



**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS FISICAS Y MATEMATICAS**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERIA INDUSTRIAL**

**EXPLOTACION SUBTERRÁNEA DEL YACIMIENTO CAMPAMENTO ANTIGUO**  
**CODELCO CHILE - DIVISIÓN SALVADOR**

**TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE MAGISTER EN GESTION Y DIRECCION**  
**DE EMPRESAS, VERSION INDUSTRIA MINERA**

**CRISTIAN FLORENCIO DÍAZ ARAYA**

**PROFESOR GUIA:**

**LUIS ZAVIEZO SCHWARTZMAN**

**MIEMBROS DE LA COMISION**

**WALTER CASENAVE GUIER**

**OLIVER MIRANDA ARENAS**

**SANTIAGO DE CHILE**

**AÑO 2013**

## **RESUMEN**

El objetivo principal de este trabajo, es estudiar el potencial económico, de los recursos remanentes del yacimiento Campamento Antiguo y así poder rentabilizar estos recursos, mediante una alternativa diferente de explotación, como lo es, el sistema subterráneo a través del método Block Caving.

En la actualidad, División Salvador explota yacimientos del tipo oxidados y sulfurados, los primeros se presentan como cuerpos satélites explotados en forma de rajos como lo es, Damiana y Campamento Antiguo y por otra parte la mineralización de sulfuros explotada con método subterráneo, esto es en el caso del yacimiento Rampa Inca.

El plan de negocio 2012 de la División (PND 2012 DSAL), analizó la factibilidad técnico económica de explotar una nueva fase de Campamento Antiguo, sobre la actual fase 5. Así se definió la nueva fase 6, que permite extender la vida útil del rajo hasta el año 2018, llegando a su límite económico, principalmente por el aumento considerable de la relación lastre/mineral.

Por lo tanto los recursos remanentes de Campamento Antiguo no son económicamente atractivos de recuperar a través del método rajo abierto, posterior a la extracción de la fase 6.

Según lo expuesto se propone analizar mediante método subterráneo, una alternativa, que permita rentabilizar estos activos mineros remanentes y por lo tanto agregar valor al negocio divisional.

El estudio parte, con la obtención y revisión de antecedentes que corresponde a la etapa de búsqueda de información de ingenierías anteriores, índices económicos relevantes, información GEO-minero-metalúrgica, que será el punto de partida y el sustento de las evaluaciones a realizar, el modelo de bloques de yacimiento Campamento Antiguo.

Como conclusión, la evaluación económica de la Alternativa arrojó en esta etapa, que el escenario evaluado es interesante para la explotación de este recurso remanente.

Por lo tanto se recomienda profundizar el estudio, pasando a las siguientes etapas de evaluación como lo es la pre factibilidad, ya que las evaluaciones económicas y la tasa interna de retorno dan números positivos, por lo que estaríamos frente a uno de los objetivos de la corporación, que es dar valor al negocio.

## **AGRADECIMIENTOS:**

..."Aunque la higuera no florezca, ni en las vides haya frutos, Aunque falte el producto del olivo y los labrados no den mantenimiento y las ovejas sean quitadas de la majada y no haya vacas en los corrales, con todo me alegraré en Jehová y me gozaré en el Dios de mi salvación

Jehová el Señor, es mi fortaleza, el cual hace mis pies como de siervas y en mi alturas me hace andar" ... (Habacuc 3).

Primero que todo agradecer a mi Familia, a mi amada esposa Priscila, por su apoyo incondicional, a mis hijos Matias Benjamin y Ania Noemí, que fueron el soporte emocional para no desfallecer.

A mis Padres, Kerlle y Melania, a mis 07 Hermanos (a), por su aliento gratificante, que uno de los suyos este logrando dicho Estudios, en tal prestigiosa Universidad.

A mis Amigos, a mis Buenos Amigos, a todos ellos, muchas gracias.

A mis colegas, que de una u otra forma aportaron para el desarrollo de este MBA

A Codelco Chile División Salvador, por permitirme continuar desarrollándome tanto en lo personal como en lo Profesional.

Un saludo y agradecimiento a mis compañeros, a todos los que formamos parte de este primer MBA, a los que empezaron y por diversos motivos no pudieron finalizar, a los que fácilmente llegaron a la meta, a los que corrimos detrás de ellos, que gracias a su empuje y voz de aliento, nos ayudaron ser parte del pódium.

En especial, este agradecimiento va dirigido a los que ya no están entre nosotros y solo viven en nuestros corazones.

A todos, simplemente Gracias

## TABLA DE CONTENIDO

<b>CAPITULO 1</b>	<b>INTRODUCCION</b>	<b>13</b>
1.1	Contexto de la situación actual de División Salvador	14
1.2	Escenario Referente	14
1.3	Alcance de tema a abordar	16
1.4	Objetivos	17
1.4.1	Objetivo General	17
1.4.2	Objetivo Específico	17
1.5	Resultados Esperados	18
1.6	Marco conceptual	19
<b>CAPITULO 2</b>	<b>DESCRIPCIÓN DIVISIÓN SALVADOR</b>	<b>20</b>
2.1	Historia	20
2.2	Ubicación	21
2.3	Relieve e hidrografía	23
2.4	Clima	23
2.5	Infraestructura	23
2.5.1	Mina subterránea	24
2.5.1.1	Geomecánica	25
2.5.2	Mina rajo campamento antiguo	29
2.5.2.1	Litología	30

2.5.2.2 Mineralización	31
2.5.2.3 Proceso línea sulfuros	32
2.5.3 Mina Rajo Damiana	33
2.5.4 Mina Rajo CC/QM	35
2.5.5 Proceso Línea Óxidos	36
2.5.6 Descripción del proceso mina concentradora	37
2.5.6.1 Planta concentradora	38
2.5.6.2 Proceso de conminación	39
2.5.6.3 Chancado secundario terciario	39
2.5.6.4 Molienda	40
2.5.6.5 Flotación global	41
2.5.6.6 Planta de molibdeno	42
2.5.3.7 Planta de tratamiento de agua	43
2.5.3.8 Planta de tratamiento de relaves “LOS AMARILLOS”	44
2.5.4 Planta de filtros secados	46
<b>CAPITULO 3 GEOLOGÍA</b>	<b>47</b>
3.1 Geología general	47
3.2 Geología regional	47
3.3 Geología local	48
3.4 Geología estructural	49
3.5 Geología económica	50

3.6 Tipo de yacimiento	50
3.8 Geología de yacimiento campamento antiguo	52
3.8.1 Generalidades	52
3.8.2 Rocas Volcánicas	52
3.8.3 Rocas Intrusivas.	53
3.8.4 Complejo Subvolcánico de Brechas Campamento Antiguo	53
3.8.5 Depósitos No consolidados	54
3.9 Mineralización	55
3.9.1 Generalidades	55
3.9.2 Mineralización hipogena	57
3.9.2.1 Mineralización de bornita	57
3.9.2.2 Mineralización de calcopirita-pirita	58
3.9.2.3 Mineralización de pirita-calcopirita	60
3.9.2.4 Mineralización de pirita	60
3.9.2.5 Mineralización de calcosina	61
3.9.2.6 Vetillas Hidrotermales	61
3.9.2.7 Vetillas de cuarzo tardimagmática	62
3.9.2.8 Vetillas de cuarzo transicionales	62
3.9.2.9 Vetillas de sulfuros tardías	62
3.10 Dominio Estructural	62
3.11 Modelo Genético	63

<b>CAPITULO 4</b>	<b>MARCO TEÓRICO</b>	<b>67</b>
4.1	Principio del método	67
4.2	Antecedentes de método	69
4.3	Malla de extracción	70
4.4	Altura de socavación	70
4.5	Altura optima del block	71
4.6	Método de explotación	72
4.7	Descripción del método	72
4.7.1	Nivel de hundimiento producción	73
4.7.1.1	Nivel de hundimiento	74
4.7.1.2	Nivel de producción	74
4.7.2	Nivel de reducción	75
4.7.3	Nivel de transporte	76
4.8	Modelo de bloques del método	76
4.9	Pancer	77
4.10	Silos	78
4.11	Correa transportadora	78
4.11.1	Características generales	79
4.11.2	Ventajas del uso de una correa transportadora	79

<b>CAPITULO 5</b>	<b>DESARROLLO DE ESTUDIO</b>	<b>80</b>
5.1	Metodología	80
5.2	Antecedentes	81
5.3	Participación en Producción de Mina	82
5.4	Participación en Consumo de Cobre Refinado	83
5.4	Obtención y revisión de antecedentes	84
5.4.1	Trabajos anteriores	84
I	Etapa: Recopilación de Antecedentes	88
II	Etapa: Base de datos	89
III	Etapa: Modelamiento Geológico	90
IV	Etapa: Modelamiento Geometalúrgico	91
5.5	Modelo Campamento Antiguo a Subterráneo	92
5.6	Campos del Modelo MOCA0901.DAT	92
5.7	Topografía Campamento Antiguo	92
5.8	Revisión del modelo de recursos	93
5.9	Desarrollo de Ingeniería	94
5.9.1	Piso de Hundimiento	94
5.9.2	Envolvente y Secuencia	95
5.10	Plan de producción	96
5.10.1	Planeamiento de minado	96
5.10.1.1	Plan de planeamiento de corto plazo	97
5.10.1.2	Plan de planeamiento a largo plazo	98



