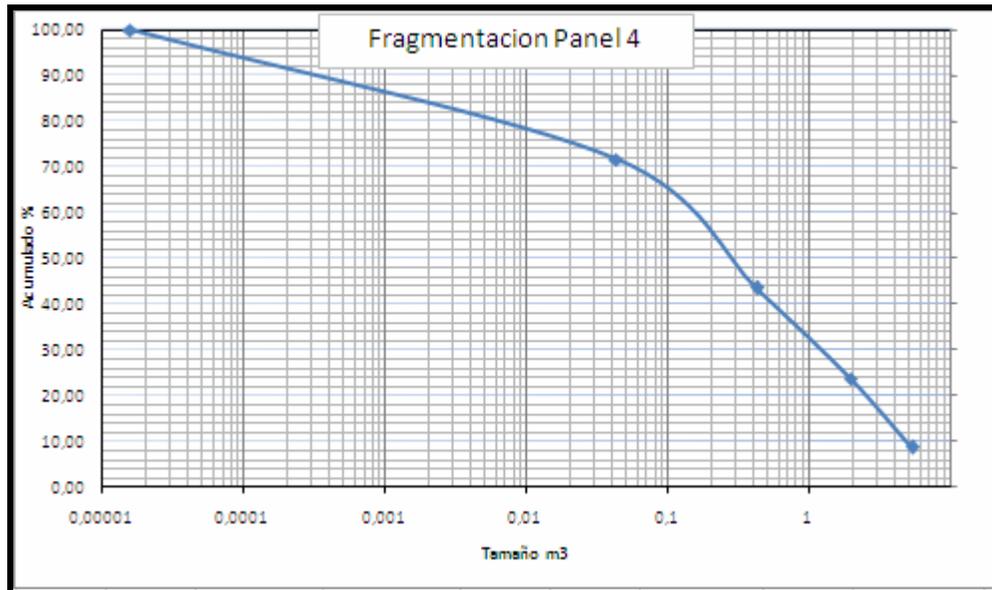


Figura nº7: Curva de fragmentación del sector Panel 4 mina 4 sur

Para las etapas posteriores se trabajara con el porcentaje del tamaño sobre 1m<sup>3</sup> de la frecuencia del tamaño en los puntos (Anexo 15.2.4).

## 2.5.7 Tiraje del sector panel 4

Se realizó la recopilación de la información de extracción del sector en estudio desde el año 1996 hasta el año 2006, dando con un resultado de 704.573 toneladas extraídas lo que representa no mas del 5% de los recursos totales extraíbles del sector, siendo en promedio no mas del 1,7% la extracción por columna (anexo 15.2.4) respecto a sus tonelaje total extraíble. (Figura nº8)

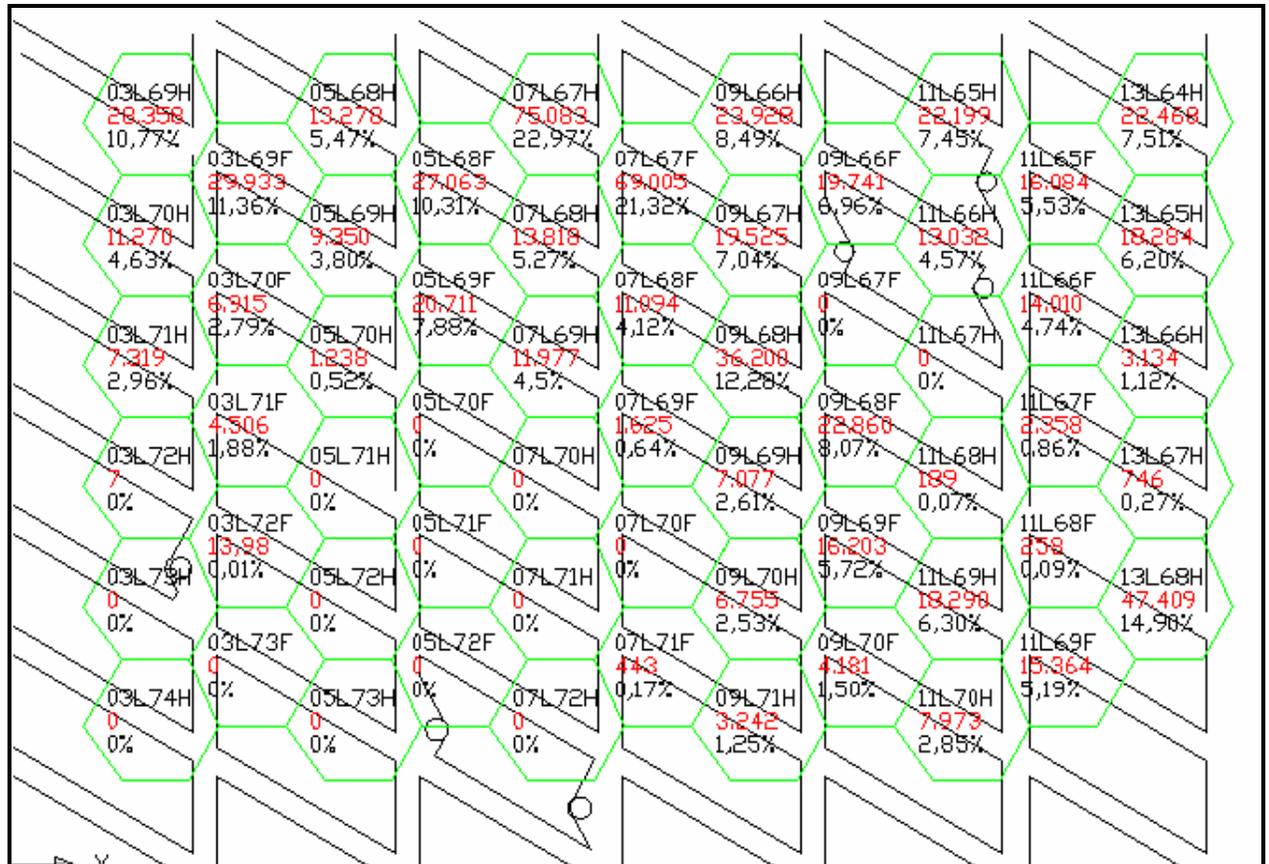


Figura nº8: Representación de la extracción por punto (tonelajes) y porcentaje de la columna extraída.

## 2.5.8 Dilución

La dilución extraída de la base de datos de la división El Teniente arrojó para todos los puntos en estudio un valor de 0, dado que se trata de mineral primario quebrado y en quiebre, el cual no tuvo suficiente extracción como para llegar a la entrada de dilución.

### 3 Selección del método de explotación

Para determinar el método mas apropiado de explotación para el sector Panel 4 se utilizó el método de Nicholas, el cual utiliza datos característicos de la zona de interés para poder dar con un procedimiento de extracción que genere el mayor beneficio posible.

Este método asigna un valor según las características del sector en estudio, evaluándose la geometría del cuerpo mineralizado, la calidad de la roca, la forma de mineralización del yacimiento y las estructuras presentes en el macizo rocoso, todo esto es llevado a una evaluación final en la cual el método que de mayor puntaje es el adecuado.

Dadas las características del sector los métodos posibles a evaluar fueron: Block Caving y Front Caving

Los resultados siguientes son los finales para los métodos considerados (detalles en anexo 15.2.3)

<b>Método</b>	<b><i>Ore Geometry</i></b>	<b><i>Ore Zone Ground Conditions</i></b>	<b><i>HW</i></b>	<b><i>Fw</i></b>	<b>Total</b>
Block Caving	16	15,96	10,64	11,97	54,57
Front Caving	15	0	10,64	15,96	41,60

Tabla nº4. Resumen selección de método de explotación mediante metodología de Nicholas

Con el resultado anterior queda como método de explotación para el sector bajo el colapso el método de Panel Caving, ya que es el que suma mayor puntaje.

## 4 Malla de Extracción

Para el diseño de la malla de extracción para un Panel Caving se trabajo con la metodología de Laubscher.

Como primer dato se tiene que el sector ya esta hundido, es decir las reservas a extraer ya están quebradas y la curva de fragmentación del sector a estudiar (Figura nº9) corresponden a los datos recopilados de los puntos de extracción desde el comienzo de la extracción hasta el colapso de esta zona.

El tamaño seleccionado para el diseño corresponde al porcentaje sobre 1m<sup>3</sup>.

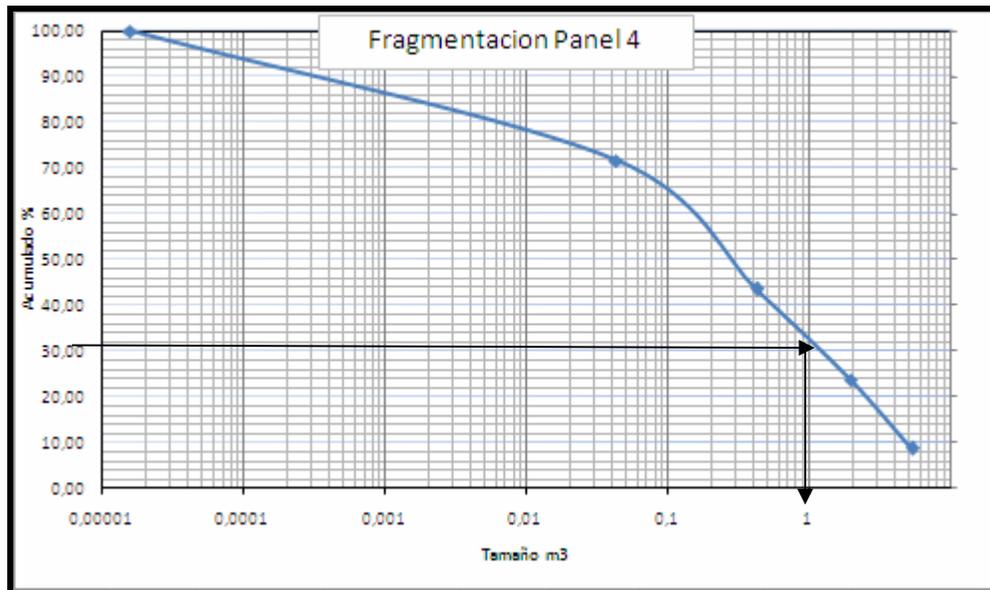


Figura nº 9: Selección en la Curva de Fragmentación sector Panel 4 Mina 4 Sur

Los datos geotécnicos se recopilan de la información entregada por geología (Tabla nº5).

Unidad Geológica	UCS (Mpa)	FF/m <sup>3</sup>	RMR <sub>B</sub>	IRMRL	GSI	RQD (%)
CMET Lado Hw	120	0--3	74-75	62-65	75-90	95-100
CMET Centro	120	6 -- 9	66-72	53-58	70-90	90-100
CMET Lado Fw	120	10--13	66-70	53-56	70-85	85-100
Pórfido Diorítico	140	4--6	71-72	59-62	70-90	95-100
Brecha Anhidrita	135	4--6	72-73	58-63	80-90	90-100
Brecha Ígnea	135	4--6	71-72	59-60	70-90	90-100

Tabla nº5: Datos geotécnicos de sector Panel 4 Mina 4 Sur

Para la fragmentación y geotecnia del sector, el ábaco de Laubscher nos entrega el espaciamiento entre puntos de extracción (Figura nº10)

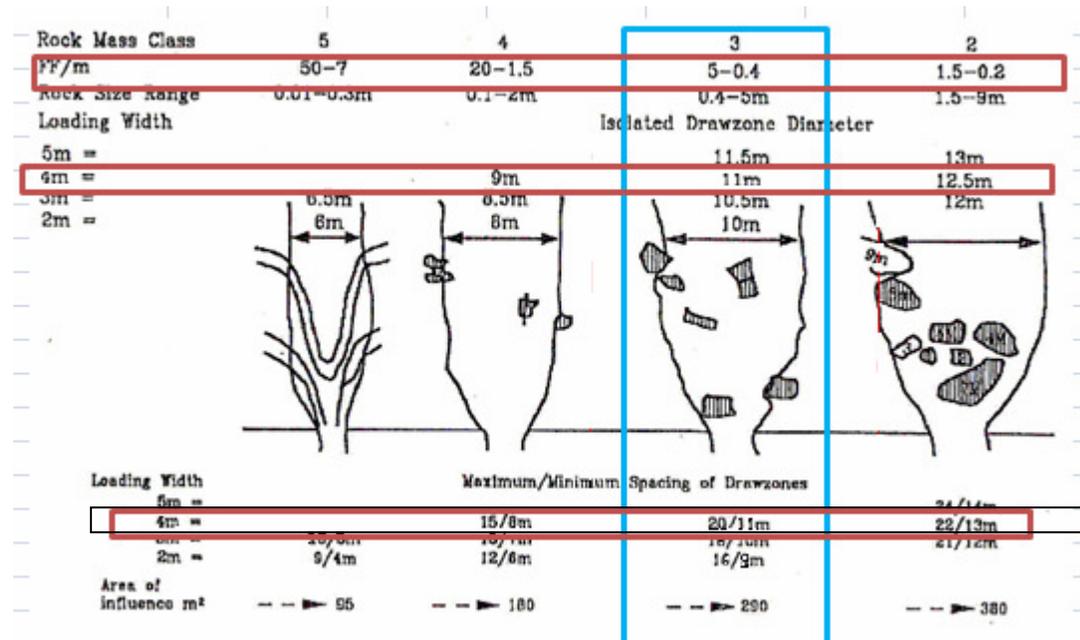


Figura nº10: Abaco de Laubscher para seleccionar espaciamiento entre puntos de extracción.