5.11 Plan de producción del estudio	.....	100
5.12 Infraestructura minera	.....	102
<b>CAPITULO 6</b>	<b>EVALUACION ECONOMICA</b>	<b>.....105</b>
<b>CAPITULO 7</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>109</b>
<b>CAPITULO 8</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</b>	<b>112</b>

## INDICE DE FIGURAS

Figura N° 1 Campamento de el Salvador	21
Figura N° 2: Ubicación mineral de El Salvador	22
Figura N° 3 Esquema de Ubicación de Yacimientos División Salvador	24
Figura N° 4 Áreas Activas Mina Subterránea	25
Figura N° 5 Rajo Abierto – Campamento Antiguo	32
Figura N° 6 Descripción Esquema del Proceso de Minerales Sulfurados	33
Figura N° 7 Rajo Abierto – Damiana	34
Figura N° 8 Rajo Abierto – CC/QM	35
Figura N° 9 Proceso Línea Óxidos	36
Figura N° 10 Diagrama de Flujo Planta Concentradora	38
Figura N° 11 Planta de Chancado Diagrama Sección 1 2 y 3	39
Figura N° 12 Planta Molienda – Secciones 1 a 4	40
Figura N° 13 Planta de Flotación Cu – Mo	41
Figura N° 14 Esquema Planta Flotación Cu – Mo	42
Figura N° 15 Planta de Flotación Mo	42
Figura N° 16 Espesadores Planta Concentradora – El Salvador	43
Figura N° 17 Esquema Planta de Agua	44
Figura N° 18 Planta Los Amarillos	45
Figura N° 19 Esquema Planta Los Amarillo	45
Figura N° 20 Planta Filtros Cerámicos	46

Figura N° 21 Esquema Planta Filtros Cerámicos	46
Figura N° 22 Geología del El Salvador	48
Figura N° 23 Tipos de Roca de el Salvador	51
Figura N° 24 Modelo tridimensional de Unidades Litológicas del Yacimiento Campamento Antiguo	54
Figura N° 25 Método de Explotación Block Caving	68
Figura N° 26 Esquema de Explotación	73
Figura N° 27 Producción del Caving	74
Figura N° 28 Modelo de Bloques	76
Figura N° 29 Acarreo de Minera	77
Figura N° 30 Esquema de la Metodología de Trabajo	81
Figura N° 31 Participación en Producción de Mina Mundial	82
Figura N° 32 Participación Mundial de Cobre Refinado	32
Figura N° 33 Topografía una vez terminada la Fase 6	93
Figura N° 34 Cota de Piso Óptima	94
Figura N° 35 Piso Óptimo, Cota 2285	95
Figura N° 36 Cuadro Final de Explotación	96
Figura N° 37 Cráter en mayo de 2007 Cráter en mayo de 2009	97
Figura N° 38 Corte Esquemático de Extracción de Mineral	.....104

## INDICE DE TABLAS

Tabla N° 1 Tipo de Terreno Geotécnico	27
Tabla N° 2 RQD	27
Tabla N° 3 Grado De Homogeneidad	27
Tabla N° 4 Tipo de terreno Geomecánico	28
Tabla N° 5 Características Geomecánica por Tipo de Roca	29
Tabla N° 6 Resumen de estado de alteración y mineralización en CA	56
Tabla N° 7 Campo del Modelo MOC A0901	92
Tabla N° 8 Producción Estimada Abril-Diciembre 2012	98
Tabla N° 9 Producción Estimada 2012-2020	99
Tabla N° 10 Plan de Producción	101
Tabla N° 11 Ingreso de Área y Puntos de Extracción	101
Tabla N° 12 Plan de Desarrollos Mineros	102
Tabla N° 13 Construcción de Infraestructura	103
Tabla N° 14 Costos de Desarrollo y Obras Mineras	.....105
Tabla N° 15 Costos de Materiales	.....106
Tabla N° 16 Costo de Infraestructura Minera	.....106
Tabla N° 17 Costo Total de Materiales e Insumos	.....107
Tabla N° 18 Costo de Inversión para el Transporte de Mineral	.....107
Tabla N° 19 Flujo de Caja	.....108
Tabla N° 20 Análisis de Sensibilidad	.....109

## **CAPITULO 1      INTRODUCCION**

Los recursos remanentes del distrito Salvador, posterior al cese de las operaciones en el 2011, alcanzaban aproximadamente las 1.800 MTon con ley media 0,27 %Cu, las cuales se encuentran dispersas entre el material quebrado de la mina subterránea, diferentes cuerpos satélites, los remanentes de las explotaciones a rajo abierto, desmontes y relaves.

Es en este contexto en el que se plantea la necesidad de evaluar los posibles caminos de acción que permitan agregar valor al negocio.

El Tema a abordar tiene relación, con un estudio con respecto a uno de los cuerpos satélites, que actualmente se explota vía raja abierto, denominado Campamento Antiguo el cual va a entrar a su última fase económicamente rentable de explotación.

Es por ello que se plantea la necesidad de evaluar el mismo cuerpo mineralizado, que debido a su profundidad y la relación lastre mineral, se hace inviable económicamente la extracción por el actual método, posterior a la fase 6, quedando un recurso remanente sin ser extraído.

La idea es proyectar este cuerpo mineralizado en el tiempo, para que sea extraído, una vez agotada la fase 06, la cual tiene fecha de término para el año 2018.

Por lo tanto se presenta esta alternativa, de evaluar la extracción de forma subterránea realizando análisis de bloque, curvas tonelaje ley, la hundibilidad del cuerpo y la extracción de este, siempre y cuando el análisis económico de positivo.

## CONTEXTO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE DIVISION SALVADOR

### Escenario Referente

Las operaciones de la División Salvador (DSAL) de Codelco Chile, se realizan en la zona de la cordillera de Los Andes a 2.600 metros de altura y a una distancia de 1.100 kilómetros al norte de Santiago. DSAL explota la mina "Inca" de explotación subterránea, y las minas "Campamento Antiguo" y "Damiana Norte" a rajo abierto.

División Salvador, explota minerales oxidados y sulfurados a partir de los cuales produce 68.482 toneladas métricas finas de cátodos de cobre promedio al año. Además produce 1.177 toneladas métricas de molibdeno promedio anual, obteniendo también barros anódicos y ácido sulfúrico. División Salvador tiene proyectado extender sus operaciones de explotación del yacimiento, por lo menos hasta el año 2021 en la línea sulfuros y al 2015 en la línea óxidos de acuerdo a su último ejercicio PND2011.

De siempre, División Salvador ha pasado por distintas etapas, muchas de ellas ligada al cierre de la División, basta con mirar la historia y observar lo que pasaba solo dos años atrás, era de conocimiento público el cierre de la División, con el Impacto social que esto involucraba, se hicieron los esfuerzos necesarios y se demostró que se podía continuar operando.

En base a esto el año 2010, se dio el vamos a un nuevo periodo para las operaciones mina, por la línea oxido hasta el año 2015 y por la línea sulfuro hasta el año 2021.

Nuevos estudios, han demostrado que se puede operar por la línea óxido hasta el año 2018 y por la línea sulfuro hasta el año 2052, lo que conlleva a realizar desde el año 2018 un Rajo sobre la actual mina subterránea.

Es en este contexto que se desarrolla, este nuevo ejercicio, en el cual uno de los rajos que actualmente opera, el cual aporta a la línea sulfuros el 25% de

mineral del total entregado por la mina subterránea, para abastecer a la planta concentradora.

Este estudio, busca, primero la viabilidad de rentabilizar los recursos remanentes del rajo denominado “campamento antiguo” una vez terminada la fase 6, por el método subterráneo y segundo, recalcar que las operaciones de la mina subterránea, la cuál viene operando desde el año 1960 tiene su fecha de término para el año 2021, en el cual pasará a operar con el método cielo abierto, sobre la actual mina subterránea, estimándose el inicio del prestriping para el año 2018, en donde en sus fases finales llegará por debajo de la actual cota actual de transporte de la mina subterránea, la cual alimenta a la planta concentradora, el objetivo final es ver si es viable económicamente extraer estos recursos remanentes y aprovechar la infraestructura de la mina subterránea antes que esta sea absorbida por el nuevo rajo.

## **ALCANCE DEL TEMA A ABORDAR**

Existen distintas alternativas subterráneas, que se pueden estudiar para rentabilizar estos recursos remanentes. Esta Tesis quedará acotada al análisis técnico económico del método Block Caving para la explotación de este cuerpo mineralizado.

Los recursos remanentes de Campamento Antigo no están considerados en el Plan de Negocios Divisional, es por ello que se plantea el análisis a nivel de perfil de la alternativa económica de explotación de recursos remanentes de Campamento Antigo, a través del método Block Caving, dejando abierta la puerta para futuros estudios, de realizar este análisis con otros métodos de explotación o bien pensar en una lixiviación insitu.



## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

El objetivo general, es estudiar el potencial económico, de los recursos remanentes del yacimiento Campamento Antiguo, para así agregar valor al negocio con las condiciones actuales del mercado.

### **Objetivo Específico**

El objetivo específico, es rentabilizar los recursos de remanentes de Campamento Antiguo, mediante una alternativa diferente de explotación, como lo es el sistema subterráneo a través del método Block Caving.

La idea es aprovechar la infraestructura de la mina subterránea en los niveles de carguío y transporte, ya que para el año 2018, está considerado el inicio del Rajo Inca, el cual se emplaza sobre la actual mina subterránea, a partir de esa fecha comienzan los trabajos de presstriping, estos trabajos se desarrollaran en paralelo con los últimos años de extracción de la mina subterránea, la cual tiene fecha de término para el año 2021.

El nuevo rajo llegará en una de sus últimas fases a una cota de piso inferior del actual nivel de transporte y carguío de la mina subterránea.

Para ello se definirá, la extracción de los últimos años de la mina subterránea, con el fin de extraer los recursos remanentes de campamento antiguo por túneles subterráneos a través de correas transportadoras haciéndola llegar a un silo de almacenamiento para luego sacarla a través de trenes hacia el chancado primario y así no perder la oportunidad de recuperar estos recursos de campamento con costos de infraestructura hundidos de la mina subterránea por ende aprovechar este último nivel que es de transporte de mineral antes que sea absorbido por el nuevo rajo.

## **Resultados Esperados**

Rentabilizar un activo minero que ya no entregará beneficios con el método a cielo abierto que se explota actualmente, ya que llegará a su límite económicamente de explotación, hasta su fase 6 a fines del año 2018, por ende quedará un recurso remanente sin ser extraído.

Entregar una alternativa de explotación rentable, a través de un método subterráneo, de los recursos remanentes de campamento antiguo, el cual por su relación lastre mineral, posterior a la fase 6, es inviable extraerlo por el método open-Pitt.

Con respecto al diseño, este se limita a presentar y dar respuesta a la factibilidad de extraer este recurso remanente por un sistema subterráneo.

## **Marco Conceptual**

En la búsqueda constante de rentabilizar el negocio minero, es que abren el camino para seguir analizando la posible explotación de los diferentes cuerpos remanentes.

En particular el presente estudio se aboca al análisis de los recursos remanentes de la mina Campamento Antiguo, desarrollando un modelo de negocio no explorado a la fecha.

En este contexto se enmarca la realización de un estudio de perfil, de explotación del yacimiento Campamento Antiguo por método de explotación subterráneo por hundimiento determinando las condiciones operacionales y de costos que harían factible su explotación.

Se define a nivel de ingeniería de perfil un marco de diseño y evaluación de los recursos, técnicamente viable, que incorpore optimizaciones potencialmente alcanzables, en su diseño.

Llegando a un diseño de explotación por métodos de hundimiento, realizando la evaluación en detalle de modelo de bloques, usando parámetros económicos.

Específicamente el énfasis estará puesto en la etapa de evaluación de reservas. En un principio se ha adoptado como criterio básico evaluar el área visible de explotación que se genera para el escenario en estudio de acuerdo a la extensión y homogeneidad que ella presenta.

La información del modelo de bloques y la superficie topográfica se trabajarán con en el software de planificación minera Gemcom, obteniéndose un modelo en 3 dimensiones, el cual es analizado gráficamente.

## **CAPITULO 2      DESCRIPCIÓN DIVISIÓN SALVADOR:**

### **2.1      HISTORIA**

Los orígenes de la División Salvador se remontan hacia 1913. En esta época la mina que se explotaba era la de Potrerillos, y la gente vivía en el Campamento Minero del mismo nombre. Ya para 1916 la Compañía Estadounidense Anaconda Company compró los derechos de explotación de la faena por casi 40 años. Cuando las reservas de cobre se fueron agotando, William Swayne, en 1954, descubrió un nuevo yacimiento llamado Indio Muerto. Este descubrimiento permitió continuar con las labores de producción de cobre, reemplazando a la mina de Potrerillos, también conocida hoy en día como la Mina Vieja, por esta nueva Mina a la que llamaron Salvador.

Ya en 1971, luego del proceso de Nacionalización del cobre, la Mina Salvador pasó a ser parte del Estado Chileno, fue así como en 1976 se creó legalmente Codelco (Corporación Nacional del Cobre), y ésta fue incorporada como la División Salvador. Las Operaciones de la división Salvador se realizan en la zona de la cordillera de los Andes a 2.600 metros de altura y a una distancia de 1.100 kilómetros al norte de Santiago. Esta división tiene a su cargo la mina “Inca” de explotación subterránea, y las minas “Campamento Antigo” y “Damiana Norte” a rajo abierto.

El Plan Minero de División Salvador se basa en dos líneas de proceso: Línea Sulfuros (Concentración) y Línea Óxidos (Lixiviación), las cuales son alimentadas por tres minas: Mina Subterránea (sulfuros), Mina Rajo, Campamento Antigo (sulfuros) y Mina Rajo Damiana (óxidos). Salvador explota minerales oxidados y sulfurados a partir de los cuales produce 68.482 toneladas métricas finas de cátodo de cobre al año. Además produce 1.146 toneladas métricas de molibdeno y otros subproductos como son barras anódicas y ácidos sulfúricos.

## 2.2 UBICACIÓN:

El mineral El Salvador, perteneciente a la división Salvador de Codelco Chile, se encuentra ubicado en la Región de Atacama, provincias de Chañaral, a 124 Km. al este del puerto de Barquito y a unos 1.100 Km. al norte de Santiago y a 2.600 metros sobre el nivel de mar. Se encuentra entre los 69 y 70 grados longitud oeste, entre los 26 y 27 grados latitud sur. La mina y la Planta concentradora se encuentran ubicadas a unos 5 Km. Del campamento y a una altura promedio de 2.500 m.s.n.m. En Potrerillos, distante a unos 50 Km. de El Salvador, se ubica la Fundición y Refinería que recibe el concentrado proveniente de la Planta de Filtros Cerámicos ubicada en la localidad de Llanta , distante a 20 Km. de la Mina.

La división, importante productor de cobre dentro del complejo de la gran minería Chilena, esta comunicado por carretera al Puerto de Barquito, donde se encuentra la agencia portuaria por la cual ingresa la mayor parte de los insumos importantes y la exportación total de la producción de cobre electrolítico, que es transportado a través del Ferrocarril desde potrerillos al puerto de Barquito. Como la ciudad de el Salvador se encuentra alejada de los centros urbanos, obliga a mantener una compleja y amplia infraestructura.



**Figura N° 1 Campamento de el Salvador**



Figura N° 2: Ubicación mineral de El Salvador

### **2.3 RELIEVE E HIDROGRAFÍA:**

La zona de El Salvador se encuentra en el flanco occidental de la Cordillera de Domeyko. En esta zona las cumbres alcanzan alturas entre los 2000 y 3350 m.s.n.m. (Cerro Indio Muerto), formando cordones montañosos como el Cordón Los Amarillos, Cordón Indio Muerto; Cerro Contreras, Cerro de la Antena, Sierra de Miranda y Sierra Mantos Grueso. La Falla de Sierra del Castillo separa estos cordones montañosos de la Cordillera de Domeyko.

La red hidrográfica de la zona se encuentra controlada por estructuras en algunos sectores, en particular los cursos N-S y NE-SW.

En la parte central de la zona se encuentra la Quebradas Las Salinas que nace en el Cerro Indio Muerto y recibe como tributarios todas las quebradas de la ladera norte de este cerro y las quebradas de la ladera occidental de la Sierra de Miranda.

En la parte norte, se encuentra la Quebrada Doña Inés Chica que nace en la Sierra Doña Inés Chica y en la Cordillera de Domeyko y cruzan la zona en sentido E-W, recibiendo como tributarios todas las quebradas que se generan en la vertiente oriental de la Sierra de Miranda y en la occidental de la Sierra del Castillo en la Cordillera de Domeyko (Ramírez, 1991).

### **2.4 CLIMA:**

El Salvador se encuentra en una zona precordillerana y desértica, el clima es muy árido y seco, donde el promedio anual de precipitaciones es aproximadamente de 11mm, la temperatura máxima anual es de 29°C y la temperatura mínima promedio es de 4°C. La altura de nieve caída es de 20 a 30 cm, dos veces al año.