El rango para el espaciamiento entre los puntos, según este ábaco es de 20m como máximo y 11m como mínimo, para un diámetro de elipsoide de extracción de 11m.

Para obtener la altura de interacción se trabaja con el siguiente ábaco de Laubscher, teniendo como dato el RMR del sector en estudio.

Para la roca mineral tenemos un RMR de 62 y para la roca de caja un RMR de 72, cuya diferencia hace posicionarse en la curva 1(tabla nº11).dato que se ocupara para la figura nº11.

Diferencia RMR	Curva
20	2
40	3
60	4

Tabla nº6: Diferencia RMR roca mineralizada y roca caja

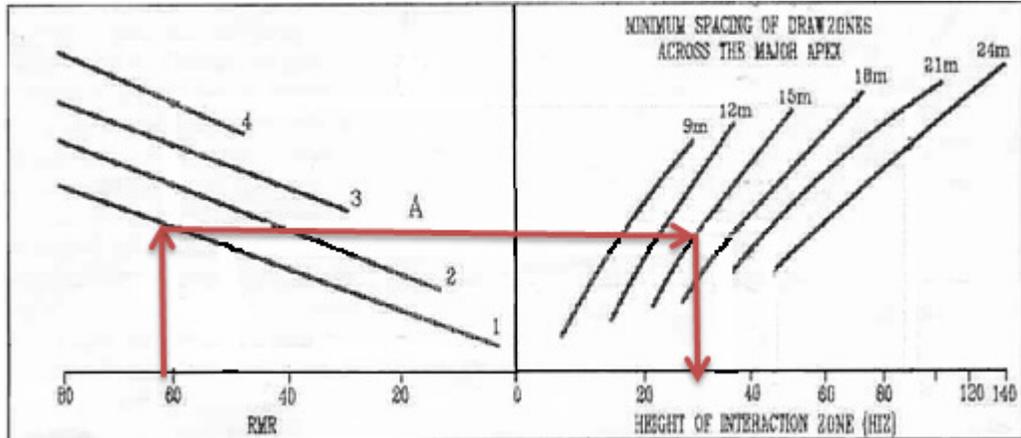


Figura nº11: Abaco de Laubscher para seleccionar la altura de interacción..

Del ábaco se obtiene la HIZ (altura de interacción del elipsoide de extracción), la cual entrega un rango de 25 – 35 metros.

Para obtener la dimensión del punto de extracción se trabaja en primera instancia con el siguiente ábaco de Kvapil (figura nº12), el cual ratifica el valor de 11 m para el diámetro del elipsoide de extracción entregado por el ábaco de Laubscher.

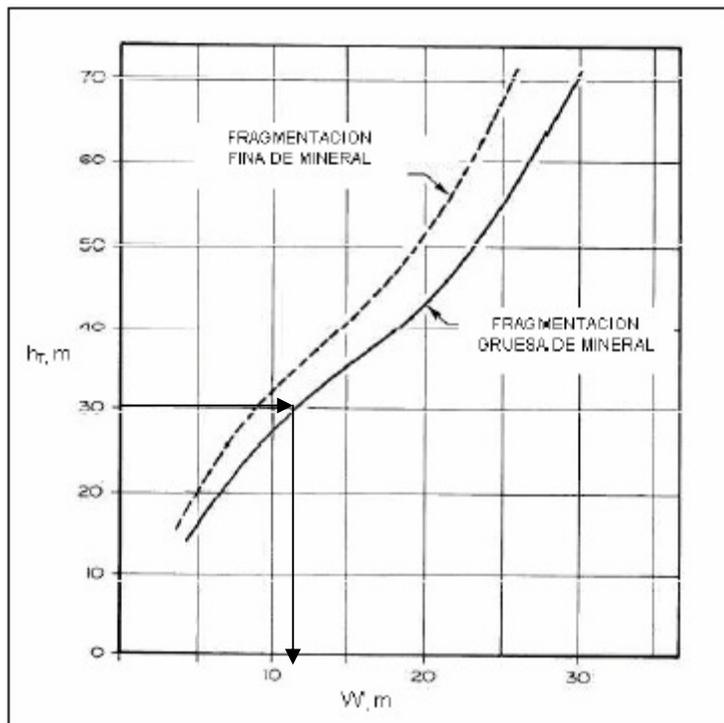


Figura nº12: Abaco de Kvapil para relacionar la altura de interacción con el diámetro del elipsoide de extracción.

Dada la experiencia de la división para la extracción de mineral primario la malla a utilizar será la tipo Teniente, ya que es la que ha tenido mejores resultados en la división.

#### 4.1 Operativización de la malla de extracción.

Para los resultados obtenidos con la metodología de Laubscher se hace operativa la malla para las dimensiones de equipos e infraestructura existente, punto primordial para el diseño ya que lo que se requiere es recuperar la mayor cantidad de recursos con la mínima inversión necesaria.

El equipo disponible es el Toro 1400 de 7yd3, cuyas especificaciones se presentan a continuación.

Modelo Equipo	Largo Equipo (m)	Capacidad LHD	
		(yd3)	(m3)
Toro 1400	10,5	7	5,4

Tabla n°7: Especificaciones equipo disponible para el sector.

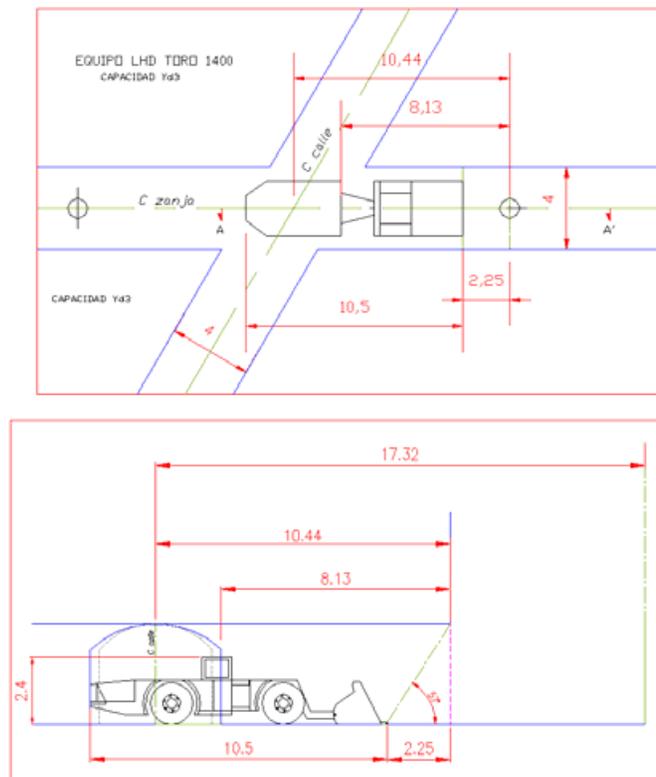


Figura n°13: Especificaciones técnicas del equipo a utilizar.

En las siguientes tablas se presenta la configuración para el espaciamiento máximo, promedio y mínimo, según la metodología de Laubscher.

Dc//z	Distancia Calles Producción. medida paralela a estocada
Dc-c	Distancia Calles Producción. medida perpendicular entre calles
Dz//c	Distancia entre Estocadas medida paralela a calles
Dz-z	Distancia entre Estocadas medida perpendicular a estocadas

Tabla nº8: Simbología ocupada para describir distancias en la malla.

Item	Malla prom.
Largo Estocada	8
Espaciado	15
Ancho Calle	4
Alto Calle	4
Ancho Estocada	4
Alto Estocada	3,6
Angulo	60
Dc//z	34,50
Dc-c	30
Dz//c	15
Dz-z	13
Area	258,15

Tabla nº9: Dimensiones de la operativización de la malla de extracción.

El cálculo para el espaciamiento entre calles y zanjas esta dado por la siguiente formula, en la cual se toman en cuenta el largo del equipo, la longitud del talud en el punto de extracción y ancho de la calle de producción.

<b>Largo Zanja</b>	$Lz = L_{eq} + L_{talud} - A_c / \text{sen}(60^\circ)$
$L_{eq}$	largo equipo
$L_{talud}$	largo del talud del mineral
$A_c$	Ancho de calle de producción

Tabla nº10: Formulismo para el cálculo del largo de la zanja para la malla de extracción

La malla a elegir corresponde a la promedio, es decir una malla de 15 x17,2 metros, la cual es representada en la figura siguiente.  
Los 15 metros corresponden a la mitad de la distancia entre calles y los 17,2 metros a la distancia entre zanjas paralelas a las calles de producción.

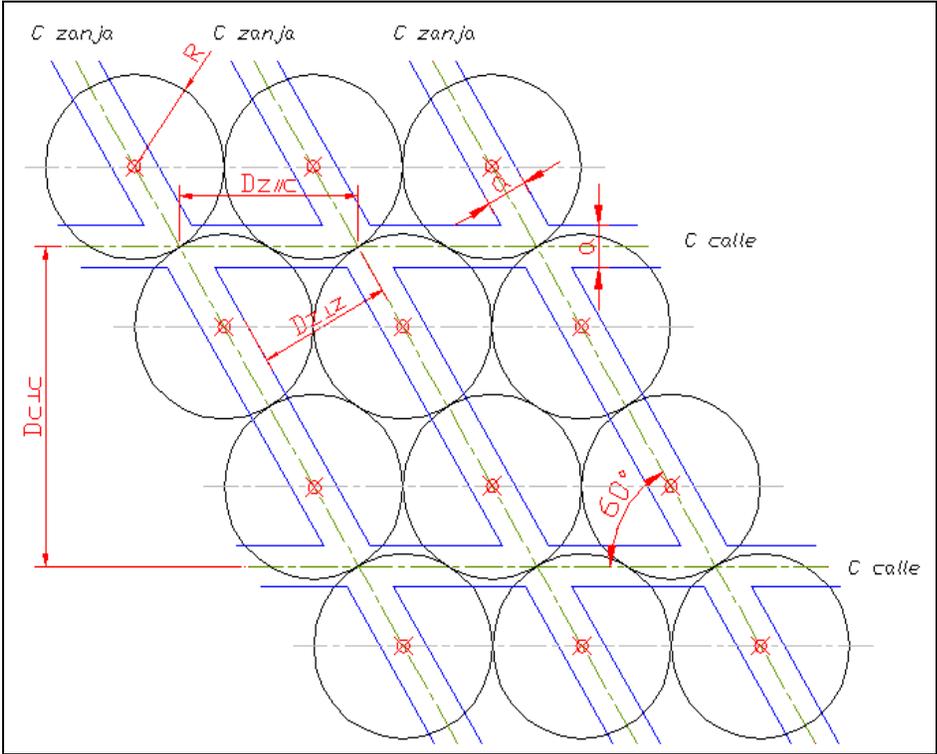


Figura nº14 . Dimensionamiento Malla de Extraccion

## 4.2 Orientación general de calles y zanjas

Se descarta la reorientación global de calles y zanjas proyectadas, principalmente porque la configuración original definida representa una mejor condición de estabilidad con respecto de los sistemas de estructuras geológicas predominantes (figura nº18)

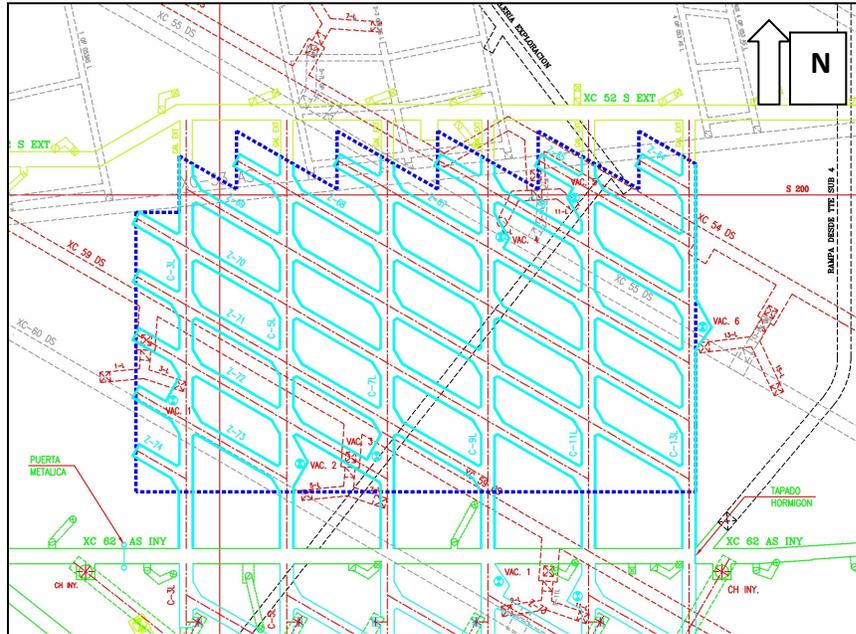


Figura nº18: Planta general del nuevo Nivel de Producción, Panel 4 Teniente 4 Sur

## 5 Retroanálisis de la extracción en sector de colapso

Se estudia la extracción en el nivel de producción en los puntos que ocurrió el colapso, desde la fecha de inicio de extracción en estos puntos hasta cuando se declaró el cierre de dicho sector, es decir desde el año 1996 hasta el año 2006.