### **2.5 INFRAESTRUCTURA**

División Salvador cuenta para el proceso de sulfuros con la siguiente infraestructura:

- Nivel inca (Mina Subterránea).
- Mina Rajo Campamento Antiguo
- Concentración en Planta concentradora (El Salvador).
- Secado de concentrado (Localidad de Llanta).
- Fundición (Potrerillos).
- Embarque (Puerto de Barquito).

### 2.5.1 MINA SUBTERRÁNEA

La Mina Subterránea se encuentra ubicada en el Cerro “Indio Muerto” y comenzó sus operaciones en abril de 1959. Ya en 1992 la empresa se ve en la necesidad de profundizar sus operaciones por el natural agotamiento de las reservas de superficie de mejor ley. Es así como comienza a explotarse el “Sector Inca”, el cual concentra toda la producción de la mina subterránea.

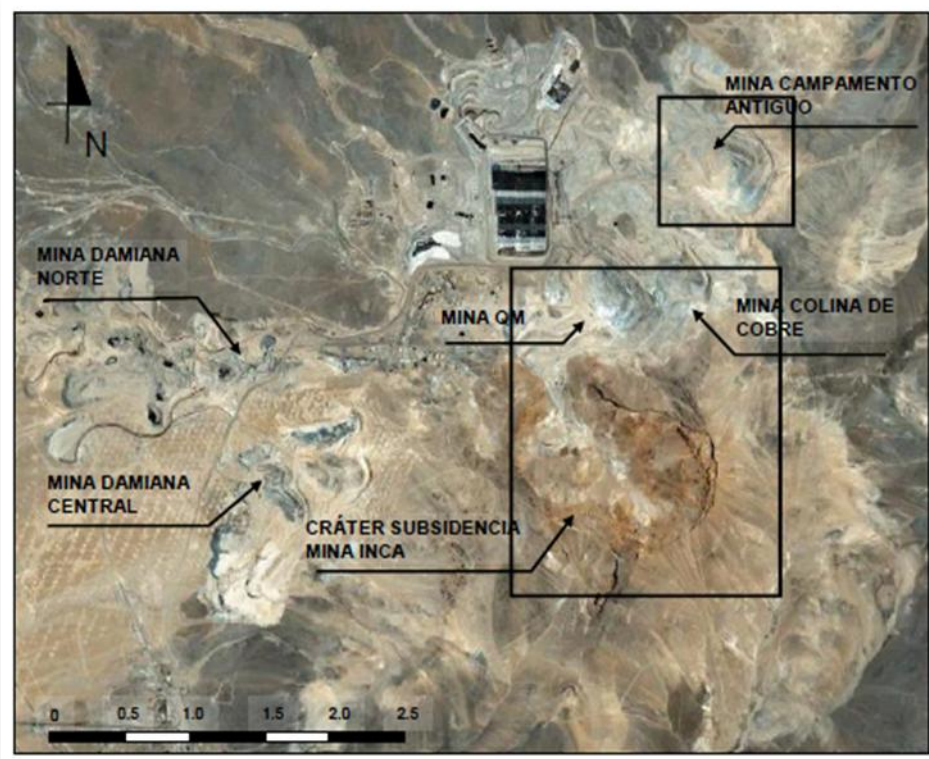
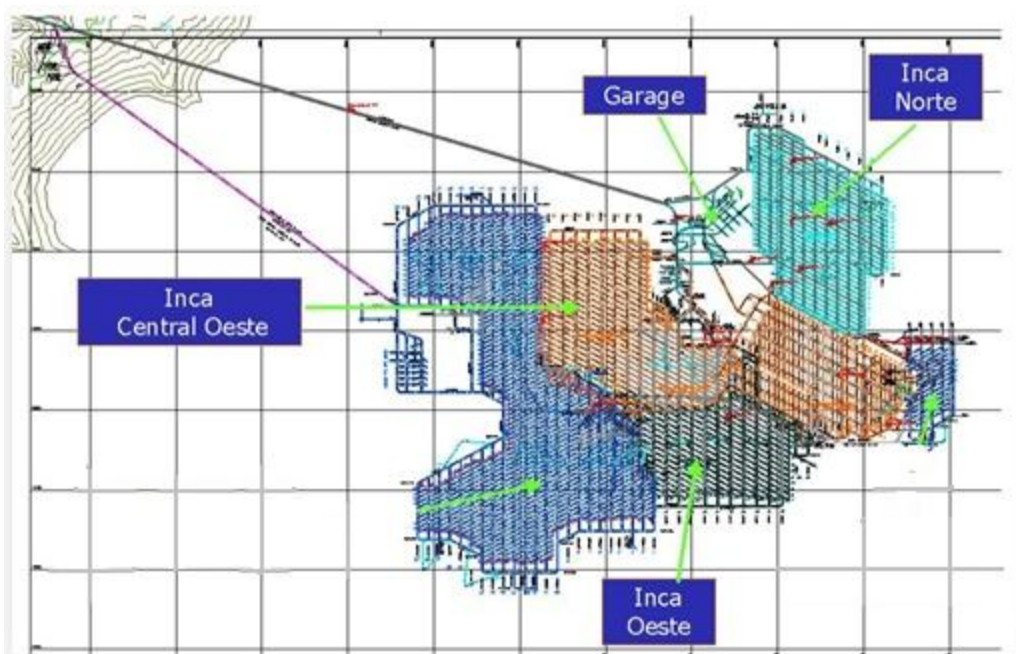


Figura N° 3 Esquema de Ubicación de Yacimientos División Salvador



La mina subterránea actualmente se compone de tres sectores o áreas productivas que serán detalladas a continuación:

- **Sector Inca Norte (IN).**
- **Sector Inca Oeste (IW).**
- **Sector Inca Central Oeste (ICW).**



**Figura N° 4 Áreas Activas Mina Subterránea**

#### **2.5.1.1 GEOMECANICA:**

Las menas principales que componen el yacimiento son Primario con Anhidrita, Primario sin Anhidrita ó Secundario.

El mineral primario se clasifica en dos tipos según el grado de alteración de la anhidrita presente en las estructuras.

El primario sin anhidrita contiene yeso en sus estructuras y su fragmentación es regular a fina. Por esta razón se comporta como mineral secundario desde el punto de vista del manejo de materiales en la mina subterránea y hasta el chancado primario. Por otro lado, la matriz de este mineral tiene similar dureza que el primario con anhidrita y por lo tanto, su comportamiento es comparable al de éste en los procesos de molienda y flotación.

La roca secundaria ha sufrido el efecto de percolación de las aguas subterráneas, y se caracteriza por presentar un porcentaje importante de estructuras geológicas abiertas y/o con rellenos blandos a muy blandos, como pueden ser la limonita, el yeso, arcilla, etc.; en cambio la roca primaria no ha sufrido el efecto de percolación de las aguas subterráneas, y se caracteriza por presentar un porcentaje nulo o muy bajo de estructuras geológicas abiertas y/o con rellenos blandos. En el caso de la roca primaria, en forma general todas o casi todas sus estructuras están selladas y presentan rellenos relativamente competentes como la pirita por ejemplo; aunque también pueden presentar rellenos débiles como la molibdenita. La roca de transición corresponde como su nombre lo indica, a una roca secundaria masiva que se asemeja, aunque es menos competente, a la roca primaria.

En la División, se ha clasificado las unidades geotécnicas de la mina de acuerdo al grado de fracturamiento, grado de homogeneidad y Geomecánica.

En el tipo de mineral primario se destaca un tipo masivo con una frecuencia de fracturas de 0 a 3 FF/m<sup>3</sup>, un grado de homogeneidad muy alto con resistencia a la compresión mayores a 130 MPa y clasificación geomecánica según Laubscher I y II, proyectándose una granulometría gruesa, con un 87% de retención por sobre los 0,5 m para el rango de 0% a 40% de extracción, la que va disminuyendo lentamente en etapas posteriores hasta alcanzar un 45% de retención hacia el 100% de extracción.

Las tablas siguientes, muestran la clasificación de las unidades geotécnicas presentes en la mina.

Tipo de terreno geotécnico	Masivo	Transición		Fracturado	Muy Fracturado
FF/m <sup>3</sup>	0-3	0,3-06	06-09	09-15	>15
Clasificación	I	II	III	IV	V

**Tabla N° 1 Tipo de Terreno Geotécnico**

RQD	>85%	85%-50%	50%-25%	<25%
Espaciamiento de	Mínimo<20	Mínimo<20	Mínimo<15	Mínimo<7
Discontinuidades	Intermedio: 120-210	Intermedio: 50-120	Intermedio: 10-30	Intermedio: 15
Geológicas totales cm	Máximo>300	Máximo 120-210	Máximo 30-50	Máximo 20-30

**Tabla N° 2 RQD**

Grado Resistencia	Extremadamente alta	Muy alta	Alta	Baja	Muy baja
Compresión uniaxial (Mpa)	185		130-85	85-50	<50

**Tabla N° 3 Grado De Homogeneidad**

Tipo de terreno geomecánico	Primario		Transición	Secundario	
Clasificación Geomecánica. de Laubscher (1977)	I	II	III	IV	V
RMR (Laubscher)	100-80		80-60	60-40	40-20 <20
Bienniafsky (1989)	Rx muy buena	Rx buena	Rx regular	Rx mala	Rx muy mala
RMR (Bienniafsky)	100-85	85-70	70-55	55-40	<40
Clasif. Geomec. (1992)	I	II	III	IV	V

**Tabla N° 4 Tipo de terreno Geomecánico**

Los tipos de roca existentes en los sectores de interés con presencia de mineral primario, poseen las siguientes características:

➤ **Pórfido X:**

Alteración biotítica con presencia de feldespato potásico. Mineralización diseminada y en vetillas (calcopirita, bornita), fracturas levemente onduladas y rugosas, rellenas con yeso, anhidrita, calcopirita y molibdenita subordinada.

➤ **Andesita:**

Alteración biotítica intensa, mineralización diseminada y en vetillas de calcopirita, bornita y menor grado de molibdenita, fracturas planas, moderadamente rugosas, rellenas con yeso, yeso - clorita y pirita.

➤ **Pórfido K:**

Alteración biotítica con presencia de feldespato potásico. Mineralización diseminada y en vetillas (calcopirita - bornita y calcopirita - pirita), fracturas rectas a onduladas leves, rugosas, rellenos con yeso, cuarzo - pirita y trazas de molibdenita.

Indicador	Unidad	Valores		
		Pórfido X	Andesita	Pórfido K
Módulo de Young E	GPa	58,6	81,7	54,6
Resistencia compresión	Mpa	118	114	119
Módulo de Poisson	U	0,35	0,32	0,35
R.Q.D	%	95	100	97
Frecuencia de Fractura	ff/m	2	1	1,5
R.M.R		64	64	65
Rango R.M.R		58-73	61-64	60-71
Densidad	ton/m <sup>3</sup>	2,6	2,7	2,6
Presencia de Agua		No	No	No
Clasificación Geomecánica		IIB – IIA	IIB - IIA	IIB – IIA
Grado de Competencia		Competente	Competente	Competente

**Tabla N° 5 Características Geomecánica por Tipo de Roca**

### 2.5.2 MINA RAJO CAMPAMENTO ANTIGUO:

El yacimiento Campamento Antiguo, explotado a Cielo Abierto, está emplazado en el área de los yacimientos satélites al pórfido cuprífero El Salvador, pertenecientes al distrito minero Indio Muerto, cuyas unidades litológicas se ven representadas por afloramientos de rocas volcánicas y volcanoclásticas de composición andesítica, correlacionables con los niveles estratificados.

Campamento Antiguo en sus inicios fue proveedor de minerales para la línea Óxidos de División Salvador de Codelco Chile. Ahora la cantidad de óxidos remanentes es muy poca, siendo en la actualidad el Sulfuro el atractivo económico, el Óxido que se extrae actualmente es parte del desarrollo de la mina. El yacimiento es explotado a Cielo Abierto, se ubica en el distrito Salvador y complementa la extracción de Sulfuro de Cobre de la Mina Subterránea Inca. Según análisis se estimo un VAN para Campamento Antiguo, hasta el año 2018 y

se consideró el secuenciamiento actual vigente en Campamento Antiguo, el cual contempla la culminación de la fase 5 y el posterior desarrollo de la fase 6, utilizando una tasa de extracción mayor a 2,6 Mt de mineral al año para ser enviados a planta y complementar la mina subterránea Inca para la línea de sulfuros.

Actualmente la explotación se realiza con un esquema de operación mixta entre equipos propios y por terceros, cuya estrategia básica consiste en que el carguío y transporte del mineral de Sulfuro de los stock hacia planta, será ejecutado con terceros y el desarrollo, carguío y transporte del mineral de sulfuro hacia stock y del lastre será realizado con equipo propio. En la Figura 5 se muestra una vista general del Rajo.

#### **2.5.2.1 LITOLOGÍA:**

El yacimiento Campamento Antiguo, cuyas unidades litológicas se ven representadas por afloramientos de rocas volcánicas y volcanoclásticas de composición andesítica, correlacionables con los niveles estratificados superiores de La Formación Llanta del Cretácico superior, definida por Tobar & Frutos (1972) en la zona de El Salvador.

Estas rocas se presentan instruidas principalmente por un masivo filón subvolcánico granodiorítico del Eoceno, denominado Pórfido Cuarcifero, por un cuerpo irregular de Pórfido Cuarcifero Brechizado que represente la etapa tardía de emplazamiento de este cuerpo intrusivo principal y subordinadamente por diques riolíticos que se disponen en forma elongada y súbvertical con dirección norte-sur y este-oeste. Asociado espacial y genéticamente a estas rocas citadas anteriormente se presentan cuerpos de brechas magmáticas-hidrotermales de facies externa e interna, que conforman en su totalidad el denominado Complejo Subvolcánico de brechas Campamento Antiguo. Sin lugar a dudas, la unidad de Pórfido Cuarcifero adquiere la mayor importancia desde el punto de vista geológico-económico al igual que la unidad de brechas de Polvo de roca-Clorita de facies interna, ya que han controlado los eventos de alteración y mineralización.

### **2.5.2.2 MINERALIZACIÓN:**

La mineralización del yacimiento se encuentra en forma diseminada (pecas), vetillas de mineral sulfurado de cobre y molibdeno, en rocas que han sido alteradas hidrotermalmente. Los sulfuros primarios, se asocian genéticamente a las intrusiones porfídicas con una edad fluctuante entre 36 y 41 millones de años.

Entre los sulfuros primarios, los principales son: Bornita, Piritita, Calcopiritita, también están presentes pero en menor grado la Molibdenita, Galena, Blenda y Calcosina. La circulación de aguas meteóricas y subterráneas acidificadas por su reacción con la piritita, ha lixiviado los sulfuros primarios y redepositado el cobre en forma de sulfuros secundarios en las vecindades del límite superior de la napa de aguas subterráneas existentes en la época que se produjo tal fenómeno.

La mayor parte de las reservas se encuentra circunscrita a un manto de enriquecimiento secundario, y como sulfuro principal de cobre se encuentra la Calcosina.

Esta área de enriquecimiento secundario presenta variaciones grandes en la posición del piso y techo; su espesor fluctúa desde unos pocos metros en la periferia a más de 250 metros en su parte central, cubriendo un área de 1,5 Km. de diámetro en forma aproximada.

El piso del enriquecimiento secundario es tradicional, con valores decrecientes en profundidad hasta llegar a la zona de sulfatos. Esta zona se caracteriza por la presencia de abundante anhidrita como material intersticial y en vetas indicando el límite inferior de los procesos supérgenos, lo que individualiza en forma abrupta la zona primaria. Sobre el techo de MENA, que por lo general es coincidente con el techo de sulfuros marcando un límite abrupto, se encuentra una zona de oxidación caracterizada por abundante limonita que evidencia una extrema lixiviación del cobre con valores inferiores a 0,105% de cobre total.



**Figura N° 5 Rajo Abierto – Campamento Antiguo**

### **2.5.2.3 PROCESO LÍNEA SULFUROS:**

La línea sulfuros trata los minerales provenientes de Campamento Antiguo y de la Mina Subterránea. Estos son procesados en una primera etapa de reducción de tamaño que consiste en chancado primario y chancado fino, que entrega un producto apto para molienda, que luego es procesado en las etapas de flotación colectiva y selectiva.