Se tomaron los datos de extracción por turno desde el año 1996 hasta el año 2006, dando como resultado para el sector Panel 4 un total de 704.537 toneladas extraídas (Anexo 15.2.4) con una ley media de Cu de 0,89% teniendo como altura extraída un promedio de 17 metros (tabla nº12, figura nº19).

Puntos	Altura Extraída	Porcentaje(%)	Media(m)
25	0-5 metros	41,7	1
15	5 - 20 metros	25,0	13
14	20 - 40 metros	23,3	29
4	40 - 80 metros	6,7	57
2	sobre 80 metros	3,3	101

Tabla nº12: Alturas extraídas de los puntos de extracción en estudio.

De acuerdo a lo anterior el 42% de los puntos no tuvo extracción, por lo que el hundimiento no se propagó en éstos sectores, correspondiendo fundamentalmente al sur oeste de la zona (sector cabeza). Esto podría ser un problema si sólo se queman desde abajo las zanjas. Se recomienda evaluar las alternativas para asegurar el hundimiento de éstos sectores de bajo tiraje.

La metodología para hacer esto puede ser aplicar un tipo de frontal caving con extracción de no más del 10% entrando por el sur y retrocediendo desde la zona ya hundida con extracción sobre el 15%.

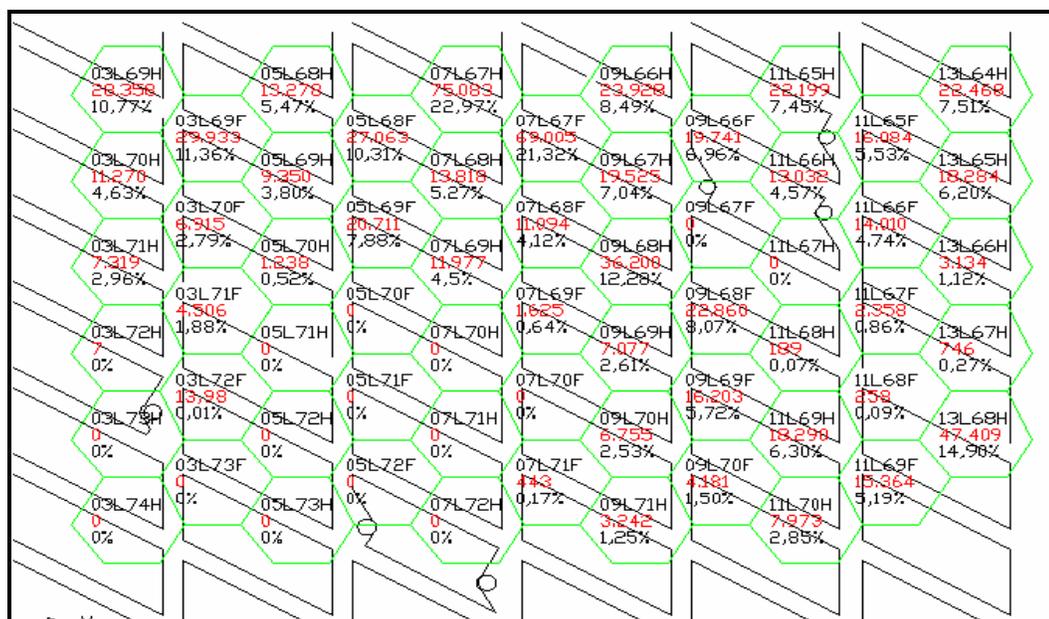


Figura nº19: Planta general del nuevo Nivel de Producción, Panel 4 Teniente 4 Sur

## 6 CALCULO RECURSOS REMANENTES

Mediante el software Gems y su modulo PC-BC se llevó a cabo el cálculo de los recursos remanentes del sector Panel 4.

Con la base de datos entregada por la División El Teniente la cual incluía el histórico de la extracción, leyes, modelo de bloques original y litología se logró realizar un proceso mediante el software Gems que nos entrega el tonelaje por punto una vez realizada la extracción por cada uno de ellos (Anexo 15.2.4).

El resultado entregado por el software es de un total de 14.5 Mt con una ley de Cu de 1,25% sobre el nivel de producción colapsado a la cota 2354(Anexo 15.2.4).

## 7 ANÁLISIS DE PISOS DE EXTRACCIÓN

Por ser este un proyecto de contingencia en el cual los recursos a invertir son limitados y necesitarse con urgencia para poder cumplir con la producción planificada, una de las restricciones con mayor prioridad era el “Ocupar al máximo la infraestructura y equipos existentes (Niveles bajo el colapso, piques, etc.)”, de manera de bajar los costos del proyecto y disminuir el tiempo de puesta en marcha del mismo.

También se debe tener en cuenta de no hacer otro nivel intermedio ya que la razón de excavación aumentara y por lo tanto se generara un debilitamiento de los pilares de producción en el nuevo nivel.

Para lo cual se tienen dos alternativas, analizar el Sub Nivel de Ventilación y el Nivel de Traspaso (Martillos Picadores).

Calculo Recursos de los distintos niveles a analizar.

<b>Nivel</b>	<b>Cota</b>	<b>Tonelaje</b>	<b>Ley</b>
SNV	2341	15.463.770	1,27
Martillos	2321	16.332.346	1,25

Tabla nº13: Recursos remanentes por nivel a estudiar (Anexo B.e y Anexo B.f)

### Sección de túneles y piques preexistentes

#### Túneles

A continuación se presentan las dimensiones de la infraestructura de los niveles preexistentes (Anexo 15.2.8)

<b>Nivel</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Estado</b>
Sub nivel de ventilación	5.0 X 5.0 m	<b>Operativo</b>
Sub 4 Martillos	4.0 X 4.0 m	<b>Operativo</b>

Tabla nº 14. Sección de la infraestructura presente en niveles inferiores.

## **Piques**

Los piques provenientes del antiguo sector de producción (actual sector colapsado), de un diámetro de 2,5 x 2,5 m se encuentran en buen estado desde el Sub Nivel de Ventilación hasta el nivel de sub 4 y la infraestructura vertical desde este nivel hacia el nivel Teniente 5 de acarreo también se presenta en buen estado.

## 8 ELECCIÓN PISO NIVEL DE PRODUCCIÓN

Para la elección del piso en donde se construirá el nuevo nivel de producción se tomaron como puntos a evaluar el estado y las condiciones operativas de la infraestructura a utilizar ya que como restricción al problema se cuenta con que se requiere recuperar la mayor cantidad de reservas con la inversión mínima, privilegiando el largo de los piques de traspaso para entregar flexibilidad a la operación de transporte independizando la estabilidad del nivel de producción.

Por lo anterior el piso óptimo para realizar la extracción cumpliendo las restricciones del mandante es el subnivel de ventilación.

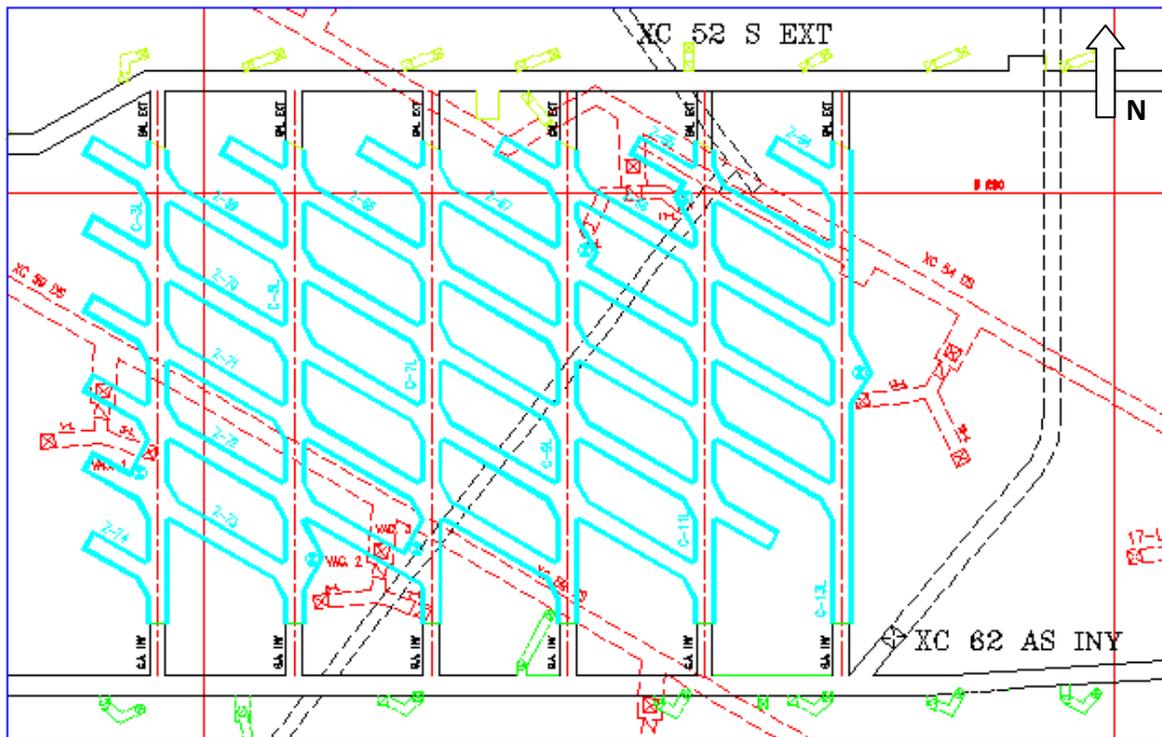


Figura nº20:. Planta del nuevo Sector de Producción en el SNV

## **9 Diseño General de Obras Panel 4**

El nuevo Nivel de Producción es coincidente en cota (2.341[m.s.n.m.]) con el actual SNV de Mina Teniente 4 Sur y está 14 [m] bajo el Nivel de Producción de la misma.

La malla de extracción del Proyecto es tipo Teniente de 15 [m] x 17,2 [m] y se caracteriza por orientar las zanjas en un ángulo de 60° respecto de la línea de centro de las respectivas calles, configuración que facilita la operación de carguío del equipo LHD.

Las excavaciones principales asociadas al Nivel de Producción del Proyecto son:

### **9.1 Accesos**

El Acceso lo conforman los cruzados de ventilación XC52AS y XC62AS del SNV (Anexo 15.2.8), ambos anexados a infraestructura de conexión (rampas) a niveles superiores e inferiores, como el nivel de reducción secundaria Sub 4.

### **9.2 Calles**

Las calles de producción son cinco y se disponen de N-S; es decir, en la misma dirección de las calles del actual Nivel de Producción de la Mina Sector Teniente 4 Sur. Las longitudes de las calles suman 762 [m], sección libre 4,0 [m] x 3,6 [m], fortificadas con perno/malla/shotcrete e implementada con igual metraje de carpeta rodado.

### **9.3 Zanjas**

Las zanjas están orientadas con rumbo N 60° W con una sección excavada también de 4,0 [m] x 4,0 [m], fortificadas con perno/malla. La longitud de estas excavaciones es variable y alcanzan en total 1.354 [m], aproximadamente.

### **9.4 Bateas colectoras de mineral**

Las bateas permitirán conducir el mineral quebrado que se ubica sobre el Nivel de Producción antiguo, hacia el Nivel de Producción nuevo del Proyecto, es decir hacia el SNV cota 2341.

## **9.5 Puntos de extracción**

Los puntos de extracción al igual que las zanjas, están dispuestos formando un ángulo de 60° con la calle, para permitir el ingreso de los equipos LHD a las respectivas galerías zanjas.

## **9.6 Puntos de vaciado mineral**

Los puntos de vaciado a construir serán 5, uno por cada calle de producción, los cuales se conectarán a los OP(Ore Pass) correspondientes hacia el nivel de acarreo.

Los sistemas de traspaso actualmente operativos y semi-operativos de Mina Teniente 4 Sur que serán utilizados en el Proyecto son: 1L OP 59 DS, 3L-5L OP 59 DS, 7L-9L OP 59 DS

## **9.7 Puntos de vaciado marinas**

La determinación de los puntos de vaciado de marina consiste en identificar las mejores alternativas de infraestructura existente que pueda apoyar dicha actividad según la conveniencia para la operación y la disponibilidad de éstos.

Mientras se habilitan los puntos de vaciado de mineral, las marinas resultantes de las preparaciones podrían ser evacuadas por el pique de traspaso 9L OP 59 DS en el XC 62 AS.

## **9.8 Circuito de ventilación del proyecto**

El circuito de ventilación del Panel 4 considera la inyección y extracción de aire, directamente en el SNV de Mina Teniente 4 Sur, con conexiones horizontales a los XC 62 AS y XC 52 S.

El suministro de aire fresco a las calles de producción se realizará desde el XC 62 AS del SNV. El aire recorrerá las calles de Sur a Norte y descargará los contaminantes al XC 52 S.

Esta configuración del circuito asegura el suministro de aire desde una galería de inyección y su descarga a la extracción, no obstante, el control de flujos constituye una actividad importante para evitar la pérdida de aire, por sobre ventilación de las calles.

## 9.9 Equipos

Los equipos involucrados en las operaciones unitarias principales, son:

- **Desarrollos horizontales:** Dos Jumbos de avance, dos equipos LHD de 6 a 7 [yd<sup>3</sup>] para la extracción de marina y equipos de servicio para el explosivo y transporte de materiales.
- **Perforación de bateas:** Jumbos de perforación radial para tiros de abanico de 2,5" de diámetro, equipo mecanizado blind hole para la perforación de la chimenea (cara libre) y equipos de servicio para el explosivo y transporte de materiales.
- **Extracción de mineral:** Tres (3) equipos LHD de 7 [yd<sup>3</sup>] (7.000 [tpd]).
- **Reducción secundaria:** Jumbo para reducción secundaria en los puntos de extracción.

## 10 PLAN MINERO

### 10.1 Reservas extraíbles

El Proyecto incluye la explotación del mineral confinado ubicado entre su Nivel de Producción y el de Mina Teniente 4 Sur (14 [m] de pilar), en el polígono proyectado en altura de área basal 16.300 [m<sup>2</sup>] y sobre el Nivel de Producción Mina Teniente 4 Sur.

Un resumen con la información más relevante de las reservas extraíbles ubicadas en la zona colapsada sobre el actual Nivel de Producción Mina Teniente 4 Sur y consideradas en el plan minero se muestra en la Tabla n° 15. La Figura n° 21 muestra un gráfico de Tonelaje v/s Ley.

ITEM	Valor
Mt	15,4
[%] CuT	1,27
Area [m2]	16.300
Cota de Producción [m.s.n.m.]	2.341
Mineral Primario [%]	100

Tabla n° 15. Reservas extraíbles

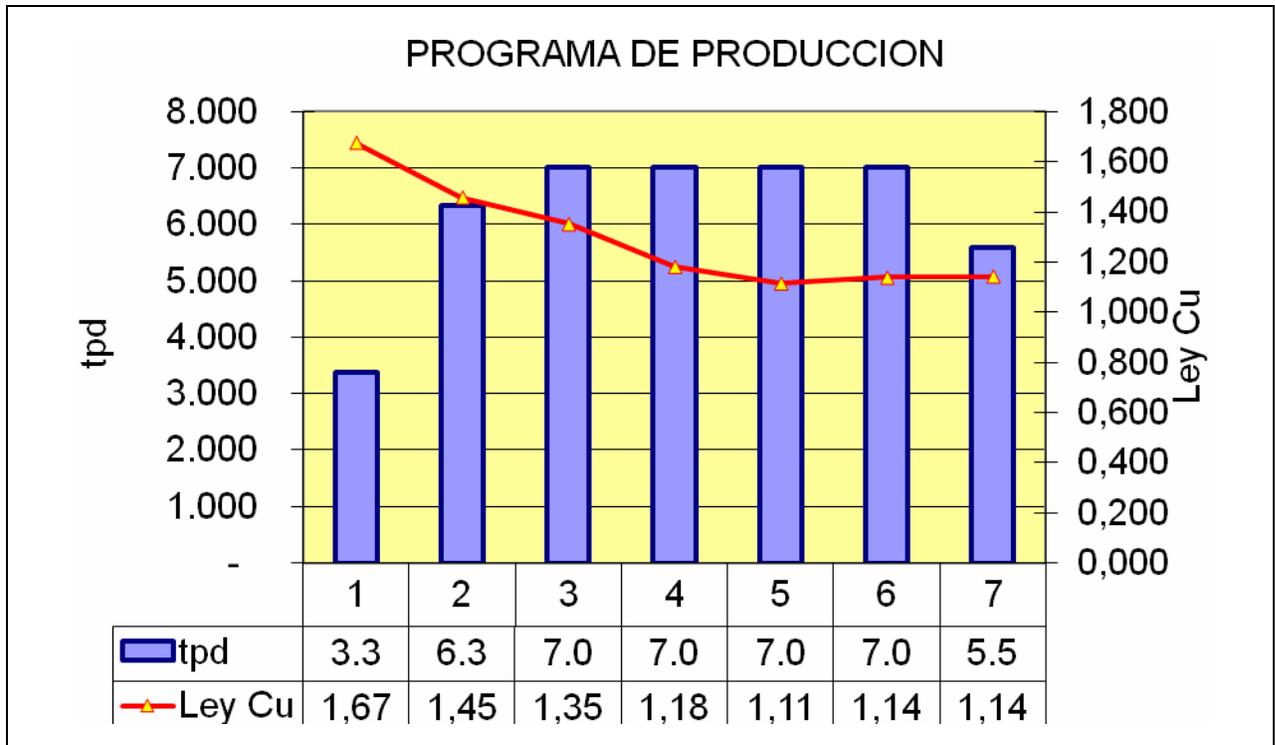


Figura nº21: Gráfico Tonelaje v/s Ley

## 10.2 Plan de producción

Este Proyecto se incorpora al Programa de Producción a partir del año 1, con una producción inicial de 3379 [tpd] alcanzando un régimen de 7.000 [tpd] en los años siguientes (Tabla nº16).

PROGRAMA DE PRODUCCIÓN				
Año	Días	tpd	Ley Cu	Kt/Año
1	365	3.379	1,68	1.234
2	365	6.337	1,46	2.313
3	365	7.000	1,35	2.555
4	365	7.000	1,18	2.555
5	365	7.000	1,12	2.555
6	365	7.000	1,14	2.555
7	304	5.583	1,14	1.697
		<b>Total</b>	<b>1,27</b>	<b>15.464</b>

Tabla nº16: Plan de Producción

La producción de este sector se entrega a los cruzados XC60 y XC55DS de FFCC Teniente 5 y desde allí se destina a la Planta de Beneficio de Colón.

## **11 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO**

Las operaciones unitarias principales de preparación y operaciones involucradas en el Proyecto se describen a continuación:

### ***11.1 Preparación***

La preparación minera del Proyecto involucra las excavaciones de las galerías principales del Nivel de Producción (calles, zanjas, fortificación de los puntos de extracción, etc.) y la infraestructura de apoyo y servicio necesaria (galerías de ventilación, carpeta rodado de las calles, instalación de ventiladores auxiliares, muros y puertas de ventilación, etc.) hasta la perforación y tronadura de zanjas.

Este Proyecto contempla llevar a cabo las preparaciones mineras y las infraestructuras con recursos propios.

Las obras se realizarán en 8,8 meses abarcando los 2116 metros de desarrollos, con un avance diario de 8 metros.

### ***11.2 Operaciones***

La operación del Proyecto consiste en extraer el mineral desde los puntos de extracción y llevarlo hasta los buzones que alimentan la molienda en Planta Colón.

### ***11.3 Extracción y traspaso de mineral***

El mineral quebrado es transportado hacia los respectivos piques de vaciado ubicados en el Nivel de Producción. El equipamiento considerado para el proceso de extracción es LHD de 7 [yd<sup>3</sup>], con modalidad de arriendo. Se considera un parque de tres LHD operativos en gran parte de la vida del Proyecto.

Como etapa complementaria al proceso de extracción se realizan actividades de reducción secundaria en los puntos de extracción (explosivos) y/o en las cámaras de picado, en el Nivel de Traspaso con martillos picadores electro-hidráulico estacionarios.

Finalmente, el mineral a través de los piques de traspaso de 3 [m] de diámetro, llega al Nivel de Acarreo Intermedio, Teniente 5.

### **11.4 Transporte intermedio interior mina (teniente 5 sur)**

El Nivel Teniente 5 corresponde al Nivel de Acarreo Intermedio, en el cual, circula el FFCC Teniente 5 Sur con 12 carros por convoy y una capacidad nominal de 28 toneladas por carro. El acarreo se realiza desde los respectivos buzones de los XCs 55 y 60 DS hasta las estaciones de vaciado del sistema OPs 15-16 ubicadas en la Pipa Braden. Dichos piques de traspaso, de 3,0 [m] de diámetro, descargan el mineral en el chancador primario de Teniente 6.

### **11.5 Nivel de acarreo principal (teniente 8)**

El proceso de transporte principal se realiza en el Nivel Teniente 8. Se recibe el mineral producto del chancado primario en interior Mina (con granulometría entre 8" a 12") en los piques OPs 20-21. Allí el mineral es cargado en carros de 100 toneladas (habilitados para el transporte de mineral chancado) y llevado hasta los buzones de mineral que alimentan la línea de molienda convencional de la Planta Colón.

### **11.6 Dotación**

La dotación en régimen de producción se indica en la Tabla 17 para 7.000 tpd

<b>Operadores</b>	<b>Operadores/día</b>
LHD	9
Reducción Secundaria	6
Martillos	9
Subtotal Dotación diaria	24
Total dotación diaria (1)	24

Tabla nº17. Dotación operación del Proyecto Panel 4

## 12 Evaluación Económica

### 12.1 Inversiones

La inversión total para el Nuevo nivel de producción Panel 4 asciende a un total de 10.198 KUS\$(Tabla nº18)

Inversiones Mina	UNIDAD	TOTAL KUS\$
- Desarrollos	KUS\$	5.071
- Perforación y Tronadura de Zanjas	KUS\$	1.521
- Construcciones	KUS\$	2.176
- Ingeniería	KUS\$	50
- Contingencia (15 %)	KUS\$	1.380
<b>TOTAL INVERSION</b>	<b>[kUS\$]</b>	<b>10.198</b>

Tabla nº18: Inversiones mina

### 12.2 Operación mina

Los costos de operación mina total del Proyecto a través de su vida útil promedian los 3,32 US\$/t. La fuente de información de estos costos corresponde a los señalados por la División el Teniente(Tabla nº19).

		1	2	3	4	5	6	7
Costo Unitario Total Producción	US\$/t	3,21	3,20	3,06	3,44	3,44	3,44	3,44
- Carguío-Traspaso-Extracción	US\$/t	1,69	1,69	1,60	1,67	1,67	1,67	1,67
- Transporte Int. Mina (Tte. 5 Sur)	US\$/t	0,81	0,82	0,78	0,98	0,98	0,98	0,98
- Chancado Int. Mina	US\$/t	0,27	0,27	0,28	0,37	0,37	0,37	0,37
- Transporte Int. Mina (Tte. 8)	US\$/t	0,43	0,41	0,41	0,42	0,42	0,42	0,42

Tabla nº19 : Costos de operación mina

### 12.3 Indicadores económicos

Basado en *Antecedentes Económicos y Comerciales para Planificación 2007*, se obtiene los índices señalados en las tablas siguientes. La tasa de descuento utilizada corresponde al 8,0 %. Los parámetros generales de evaluación son:

ITEM	UNIDADES	AÑO						
		1	2	3	4	5	6	7
<b>Precio Cu</b>	<b>[USc/lb]</b>	<b>110</b>	<b>110</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
<b>Rec. Metalúrgica Cu</b>	<b>[% ]</b>	<b>88,7</b>	<b>89,1</b>	<b>89,1</b>	<b>89,1</b>	<b>89,1</b>	<b>89,1</b>	<b>89,1</b>

Tabla nº20: Parámetros utilizados en la evaluación económica.

El resultado de la evaluación económica es el siguiente:

<b>VAN</b>	<b>[KUS\$] 138.641</b>
<b>Inversión</b>	<b>[KUS\$] 10.198</b>
<b>IVAN</b>	<b>13,60</b>

Tabla nº21: Evaluación económica

El proyecto presenta una evaluación que resulta ser atractiva desde el punto de vista económico y que puede considerarse conservadora por el precio del Cu a mediano Plazo.