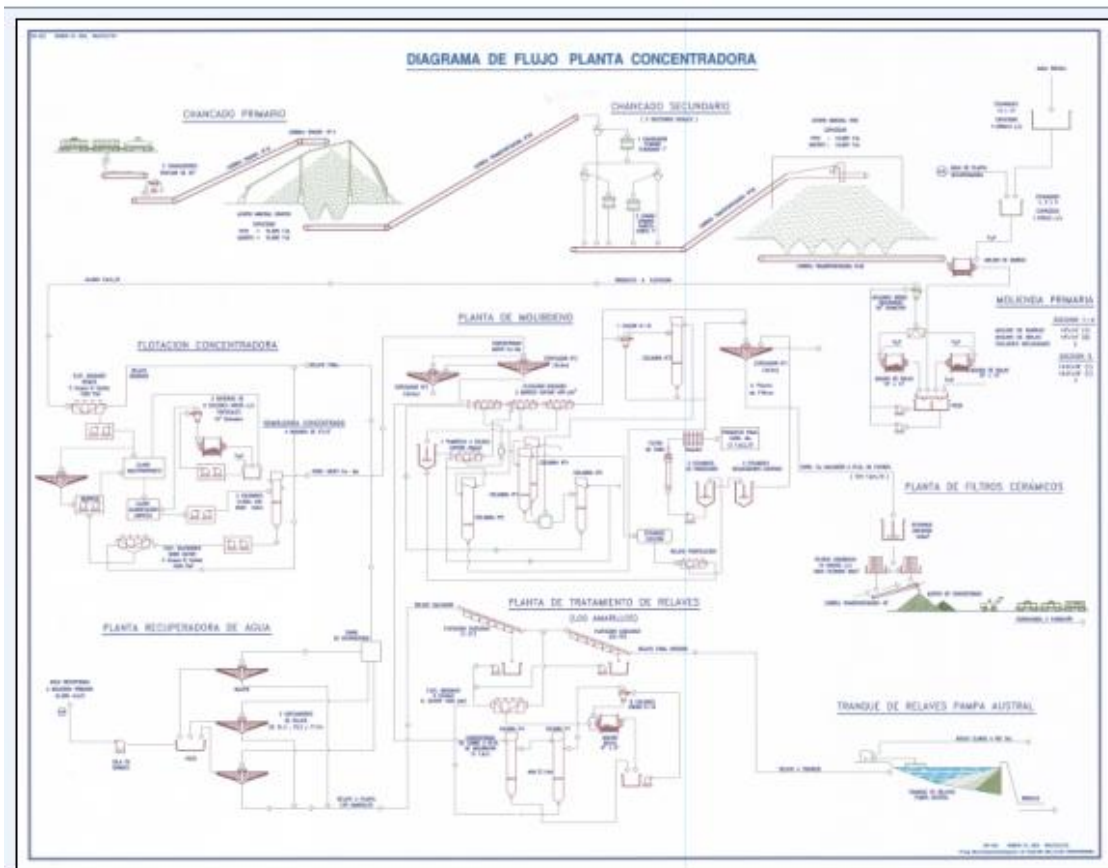
La pulpa generada en el circuito de molienda-clasificación es beneficiada en una planta de flotación colectiva, constituida por una etapa de flotación primaria, remolienda y circuito de flotación limpieza, obteniéndose un concentrado mixto cobre-molibdeno apto para el proceso de fundición-refinación.

Además, existe un circuito de flotación adicional, Planta Los Amarillos, que tiene por objetivo hacer una flotación en cascada del relave generado en la etapa de flotación colectiva.



El concentrado mixto así obtenido es procesado en una planta cuyo objetivo es abatir el cobre y obtener como subproducto un concentrado de molibdenita, para luego producir un concentrado seco, tanto de cobre como molibdeno.

Para lograr un concentrado de cobre apto para el proceso de fundición, que requiere una humedad máxima de 9%, se filtra todo en una planta ubicada en localidad de Llanta, desde donde se despacha el concentrado a Potrerillos.



**Figura Nº 6 Descripción Esquemática del Proceso de Minerales Sulfurados**

### 2.5.3 Mina Rajo Damiana

El yacimiento Damiana es un yacimiento tipo exótico, explotado a Cielo Abierto y ubicado en la ladera occidental del Cerro Indio Muerto y bajo la planicie aluvial al oeste del yacimiento principal.

Se emplaza en el piso de las Gravas de Atacama así como en el basamento subyacente. Este cuerpo es bastante heterogéneo y según los análisis se han

definido tres centros mineralizados principales: Damiana Central, Damiana Norte y Damiana SW.

Damiana es el principal proveedor de minerales para la línea Óxidos de División Salvador de Codelco Chile.

Según el análisis realizado el horizonte de vida para Damiana y la línea Óxidos en la División Salvador es hasta el año 2018 y considera combinar de manera estratégica los minerales de oxidados obtenidos de Damiana y QMCC, con el fin de aumentar la capacidad de molienda a 7,3 Mt, según el escenario de expansión de capacidad impuesto para la planta de procesamiento.

La explotación se realiza con un esquema de operación mixta entre equipos propios y por terceros, cuya estrategia básica consiste en que el carguío y transporte del mineral de Óxidos de Alta Ley (OAL) será ejecutado con terceros y el desarrollo, carguío y transporte del Óxido de Baja Ley (OBL) y del lastre será realizado con equipo propio. En la Figura 7 se muestra una vista general del Rajo.



**Figura Nº 7 Rajo Abierto - Damiana**

#### 2.5.4 Mina Rajo CC/QM

El yacimiento CC/QM es un yacimiento explotado antiguamente a Cielo Abierto para obtener sulfuros y óxidos y ubicado al norte del yacimiento principal.

Se consideró explotar los óxidos de alta ley remanentes en el yacimiento, con el objetivo de complementar los planes de la línea de óxidos y de esta manera expandir el nivel de alimentación solicitado de 7,3 Mt.

La explotación se realizó con un esquema de operación mixta entre equipos propios y por terceros, similar a Damiana, cuya estrategia básica consistió en que el carguío y transporte del mineral de Óxidos de Alta Ley (OAL) fue ejecutado con terceros y el desarrollo, carguío y transporte del lastre se realizó con equipo propio. En la Figura 8 se muestra una vista general del Rajo.



Figura N° 8 Rajo Abierto – CC/QM

## 2.5.5 Proceso Línea Óxidos

En la línea óxidos se procesa el mineral proveniente de las minas rajo Damiana, en lo que se denomina mineral de alta ley u OAL. Para procesar estos minerales esta línea posee una planta que está constituida por cuatro (4) etapas: Chancado Primario, Chancado Secundario-Terciario y Aglomeración, Lixiviación de Pilas y, Extracción por Solventes y Electroobtención (SX-EW).

En el Chancado Primario se reduce de tamaño el mineral que proviene directamente de Damiana (OAL), generando un producto de tamaño adecuado para la etapa de chancado fino. El mineral OAL pasa directamente al Chancado Secundario-Terciario que opera en circuito cerrado y su producto es tratado en la etapa de Aglomeración.

El mineral ya reducido de tamaño se procesa en la etapa de lixiviación para lo cual existen una plataforma para el riego denominada Plataforma Única, que se usa para lixiviar el mineral OAL. Éste, una vez agotado se retira para generar nuevamente área para el mineral fresco.