### **13 RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES.**

Debido a subsidencia por el Norte de la mina esmeralda se recomienda iniciar la producción de Norte-Fw a Sur-Hw de modo de alejarse de dicha Subsidencia.

Se necesita un análisis geomecánico acabado de los pilares en el nivel de producción (SNV), como también del sector en su totalidad.

Se recomienda investigar el estado de piques sobre el SNV, con el objetivo de descartar sobrecavaciones.

Se recomienda ver el estado de drenaje del Sector panel 4 ya que es uno de los principales problemas del nivel.

Se recomienda estudiar el diseño de la tronadura de zanjas con el objetivo de controlar el daño a los pilares causado por esta operación.

Se recomienda asegurar el hundimiento del sector sur oeste del Panel 14 mediante un frontal caving de norte a sur, previo a la tronadura de las zanjas del nuevo nivel de producción.

## 14 Referencias Bibliográficas

- Laubsher D.H. .Caving Mining – the state of the art. The Journal of The South African Institute of Metallurgy vol. 94 N10, October 1994, pp 279-293
- “Análisis Cinemático Inestabilidades Nivel De Producción TEN-4”. SRK 1998
- Analysis of the Extraction al Teniente 4 Sur – J. Alvial- Massmin 1992
- Block Caving at El Teniente mine, Chile – R.Kvapil, L. Baeza, J. Rosenthal and G. Flores.
- Desing of Underground Mining Layouts – Kenneth E. Mathews- Underground Space Vol.2
- Esmeralda Mine Exploitation Project (M. Barraza, P. Crorkan) (Massmin 2000)
- The use of Evaluation surfaces to assist en the determination of mine design criteria (R. M. Kear) (Massmin 2000)
- Draw Control at Premier Mine (P. J. Bartlett and K. Nesbitt) (Massmin 2000)
- An application of Linear Programming for Block cave Draw Control (A. R. Guest, G. J. Van Hout, A. Von Johannides, L. F. Scheepers) (Massmin 2000)
- Block Caving Geomechanics (E. T. Brown) 1997-2000
- Estudio Explotacion Sector Colapsado Panel 1 (Federico Wellmann División El Teniente 1991)
- Apuntes Curso Minería Subterránea( Prof. Enrique Rubio)
- Apuntes Curso Geotecnia( Prof. Enrique Rubio, Julián Ortiz, Sofía Rebolledo)
- Mine Subsidence (Madan M. Singh, Mining Engineering Handbook Chapter 10.6)
- Selection Procedure( David E. Nicholas, Engineering Handbook Chapter 23.4)
- Jorge Pereira, 1995, Caracterización de la Fase Inicial de Fragmentación de la Zona Minera Primaria Inducida por la Minería Masiva, Sector Teniente 4-Sur, Yacimiento El Teniente. *Memoria para optar al título de Geólogo*. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Geología. Santiago, Chile
- Análisis Cinemática Inestabilidades Nivel de Producción Cen-4 LHD ( SRK S.A., 1999)
- Dimensionamiento de mallas de extracción, bateas colectoras y pilar corona para método Panel Caving en roca primaria, Mina El Teniente (Patricio Cavieres, Eduardo Contreras, Juan Carlos Arce)

# **15 Anexos**

## **15.1 CONCEPTOS Y TEORÍA UTILIZADA.**

### **Información previa a un proyecto minero**

Previo a realizarse el estudio de un proyecto minero, en el cual se propondrán diseños geomecánicos, de layout, programa de producción, etc., se debe contar con información de importancia para caracterizar el sector en el cual se realizará la ingeniería conceptual.

### **Modelo geológico**

Modelo que contiene información geológica referida al sector de interés. Esta información consiste en la ubicación del cuerpo mineralizado, tipo de roca, tipo de mineralización, y leyes de los elementos del depósito.

### **Sondajes**

Constituye un muestreo del yacimiento que entrega datos como: leyes de los distintos elementos encontrados, densidades, dureza de la roca, litología, etc. Luego, usando herramientas geoestadísticas (kriging, simulaciones, etc.) se puede hacer una estimación de los recursos contenidos en el depósito, discretizándolo en un modelo de bloques.

### **Modelo de bloques**

Es una discretización del yacimiento en bloques regulares, cada uno de los cuales debe contener información cuantitativa, entre las que cabe mencionar, coordenadas, mineralización, leyes, etc.

Una vez en poder de la base de datos, en esencia se deben conocer y desarrollar los siguientes temas:

- Geomecánica
- Dilución y selectividad
- Fragmentación
- Recuperación
- Diseño de layout de un nivel de producción.
- Conocimiento de la historia del nivel en cual se encuentran las reservas del sector colapsado.
- Colapsos de la mina 4 sur (secuencia).
- Extracción del sector colapsado

## **Diseño de minas por caving – estado del Arte**

La expresión de Caving según Laubsher<sup>2</sup> será utilizada para referirse a todas aquellas operaciones en las cuales el cuerpo mineralizado se corta en la base y el mineral quebrado es recuperado en puntos de extracción (explotación por hundimiento de bloques).

Dentro de los factores más importantes que afectan a este tipo de operación están:

- Hundibilidad
- Dilución
- Fragmentación
- Recuperación
- Desarrollo y Operación
- Subsistencia

### **Hundibilidad**

Esta se puede producir mediante el stress o subsidencia, relacionándose el primer caso con bloques vírgenes y el segundo caso con bloques ya explotados produciéndose una “extensión lateral” debido a la minería de bloques adyacentes.

La hundibilidad afecta:

- La entrada en producción de diferentes áreas, mientras se alcanza el radio hidráulico la velocidad de extracción es baja
- La velocidad de extracción
- La formación de arcos estables que pueden inducir un air-blast
- Esfuerzos puntuales que pueden dañar la infraestructura de producción

---

• <sup>2</sup> Laubsher D.H. .Caving Mining – the state of the art. The Journal of The South African Institute of Metallurgy vol. 94 N10, October 1994, pp 279-293

## **Dilución y selectividad**

El método Block Caving permite controlar la dilución con una extracción bien programada tal que el contacto mineral lastre esté bien definido. La selectividad de este método es muy baja debido a que es un método masivo y se aplica en cuerpos de grandes dimensiones como El Teniente.

Su variante Panel Caving permite llevar un mejor control en la dilución, pero requiere de un área de grandes dimensiones. El control granulométrico se lleva mediante los puntos de extracción y parrillas.

## **Fragmentación**

Esto tiene que ver con la distribución de tamaño de las partículas que se generarán una vez realizado el caving.

La importancia de la fragmentación se resume en:

- Impacta el daño que se produce a la infraestructura por tronadura secundaria
- El flujo gravitacional, el cual tiende a canalizarse hacia zonas de fragmentación más gruesas

Los factores que permiten estimar la fragmentación son:

- Geometría de los bloques
- Presencia de estructuras en los bloques
- Velocidad de extracción
- Conminución producida producto del flujo de partículas
- La altura de hundimiento
- Las esquinas de bloques.

## **Recuperación**

Ambos métodos permiten obtener altas recuperaciones debido a que no dejan pilares ni lozas durante la extracción. En algunas minas de Block Caving se ha obtenido cerca de un 90% de recuperación.

## **Desarrollos y operación**

El método Block Caving requiere de áreas muy grandes, del orden de los 10.000 m<sup>2</sup>, para el iniciar la operación, en cambio, el Panel Caving requiere inicialmente de la misma área (viene dada por el radio hidráulico) pero esta se extiende en el tiempo en alguna dirección. El costo mina es bastante bajo para el Block o Panel Caving, la ventilación en general es simple, cuerpos de baja ley pueden ser explotados y generar rentabilidades importantes, pero la mantención de los puntos de extracción es costosa.

## Extracción

Para Barraza y Crorkan<sup>3</sup> la definición de la secuencia de extracción es un balance entre las necesidades económicas de explotar áreas con mejores leyes durante los primeros períodos y restricciones técnicas (método de hundimiento avanzado, riesgo geomecánico, orientación del caving face contra las principales estructuras y factores operacionales relativos a otras áreas productivas).

Además según Kear<sup>4</sup> la tasa de producción del footprint tiene un límite superior que depende de la máxima tasa de extracción permitida del punto de extracción debido a que altas tasas de producción pueden afectar la infraestructura.

## Control de extracción

Para Bartlett y Nesbitt<sup>5</sup> los principales objetivos del control de tiraje son evitar la dilución del mineral y evitar derrumbes por inactividad de los puntos de extracción.

Por esto definen reglas de control de extracción que son:

- Mantener un promedio de tpd por punto de extracción para que la tasa de extracción no exceda la tasa de hundimiento.
- La tasa de extracción de los puntos de extracción adyacentes al punto con mayor extracción tienen que ser al menos 30% de este.
- Exista una clara indicación que la potencial producción de un Panel/Block Caving es inicialmente restringido por el mineral grueso para después hacerse más continuo (control de las velocidades de extracción).
- Si se produce una colgadura en un lado del punto de extracción y se sigue extrayendo por el otro lado no se tendrá una forma simétrica de la extracción de la columna.
- Se debe hacer un registro de los eventos para llegar a un estricto control y que sean de utilidad para prevenir o anticipar.

Guest, Van Hout, Von Johannides y Scheepers<sup>6</sup> agregan que dentro de las restricciones geotécnicas están las tasas de extracción cuyo objetivo es mantener un nivel de extracción nivelado y que estas tasas de extracción por punto de extracción pueden ser controladas por métodos electrónicos como el Dispatch. Además mencionan que a través de un efectivo sistema de extracción es posible controlar la fragmentación, el estrés y los flujos de agua.

---

<sup>3</sup> Esmeralda Mine Exploitation Project (M. Barraza, P. Crorkan) (Massmin 2000)

<sup>4</sup> The use of Evaluation surfaces to assist in the determination of mine design criteria (R. M. Kear) (Massmin 2000)

<sup>5</sup> Draw Control at Premier Mine (P. J. Bartlett and K. Nesbitt) (Massmin 2000)

<sup>6</sup> An application of Linear Programming for Block cave Draw Control (A. R. Guest, G. J. Van Hout, A. Von Johannides, L. F. Scheepers) (Massmin 2000)

- Problemas para recuperar partes del recurso.
- Excesiva dilución.
- Propagación no uniforme del hundimiento.
- Mayores desprendimientos de rocas asociados con air blast.
- Carga excesiva en pilares alrededor del nivel de producción.
- Desigual hundimiento de la superficie quebrada.

Además detalla los mayores riesgos operacionales debidos principalmente al mal control de extracción que son.

- Explosión de roca.
- Air blast.
- Bombeos de agua y barro.

## **Colapsos mina 4 sur**

En la zona de explotación Ten 4 Sur ha sufrido diversos colapsos y las causas de ellas no son bien entendidas.

El propósito es contar con una visión general del problema para ver si emerge algún patrón consistente como la(s) causa(s) de las inestabilidades, con el objetivo de realizar un diseño del Panel 4 que sea sustentable en el tiempo.

### **Posibles causas de los colapsos en ten-4 sur**

Según un los resultados presentados por la consultora SKM<sup>7</sup>. las causas han sido categorizadas en geología, geotecnia, geometría, soporte, esfuerzos y extracción.

#### **Geología**

Variaciones en la resistencia del macizo rocoso i.e. resistencias más bajas en las zonas inestables

Presencia de estructuras mayores que están adversamente orientadas de tal manera que forman cuñas o bloques inestables en los bordes de los pilares

#### **Geometría**

Pilares generalmente de tamaño no lo suficientemente grande para la carga promedio experimentada en Ten-4 Sur.

La razón de extracción en el Nivel de Producción es demasiado alta para los esfuerzos de campo aplicados encontrados en este nivel, debido a una combinación de grandes excavaciones y/o pequeñas áreas de pilar.

#### **Soporte de Calles y Zanjas**

Soporte insuficiente.

Soporte no efectivo, debido a las deficiencias en diseño y/o instalación, o debido a desconocimiento, pobres condiciones de terreno en el macizo rocoso circundante (diaclasas mayores, zonas de debilidad).

---

<sup>7</sup> Análisis Cinemático de Inestabilidades Teniente 4 Sur, Informe 9846, Mayo 1999, SKM

## Esfuerzos

Los análisis muestran que no se generan esfuerzos verticales importantes en la zona de avance del frente de hundimiento, esto debido a que en los sectores explotados en la parte superior de Ten 4 LHD el material quebrado no puede transmitir esfuerzos verticales altos. Sin embargo existen esfuerzos de corte importantes, este fenómeno no explica por si solo los colapsos en los pilares pero puede jugar un papel importante en la resistencia de los pilares.

Se realizó un análisis complementario para estimar la capacidad resistente a la carga vertical de los pilares. Estos mostraron que la resistencia a la carga vertical es superior a los esfuerzos verticales que se generan durante la explotación. Se obtuvieron resultados similares al aplicar fórmulas empíricas para el cálculo de la capacidad de pilares.

Este resultado, combinado con lo mencionado en el párrafo anterior, confirman que la causa de los colapsos no es producida por esfuerzos de compresión altos inducidos durante el avance del frente. Es probable que una combinación de esfuerzos de corte altos con una reducción del confinamiento tengan un impacto mayor en la integridad de los pilares.

La orientación de las calles, zanjas y dirección de avance del hundimiento podría no ser el ideal desde el punto de vista de los esfuerzos en los pilares, aún pensando que podría ser ideal para manejar otros problemas (es decir, promoción del hundimiento, minimización de problemas con intersección de sistemas de fallas).

El esfuerzo máximo causado por el avance del frente de hundimiento es demasiado severo para la geometría general de pilares empleados en Ten-4 Sur .

Otras causas también se pueden deber a:

- Reajustes mayores de esfuerzos durante la creación de las Zanjas, puntos de extracción o durante la quemada de hundimiento.
- Grandes cuñas desprendiéndose en las zonas de hundimiento activo, las cuales vienen a descansar en uno o más pilares que esforzarán adversamente estos pilares causándoles su fallamiento.
- Grandes bloques flotantes de roca en el macizo hundido, debido a un hundimiento no uniforme en los niveles superiores, podrían causar cargamentos anómalos de los pilares similar a la situación previa.
- Anomalías de esfuerzos debido al avance irregular del hundimiento
- Anomalías de esfuerzos debido a la forma irregular del frente de hundimiento (es decir, iniciación irregular de extracción de mineral desde los puntos de tiraje).
- Anomalías de esfuerzos debido a variaciones en la velocidad de avance del frente de hundimiento.

Anomalías de esfuerzos debido a tiraje irregular de los puntos de tiraje (es decir, debido a colapsos o puntos de tiraje inactivos, colgaduras, pobre control por debido a la forma en la cual se realizó la extracción).

## **Extracción**

Una de las posibles causas de los colapsos es la extracción irregular o no uniforme en los puntos de extracción<sup>8</sup>.

### **Tiraje de los puntos de extracción:**

Algunos de los aspectos que podrían estar relacionados a las causas que inducen los colapsos corresponden a los siguientes: Falta de uniformidad de los puntos de tiraje; fuerte tiraje en sectores que rodean algunos colapsos; fuerte tiraje inicial en sector que colapsa, con largo período sin tiraje y luego cuando se vuelve a extraer el sector colapsados.

---

• <sup>8</sup> Analysis of the Extraction al Teniente 4 Sur – J. Alvia- Massmin 1992

## 15.2 FIGURAS, PLANOS Y TABLAS COMPLEMENTARIAS.

### 15.2.1 Colapsos anteriores, panel 1 y 2.

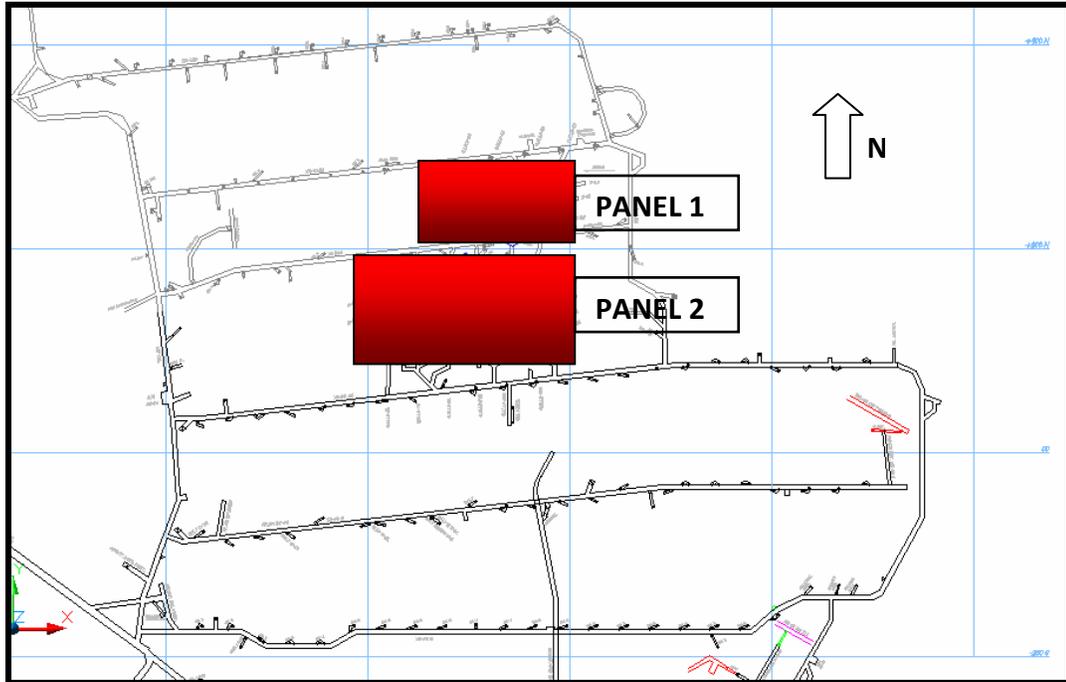


Figura nº22 : Disposición panel 1 y 2 dentro de la mina 4 sur en el SNV.

Area	Toneladas	Ley
17600	15600000	1.101

Tabla nº23 : Resumen recursos a recuperar panel 1 y 2

### 15.2.2 Fragmentación por puntos de extracción sector colapsado

Acumulado%	Volumen m3
100	0,00002
72	0,04288
44	0,42188
24	1,95313
9	5,35938

Tabla nº24 : Distribución tamaños de fragmentación

### 15.2.3 Metodología de Nicholas

#### Definition of Deposit Geometry and Grade Distribution

1) <i>General Shape/Width</i>	
equi-dimensional	all dimensions are on the same order of magnitude
platy—tabular	two dimensions are many times the thickness, which does not usually exceed 325 ft (100 m)
irregular	dimensions vary over short distances
2) <i>Ore Thickness</i>	
narrow	< 30 ft (< 10 m)
intermediate	30–100 ft (10–30 m)
thick	100–325 ft (30–100 m)
very thick	> 325 ft (> 100 m)
3) <i>Plunge</i>	
flat	< 20°
intermediate	20°–55°
steep	> 55°
4) <i>Depth Below Surface</i>	
provide actual depth	668
5) <i>Grade Distribution</i>	
<i>Uniform.</i> The grade at any point in the deposit does not vary significantly from the mean grade for that deposit.	
<i>Gradational.</i> Grade values have zonal characteristics, and the grades change gradually from one to another.	
<i>Erratic.</i> Grade values change radically over short distances and do not exhibit any discernible pattern in their changes.	

Tabla nº25 :Evaluacion mediante Nicholas de la Geometria y grado de distribución de la ley

## Rock Mechanics Characteristics

### 1) Rock Substance Strength

(uniaxial strength/overburden pressure)

weak < 8

moderate 8-15

strong > 15

### 2) Fracture Frequency

	No. of Frac- tures per		% RQD
	(ft)	(m)	
very close	> 5	> 16	0- 20
close	3-5	10-16	20- 40
wide	1-3	3-10	40- 70
very wide	< 1	< 3	70-100

### 3) Fracture Shear Strength

weak

clean joint with a smooth surface  
or fill with material with strength  
less than rock substance  
strength

moderate

clean joint with rough surface

strong

joint is filled with a material that is  
equal to or stronger than rock  
substance strength

Tabla n°26 : Evaluacion mediante Nicholas de las características geomecánicas del sector panel 4

### Ranking of Geometry/Grade Distribution for Different Mining Methods

Mining Method	General Shape			Ore Thickness				Ore Plunge			Grade Distribution		
	M	T/P	I	N	I	T	VT	F	I	S	U	G	E
Open Pit Mining	3	2	3	2	3	4	4	3	3	4	3	3	3
Block Caving	4	2	0	-49	0	2	4	3	2	4	4	2	0
Sublevel Stopping	2	2	1	1	2	4	3	2	1	4	3	3	1
Sublevel Caving	3	4	1	-49	0	4	4	1	1	4	4	2	0
Longwall Mining	-49	4	-49	4	0	-49	-49	4	0	-49	4	2	0
Room and Pillar Mining	0	4	2	4	2	-49	-49	4	1	0	3	3	3
Shrinkage Stopping	2	2	1	1	2	4	3	2	1	4	3	2	1
Cut and Fill Stopping	0	4	2	4	4	0	0	0	3	4	3	3	3
Top Slicing	3	3	0	-49	0	3	4	4	1	2	4	2	0
Square Set Stopping	0	2	4	4	4	1	1	2	3	3	3	3	3

M = Massive

T/P = Tabular or Platy

I = Irregular

N = Narrow

I = Intermediate

T = Thick

VT = Very Thick

F = Flat

I = Intermediate

S = Steep

U = Uniform

G = Gradational

E = Erratic

Tabla n°27 : Evaluación mediante Nicholas de la geometría y distribución de leyes en el cuerpo

## SELECTION PROCEDURE

### Ranking of Rock Mechanics Characteristics for Different Mining Methods

5b: Hanging Wall											
Mining Method	Rock Substance Strength			Fracture Spacing				Fracture Strength			
	W	M	S	VC	C	W	VW	W	M	S	
Open Pit Mining	3	4	4	2	3	4	4	2	3	4	
Block Caving	4	2	1	3	4	3	0	4	2	0	
Sublevel Stopping	-49	3	4	-49	0	1	4	0	2	4	
Sublevel Caving	3	2	1	3	4	3	1	4	2	0	
Longwall Mining	4	2	0	4	4	3	0	4	2	0	
Room and Pillar Mining	0	3	4	0	1	2	4	0	2	4	
Shrinkage Stopping	4	2	1	4	4	3	0	4	2	0	
Cut and Fill Stopping	3	2	2	3	3	2	2	4	3	2	
Top Slicing	4	2	1	3	3	3	0	4	2	0	
Square Set Stopping	3	2	2	3	3	2	2	4	3	2	

Key:

**Rock Substance Strength**  
W = Weak  
M = Moderate  
S = Strong

**Fracture Spacing**  
VC = Very Close  
C = Close  
W = Wide  
VW = Very Wide

**Fracture Strength**  
W = Weak  
M = Moderate  
S = Strong

Tabla nº28 : Evaluación mediante Nicholas de la pared colgante según su calidad de roca

5a: Ore Zone											5c: Footwall										
Mining Method	Rock Substance Strength			Fracture Spacing				Fracture Strength			Mining Method	Rock Substance Strength			Fracture Spacing				Fracture Strength		
	W	M	S	VC	C	W	VW	W	M	S		W	M	S	VC	C	W	VW	W	M	S
Open Pit Mining	3	4	4	2	3	4	4	2	3	4	Open Pit Mining	3	4	4	2	3	4	4	2	3	4
Block Caving	4	1	1	4	4	3	0	4	3	0	Block Caving	2	3	3	1	3	3	3	1	3	3
Sublevel Stopping	-49	3	4	0	0	1	4	0	2	4	Sublevel Stopping	0	2	4	0	0	2	4	0	1	4
Sublevel Caving	0	3	3	0	2	4	4	0	2	2	Sublevel Caving	0	2	4	0	1	3	4	0	2	4
Longwall Mining	4	1	0	4	4	0	0	4	3	0	Longwall Mining	2	3	3	1	2	4	3	1	3	3
Room and Pillar Mining	0	3	4	0	1	2	4	0	2	4	Room and Pillar Mining	0	2	4	0	1	3	3	0	3	3
Shrinkage Stopping	1	3	4	0	1	3	4	0	2	4	Shrinkage Stopping	2	3	3	2	3	3	2	2	2	3
Cut and Fill Stopping	3	2	2	3	3	2	2	3	3	2	Cut and Fill Stopping	4	2	2	4	4	2	2	4	4	2
Top Slicing	2	3	3	1	1	2	4	1	2	4	Top Slicing	2	3	3	1	3	3	3	1	2	3
Square Set Stopping	4	1	1	4	4	2	1	4	3	2	Square Set Stopping	4	2	2	4	4	2	2	4	4	2

Tabla nº29 : Evaluación mediante Nicholas del footwall y la zona mineralizada según su calidad de roca

# Resultados

Método	Ore Geometry	Ore Zone Ground Conditions	HW	Fw	Total
Block Caving	16	12 15,96	8 10,64	9 11,97	45 54,57
Sublevel Caving	15	0 0	8 10,64	12 15,96	35 41,60

## Weighting Factors

Ore Geometry	1.0	1.0	1.0
Ore Zone Ground Conditions	1.33	0.75	1.0
Hanging Wall Ground Conditions	1.33	0.6	0.8
Footwall Ground Conditions	1.33	0.38	0.5

Tabla nº30 : Evaluación final mediante la metodología de Nicholas.