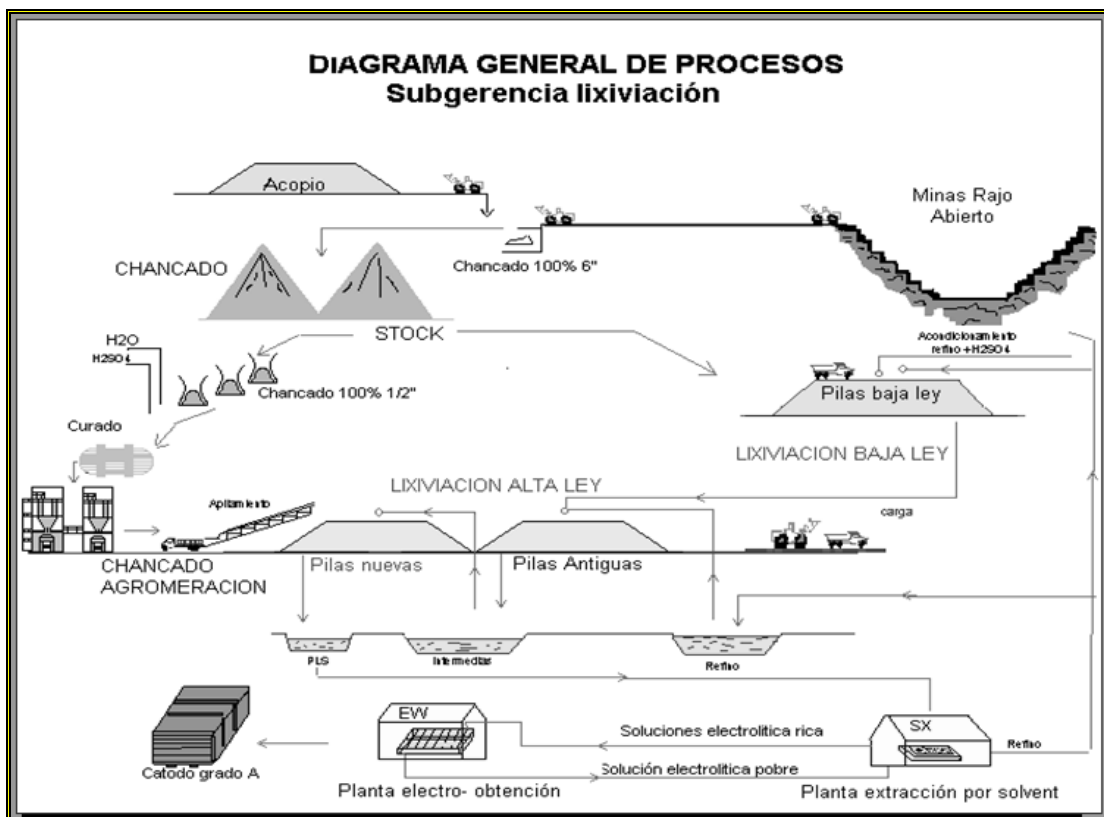


Figura Nº 9 Proceso Línea Óxidos

## **2.5.6 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO MINA-CONCENTRADORA**

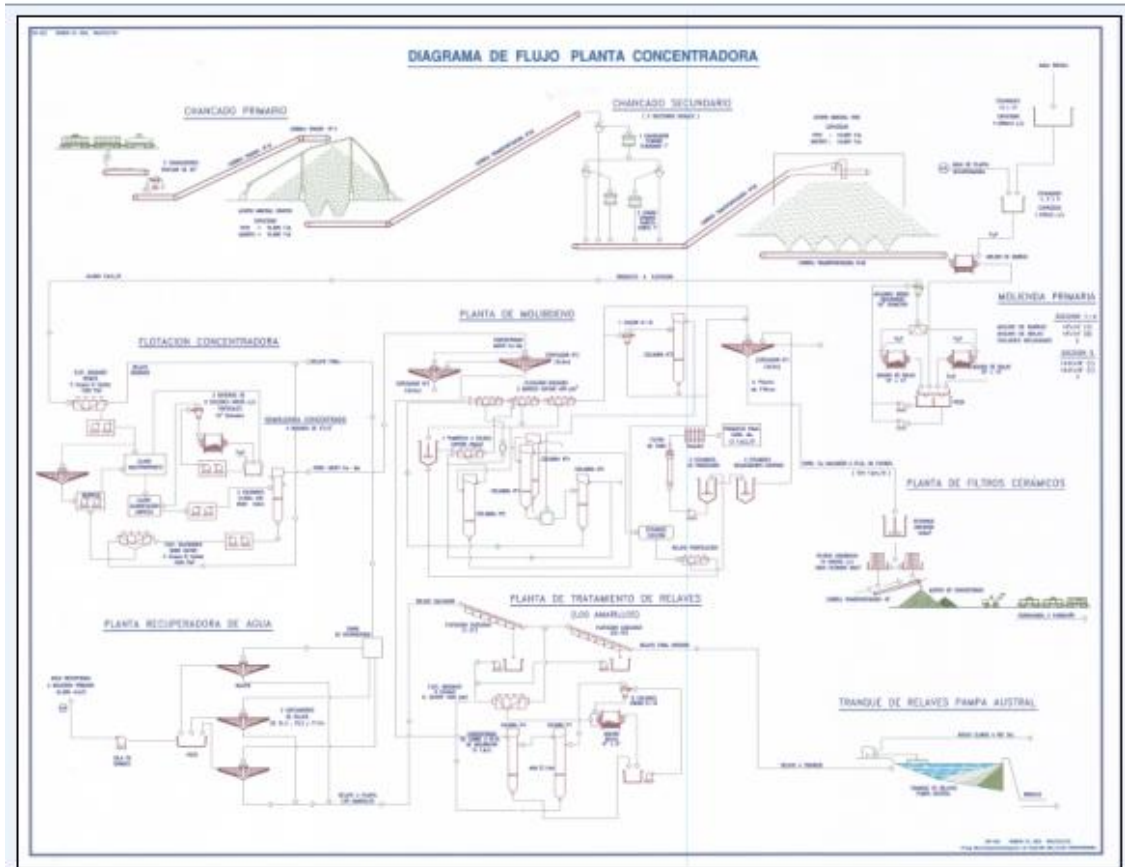
La Gerencia de Operaciones Mina, es la encargada de entregar por la línea de Oxido hasta el chancado primario y por la línea sulfuro hasta el proceso de chancado primario, secundario y terciario para el procesamiento y producción de cátodos de cobre referidos al caso de minerales oxidados y de concentrados en los minerales sulfurados, la Gerencia Plantas entrega como producto final un concentrado de cobre y concentrado de molibdeno como subproducto.

Para el proceso de sulfuros la Gerencia Minas y la Gerencia Plantas, cuenta con los siguientes procesos e instalaciones principales:

- 1.-Extracción de mineral de cobre en el Nivel Inca de la Mina Subterránea.
- 2.-Concentración en Planta Concentradora El Salvador.
- 3.-Concentración de Molibdeno en Planta de Molibdeno El Salvador.
- 4.-Planta de Tratamiento de Relaves Los Amarillos.
- 5.-Secado de Concentrado en la Planta de Secado de la localidad de Llanta.
- 6.-Tranque de Relaves Pampa Austral.

El Proceso de la línea sulfuros de División Salvador continúa posteriormente con las siguientes etapas, pertenecientes a la Gerencia de Operaciones Fundición y Refinería:

- Fundición en la Planta de Potrerillos.
- Refinería en la Planta de Potrerillos.
- Embarque de Productos en el Puerto de Barquito.



**Figura N° 10 Diagrama de Flujo Planta Concentradora**

### 2.5.6.1 PLANTA CONCENTRADORA

La Planta Concentradora procesa 35.000 tms/día de mineral de los diferentes sectores de la Mina. El contenido promedio de Cu es de 0.600% y promedio de Mo es de 0.021%. Las especies de cobre predominantes del mineral son Calcopirita y Calcosina; también hay cantidades importantes de Pirita, Covelina y muchos minerales menores como Bornita, Molibdenita, etc.

Los circuitos de chancado, molienda y flotación recuperan un 80% de cobre aproximadamente. Se produce un promedio de 700 toneladas por día de concentrado de cobre con una ley de 28% Cu.

### 2.5.6.2 PROCESO DE CONMINUCION:

### 2.5.6.3 CHANCADO SECUNDARIO-TERCIARIO

Esta etapa está constituida por 3 secciones las cuales reducen de tamaño el producto del chancado primario. El proceso se inicia con la extracción del mineral desde el acopio de gruesos a través de alimentadores electromagnéticos y transportados mediante correas hacia las tres secciones. En la sección 1 se descarga el mineral a un Harnero Vibratorio de doble cubierta de 6 3/8" x 5/8" y 5/8" x 5/8", que descarga el sobre tamaño a un Chancador Symons Standard de 7', el que alimenta a 2 Harneros Vibratorios con abertura de 1/2", el sobre tamaño de ambos harneros es tratado en 2 Chancadores Symons cabeza corta 7'.

En las secciones 2 - 3 el mineral es alimentado a un Harnero Vibratorio Simple Cubierta de 6" x 1 1/4", que descarga el sobre tamaño a un Chancador Symons Standard de 7' el que alimenta a 2 Harneros Vibratorios de 1/2" x 1/2". El bajo tamaño del primer harnero alimenta otro 2 Harneros Vibratorios de 1/2" x 1/2" y su sobre tamaño alimenta a dos Chancadores Symons Cabeza Corta de 7'. El producto obtenido de 4-5% +1/2", se transporta por medio de una correa transportadora de 60" (Correa N° 30) a un acopio de finos que tiene capacidad de 16000 ton vivas y 16000 ton muertas

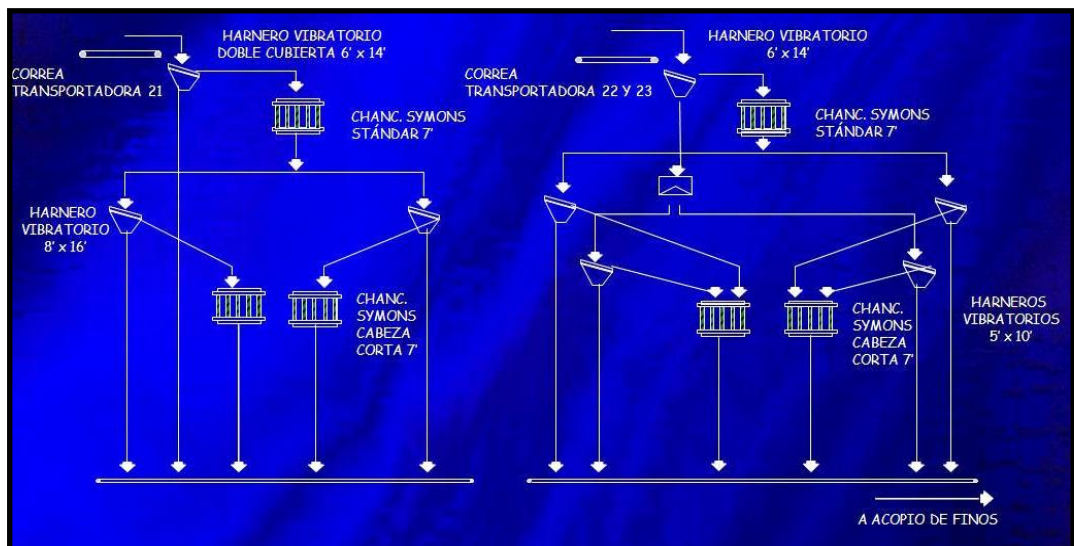


Figura N° 11 Planta de Chancado Diagrama Sección 1, 2 y 3

#### 2.5.6.4 MOLIENDA

Se realiza en 5 secciones, cuatro de ellas idénticas compuestas por 1 molino de barras Marcy y 2 molinos de bolas de 10'x14' operando en circuito cerrado con una batería de 2 hidrociclones Krebs de 26" de diámetro.