## 15.2.4 Histórico extracción puntos sector colapsado

Punto	Tonelaje Extraído	Altura Extraída	Ley
C03L69H	28.359	40	1,66
C03L69F	29.934	42	1,24
C03L70H	11.270	16	1,16
C03L70F	6.916	10	1,06
C03L71H	7.319	11	1,08
C03L71F	4.506	7	1,01
C03L72H	8	0	0,99
C03L72F	14	0	0,93
C03L73H	0	0	0,89
C03L73F	0	0	0,96
C03L74H	0	0	1,05
C05L68H	13.278	18	1,03
C05L68F	27.063	38	0,85
C05L69H	9.350	13	0,96
C05L69F	20.712	29	0,83
C05L70H	1.238	2	0,94
C05L70F	0	0	0,79
C05L71H	0	0	0,94
C05L71F	0	0	0,79
C05L72H	0	0	1,02
C05L72F	0	0	0,95
C05L73H	0	0	1,00
C07L67H	75.083	105	0,97
C07L67F	69.005	97	0,93
C07L68H	13.818	19	0,82
C07L68F	11.094	16	0,77
C07L69H	11.978	17	0,77
C07L69F	1.625	2	0,75
C07L70H	0	0	0,76
C07L70F	0	0	0,76
C07L71H	0	0	0,81
C07L71F	443	1	0,80
C07L72H	0	0	0,94
C09L66H	23.929	33	0,79
C09L66F	19.741	28	0,78
C09L67H	19.525	27	0,76

<b>Punto</b>	<b>Tonelaje Extraído</b>	<b>Altura Extraída</b>	<b>Ley</b>
C09L67F	0	0	0,71
C09L68H	36.200	51	0,84
C09L68F	22.861	32	0,82
C09L69H	7.078	10	0,87
C09L69F	16.203	23	0,85
C09L70H	6.755	9	0,88
C09L70F	4.182	6	0,83
C09L71H	3.242	5	0,88
C11L65H	22.199	32	0,74
C11L65F	16.085	23	0,70
C11L66H	13.032	18	0,75
C11L66F	14.010	20	0,70
C11L67H	0	0	0,69
C11L67F	2.358	3	0,69
C11L68H	190	0	0,72
C11L68F	259	0	0,69
C11L69H	18.290	26	0,83
C11L69F	15.364	21	0,78
C11L70H	7.974	11	0,79
C13L64H	22.469	31	0,70
C13L65H	18.285	25	0,64
C13L66H	3.134	4	0,67
C13L67H	747	73	0,66
C13L68H	47.409	60	0,77
<b>Total</b>	<b>704.537</b>		<b>0,89</b>

Tabla nº 31: Histórico de Extracción Puntos

## 15.2.5 Recursos remanentes cota 2354

Punto	Toneladas Remanentes	Ley
C03L69H	216.021	1,81
C03L69F	218.999	1,60
C03L70H	218.841	1,65
C03L70F	229.247	1,56
C03L71H	229.543	1,63
C03L71F	225.054	1,53
C03L72H	224.009	1,56
C03L72F	234.047	1,49
C03L73H	222.783	1,49
C03L73F	230.859	1,45
C03L74H	274.013	1,40
C05L68H	217.919	1,52
C05L68F	222.089	1,34
C05L69H	218.787	1,45
C05L69F	227.327	1,30
C05L70H	226.915	1,42
C05L70F	226.263	1,27
C05L71H	233.987	1,41
C05L71F	237.966	1,27
C05L72H	225.139	1,40
C05L72F	242.135	1,30
C05L73H	221.531	1,35
C07L67H	232.828	1,28
C07L67F	239.660	1,16
C07L68H	238.714	1,21
C07L68F	247.496	1,12
C07L69H	241.988	1,16
C07L69F	238.849	1,10
C07L70H	238.177	1,15
C07L70F	247.886	1,12
C07L71H	240.614	1,21
C07L71F	250.893	1,18
C07L72H	241.450	1,22
C09L66H	239.026	1,13
C09L66F	245.241	1,12
C09L67H	240.126	1,08
C09L67F	252.672	1,10
C09L68H	249.290	1,08

<b>Punto</b>	<b>Toneladas Remanentes</b>	<b>Ley</b>
C09L68F	251.292	1,11
C09L69H	248.014	1,11
C09L69F	257.141	1,13
C09L70H	242.800	1,13
C09L70F	263.041	1,11
C09L71H	241.821	1,12
C11L65H	262.742	1,15
C11L65F	261.860	1,16
C11L66H	259.554	1,13
C11L66F	267.532	1,15
C11L67H	265.528	1,13
C11L67F	257.908	1,15
C11L68H	258.154	1,13
C11L68F	266.053	1,13
C11L69H	256.925	1,10
C11L69F	263.090	1,06
C11L70H	258.277	1,03
C13L64H	258.014	1,19
C13L65H	259.272	1,19
C13L66H	267.668	1,17
C13L67H	266.756	1,15
C13L68H	255.891	1,11
<b>Total</b>	<b>14.597.719</b>	<b>1,25</b>

Tabla nº 32 Recursos remanentes a la cota 2355

## 15.2.6 Recursos remanentes cota 2341

<b>Punto</b>	<b>Toneladas Remanentes</b>	<b>Ley</b>
C03L69H	234.925	1,83
C03L69F	233.598	1,62
C03L70H	232.074	1,72
C03L70F	241.205	1,57
C03L71H	240.198	1,68
C03L71F	235.298	1,53
C03L72H	236.960	1,57
C03L72F	245.326	1,49
C03L73H	236.106	1,47
C03L73F	244.639	1,41
C03L74H	289.823	1,38
C05L68H	229.552	1,53
C05L68F	235.308	1,45
C05L69H	236.941	1,46
C05L69F	242.239	1,31
C05L70H	238.878	1,40
C05L70F	244.415	1,29
C05L71H	245.409	1,39
C05L71F	256.334	1,30
C05L72H	242.369	1,39
C05L72F	262.668	1,31
C05L73H	241.724	1,32
C07L67H	251.729	1,55
C07L67F	254.624	1,24
C07L68H	248.476	1,26
C07L68F	257.872	1,15
C07L69H	254.256	1,21
C07L69F	250.714	1,14
C07L70H	255.344	1,20
C07L70F	265.391	1,15
C07L71H	255.675	1,21
C07L71F	264.387	1,16
C07L72H	258.166	1,20
C09L66H	258.056	1,15
C09L66F	263.954	1,15
C09L67H	257.743	1,10

<b>Punto</b>	<b>Toneladas Remanentes</b>	<b>Ley</b>
C09L67F	266.143	1,12
C09L68H	258.615	1,10
C09L68F	260.492	1,12
C09L69H	264.182	1,11
C09L69F	267.177	1,12
C09L70H	260.684	1,13
C09L70F	273.778	1,10
C09L71H	255.594	1,12
C11L65H	275.626	1,16
C11L65F	274.614	1,16
C11L66H	272.220	1,14
C11L66F	281.745	1,15
C11L67H	280.746	1,13
C11L67F	272.853	1,15
C11L68H	273.598	1,14
C11L68F	282.024	1,14
C11L69H	272.004	1,10
C11L69F	280.641	1,08
C11L70H	271.394	1,04
C13L64H	276.847	1,22
C13L65H	276.468	1,21
C13L66H	277.439	1,17
C13L67H	275.637	1,15
C13L68H	270.871	1,13
<b>Total</b>	<b>15.463.770</b>	<b>1,27</b>

Tabla nº 33 Remanentes cota 2341

**15.2.7 Recursos remanentes cota 2321**

<b>Punto</b>	<b>Toneladas Remanentes</b>	<b>Ley</b>
C03L69H	249.759	1,79
C03L69F	248.169	1,60
C03L70H	246.706	1,69
C03L70F	255.981	1,54
C03L71H	254.977	1,64
C03L71F	249.446	1,50
C03L72H	251.310	1,53
C03L72F	259.953	1,45
C03L73H	250.371	1,43
C03L73F	259.234	1,38
C03L74H	307.464	1,34
C05L68H	243.914	1,52
C05L68F	249.540	1,42
C05L69H	251.275	1,45
C05L69F	256.597	1,29
C05L70H	253.259	1,37
C05L70F	258.446	1,27
C05L71H	259.689	1,37
C05L71F	270.698	1,28
C05L72H	256.367	1,36
C05L72F	277.391	1,28
C05L73H	255.680	1,29
C07L67H	266.563	1,52
C07L67F	269.196	1,22
C07L68H	263.108	1,23
C07L68F	272.647	1,14
C07L69H	269.035	1,18
C07L69F	264.861	1,12
C07L70H	269.694	1,19
C07L70F	280.018	1,13
C07L71H	269.939	1,20
C07L71F	278.981	1,15
C07L72H	272.576	1,18
C09L66H	272.418	1,13
C09L66F	278.186	1,13
C09L67H	272.078	1,09
C09L67F	280.502	1,11

<b>Punto</b>	<b>Toneladas Remanentes</b>	<b>Ley</b>
C09L68H	272.997	1,08
C09L68F	274.523	1,10
C09L69H	278.461	1,10
C09L69F	281.542	1,10
C09L70H	274.682	1,11
C09L70F	288.500	1,09
C09L71H	269.550	1,11
C11L65H	290.460	1,14
C11L65F	289.185	1,15
C11L66H	286.853	1,12
C11L66F	296.521	1,13
C11L67H	295.525	1,11
C11L67F	287.001	1,13
C11L68H	287.948	1,12
C11L68F	296.651	1,12
C11L69H	286.268	1,09
C11L69F	295.235	1,07
C11L70H	285.803	1,04
C13L64H	291.208	1,20
C13L65H	290.803	1,18
C13L66H	291.820	1,15
C13L67H	289.916	1,14
C13L68H	284.868	1,12
<b>Total</b>	<b>16.332.346</b>	<b>1,25</b>

Tabla nº 34 Remanentes cota 2321

### 15.2.8 Infraestructura en el snv cota 2341

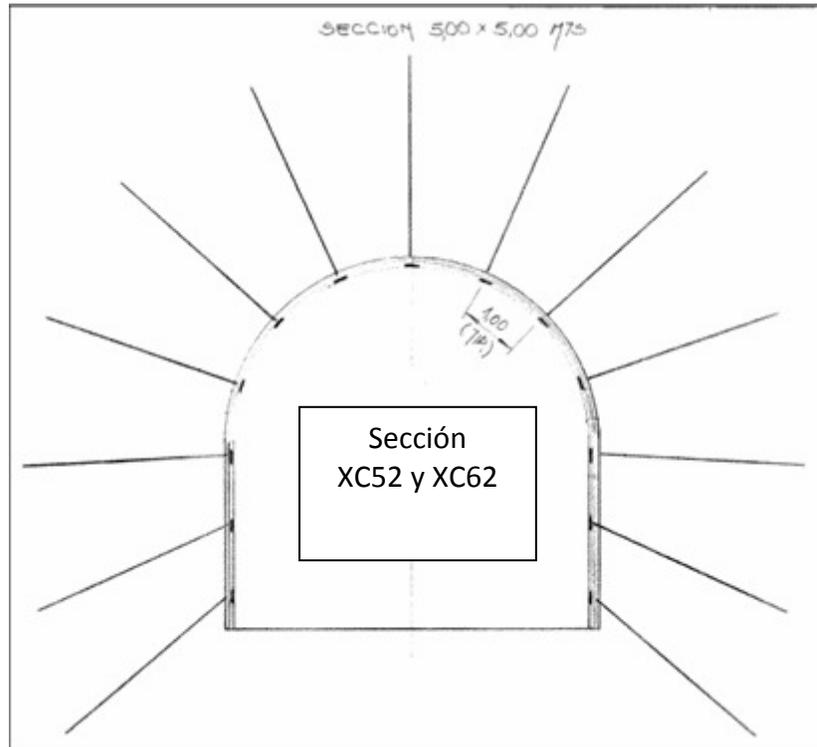
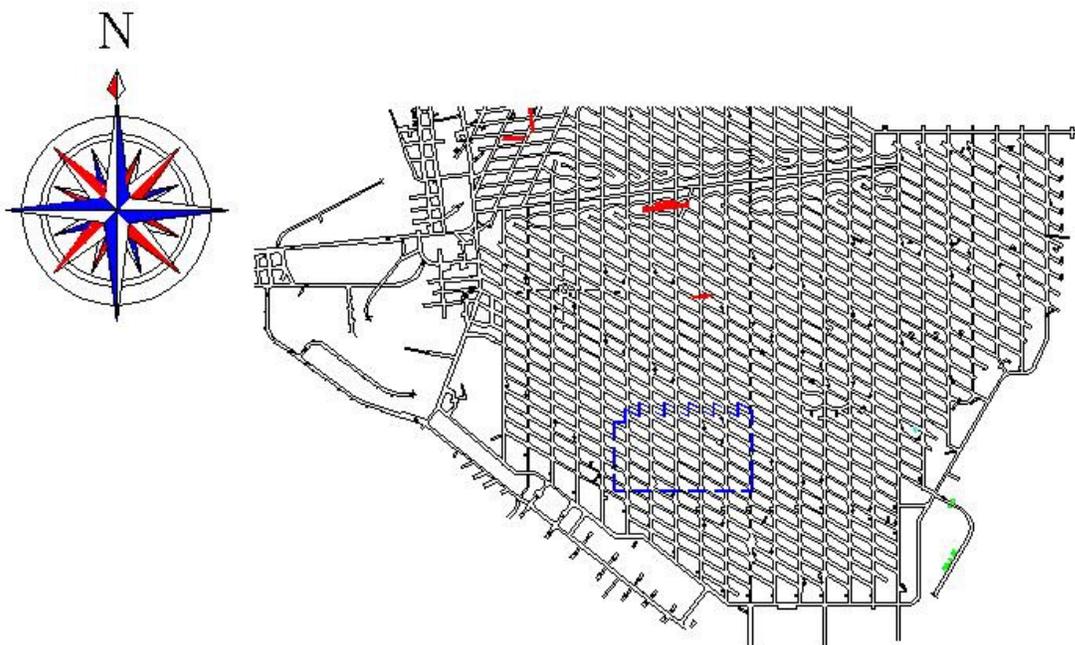
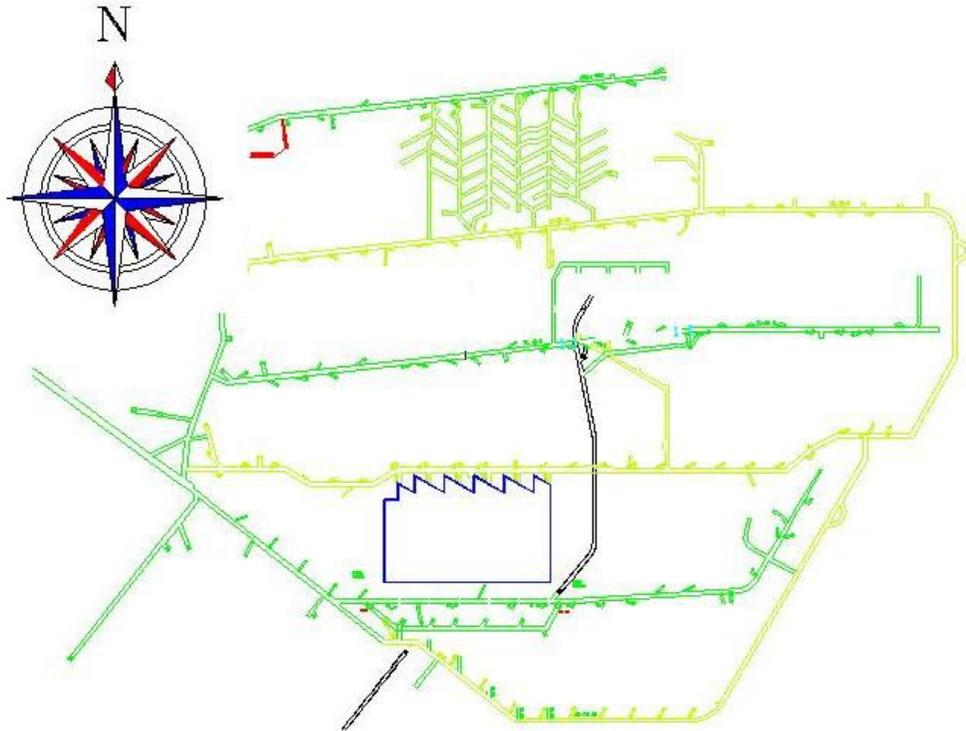


Figura nº23 : Dimensiones infraestructura en snv..

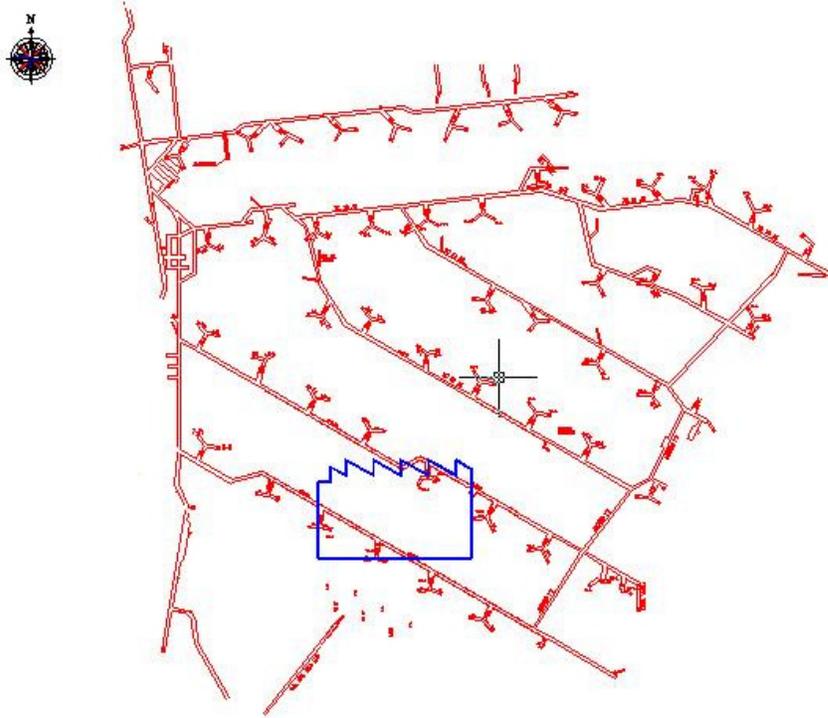
### 15.2.9 Plano planta nivel producción (cota 2354)



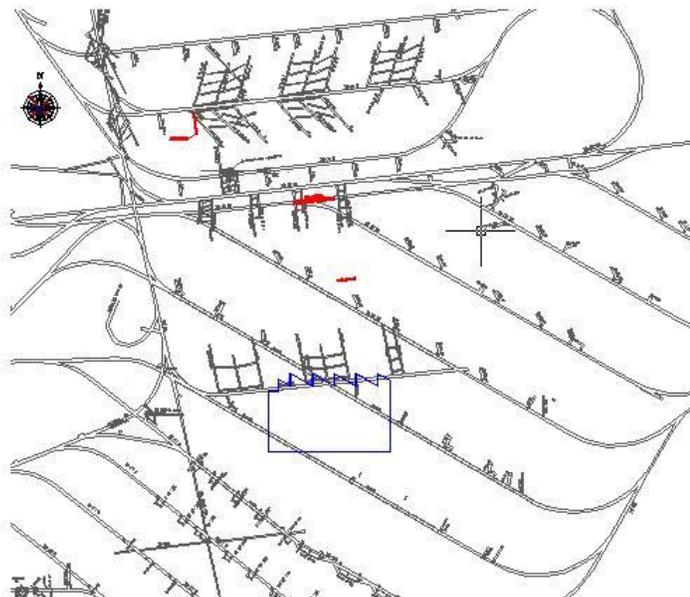
15.2.10 Plano planta sector colapsado snv(cota 2341)



**15.2.11 Plano planta sector colapsado sub 4 martillos( cota 2321)**



**15.2.12 Plano planta sector colapsado acarreo (cota 2287)**



## 15.2.13 Inversion en desarrollos panel 4

TIPO	Unidad	Sección m x m	Tipo Fortificación	Cantidad (m)	P. Unitario US\$	Total US\$
<b>1.- Calles</b>						
- C-1L	m	4,0 x 3,6	pms	127	2.482	315.214
- C-3L	m	4,0 x 3,6	pms	127	2.482	315.214
- C-5L	m	4,0 x 3,6	pms	127	2.482	315.214
- C-7L	m	4,0 x 3,6	pms	127	2.482	315.214
- C-9L	m	4,0 x 3,6	pms	127	2.482	315.214
- C-11L	m	4,0 x 3,6	pms	127	2.482	315.214
<b>TOTAL CALLES</b>				<b>762</b>		<b>1.891.284</b>
<b>2.- Zanjas</b>						
- Z-1	m	4,0 x 3,6	pm	37	2.285	84.545
- Z-2	m	4,0 x 3,6	pm	70	2.285	159.950
- Z-3	m	4,0 x 3,6	pm	102	2.285	233.070
- Z-4	m	4,0 x 3,6	pm	131	2.285	299.335
- Z-5	m	4,0 x 3,6	pm	165	2.285	377.025
- Z-6	m	4,0 x 3,6	pm	175	2.285	399.875
- Z-7	m	4,0 x 3,6	pm	175	2.285	399.875
- Z-8	m	4,0 x 3,6	pm	166	2.285	379.310
- Z-9	m	4,0 x 3,6	pm	131	2.285	299.335
- Z-10	m	4,0 x 3,6	pm	106	2.285	242.210
- Z-11	m	4,0 x 3,7	pm	74	2.285	169.090
<b>TOTAL ZANJAS</b>				<b>1.332</b>		<b>2.874.530</b>
<b>3.- Ventilación</b>						
- Galería Inyección	m	5,0 x 5,0	pms	71	2.285	162.235
- Galería Extracción	m	5,0 x 5,0	pms	66	2.160	142.560
<b>TOTAL VENTILACION</b>				<b>137</b>		<b>304.795</b>
<b>4.- Reforzamiento Nivel Producción Por Presencia Galería de Exploración</b>						
- Reforzamiento	m		Hormigón Armado	50	6.000	
<b>TOTAL REFORZAMIENTO</b>						
<b>TOTAL EXCAVACIONES</b>				<b>2.231</b>		<b>5.070.609</b>

Tabla nº 35 . Inversion en desarrollos y preparaciones Proyecto Panel 4

## 15.2.14 Flujo de caja para el proyecto

### INGRESOS

Por Cu	[kUS\$]	31.716	52.476	45.928	40.296	38.026	38.684	25.790
Total	[kUS\$]	31.716	52.476	45.928	40.296	38.026	38.684	25.790

### COSTOS UNITARIOS

		1	2	3	4	5	6	7
Costo Unitario Total Producción	US\$/t	3,21	3,20	3,06	3,44	3,44	3,44	3,44
- Carguío-Traspaso-Extracción	US\$/t	1,69	1,69	1,60	1,67	1,67	1,67	1,67
- Transporte Int. Mina (Tte. 5 Sur)	US\$/t	0,81	0,82	0,78	0,98	0,98	0,98	0,98
- Chancado Int. Mina	US\$/t	0,27	0,27	0,28	0,37	0,37	0,37	0,37
- Transporte Int. Mina (Tte. 8)	US\$/t	0,43	0,41	0,41	0,42	0,42	0,42	0,42

Costo Unitario Total Planta Colón	US\$/t	2,72	2,71	2,61	2,61	2,60	2,60	2,60
- Chancado Primario	US\$/t	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27
- Chancado Secundario	US\$/t	0,67	0,66	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64
- Molienda	US\$/t	0,99	1,01	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
- Flotación y Aguas Abajo	US\$/t	0,80	0,78	0,76	0,74	0,74	0,74	0,74

- Gasto Operación Mina	kUS\$	3.956	7.408	7.819	8.793	8.789	8.789	5.839
- Gasto Operación Planta	kUS\$	3.351	6.264	6.670	6.662	6.643	6.643	4.413
TOTAL GASTOS	[kUS\$]	7.307	13.672	14.489	15.455	15.432	15.432	10.252

### INVERSIONES

Inversiones Mina	UNIDAD	1	2	3	4	5	6	7
- Desarrollos	KUS\$	5.071						
- Construcciones	KUS\$	2.176						
- Perforación y Tronadura de Zanjas	KUS\$	410	820	410				
- Obras Tempranas	KUS\$	385						
- Ingeniería	KUS\$	50						
- Contingencia (15 %)	KUS\$	1.214	123	61				
TOTAL INVERSION	[kUS\$]	9.305	943	471				

<b>FLUJO DE CAJA</b>	<b>[KUS\$]</b>	<b>15.104</b>	<b>37.860</b>	<b>30.967</b>	<b>24.841</b>	<b>22.593</b>	<b>23.252</b>	<b>15.539</b>
----------------------	----------------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------

	1	2	3	4	5	6	7	Total
FLUJOS ACTUALIZADOS AL AÑO 7	15.104	35.056	26.549	19.719	16.607	15.825	9.792	138.651
INGRESO ACTUALIZADOS	31.716	48.589	39.376	31.988	27.950	26.328	16.252	222.198
INVERSION ACTUALIZADA	-9.305	-873	-404					-10.583
COSTOS ACTUALIZADOS	-7.307	-12.660	-12.422	-12.269	-11.343	-10.503	-6.460	-72.964

Tabla nº 36 . Flujo de caja para el proyecto panel 4.