La quinta sección se compone de 1 molino de barras Marcy de 13,5'x18' y 1 molino de bolas Marcy de 16,5'x19' que opera en circuito cerrado con una batería de 4 hidrociclones Krebs de 26" de diámetro.

El mineral almacenado en el acopio fino se extrae por medio de correas de velocidad variable y fija que alimentan la cinta transportadora, la cual alimenta al molino de barras, en donde el mineral se reduce de tamaño desde 4-5% +1/2" a bajo 4 mallas (4750 micras).

La descarga del molino de barras se envía al circuito cerrado de molienda-clasificación, donde se obtiene un producto final con un tamaño medio de 20% + 65 mallas (252 micras).

En esta etapa se adicionan los reactivos químicos requeridos por el proceso de flotación, tales como Colectores, Espumantes y modificadores de PH.

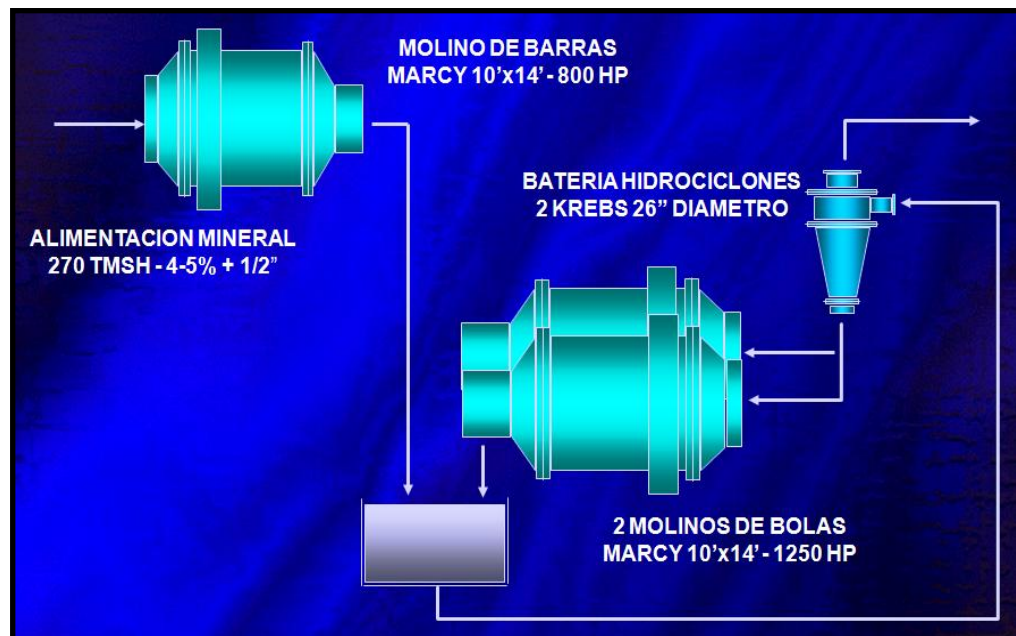


Figura N° 12 Planta Molienda – Secciones 1 a 4



### 2.5.6.5 FLOTACION GLOBAL

El circuito de flotación global, consta de una etapa de Flotación Rougher, una de Limpieza y una de Agotamiento (scavenger). El producto de la molienda acondicionado con reactivos se reparte en 5 líneas de Flotación Rougher, cada línea de 9 celdas Wemco de 1500 pies cúbicos.

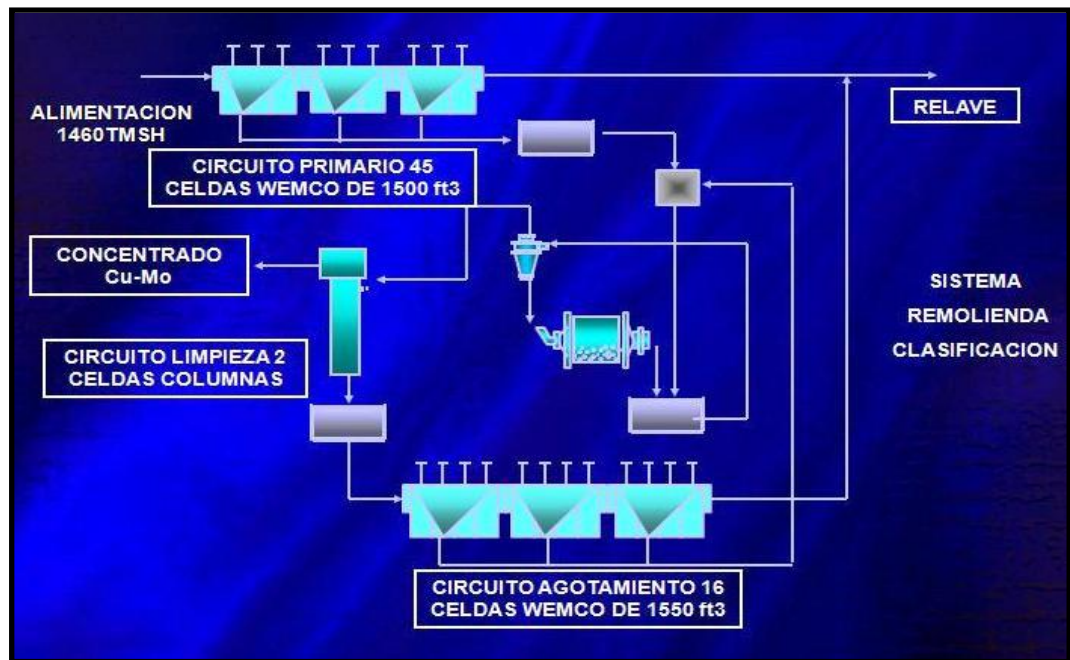
El concentrado obtenido se somete a una remolienda en 2 circuitos idénticos, compuestos por 2 molinos de bolas Marcy de 9'x12' con una batería radial de 6 hidrociclones de 15" de diámetro. El relave se envía gravitacionalmente hacia la Planta de Agua.

El producto de la remolienda con un tamaño de 80% -325 mallas (60 Micrones), es destinado a la Flotación de Limpieza, compuesta por 2 celdas de columnas de 6 x 2 x 13 m que producen el concentrado mixto de 18% Cu y 0,8% Mo.

El relave de la limpieza alimenta la etapa de Flotación Scavenger en donde se obtiene un concentrado que recircula a las columnas. En tanto, el relave se une con el primario con destino a la Planta de Agua.



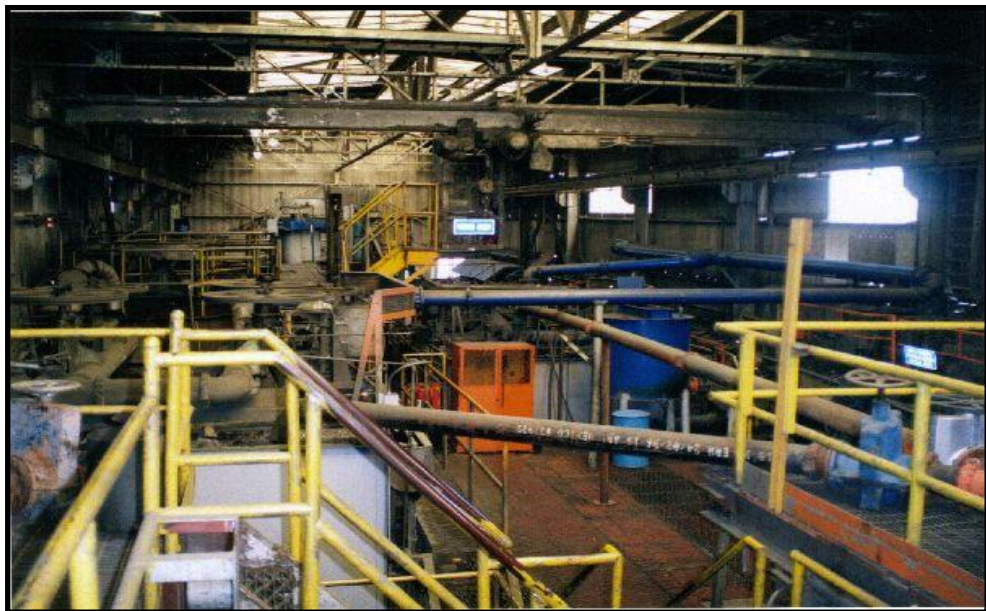
**Figura Nº 13 Planta de Flotación Cu - Mo**



**Figura N° 14 Esquema Planta Flotación Cu – Mo**

#### 2.5.6.6 PLANTA DE MOLIBDENO:

Los concentrados mixtos que contienen Mo, se procesan en esta Planta, donde se realiza una flotación diferencial, deprimiendo los sulfuros de Cu y flotando los de Mo, para ello se utiliza una mezcla de reactivos 80% Na<sub>2</sub>S y 20% As<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Anamol) en peso.



**Figura N° 15 Planta de Flotación Mo**

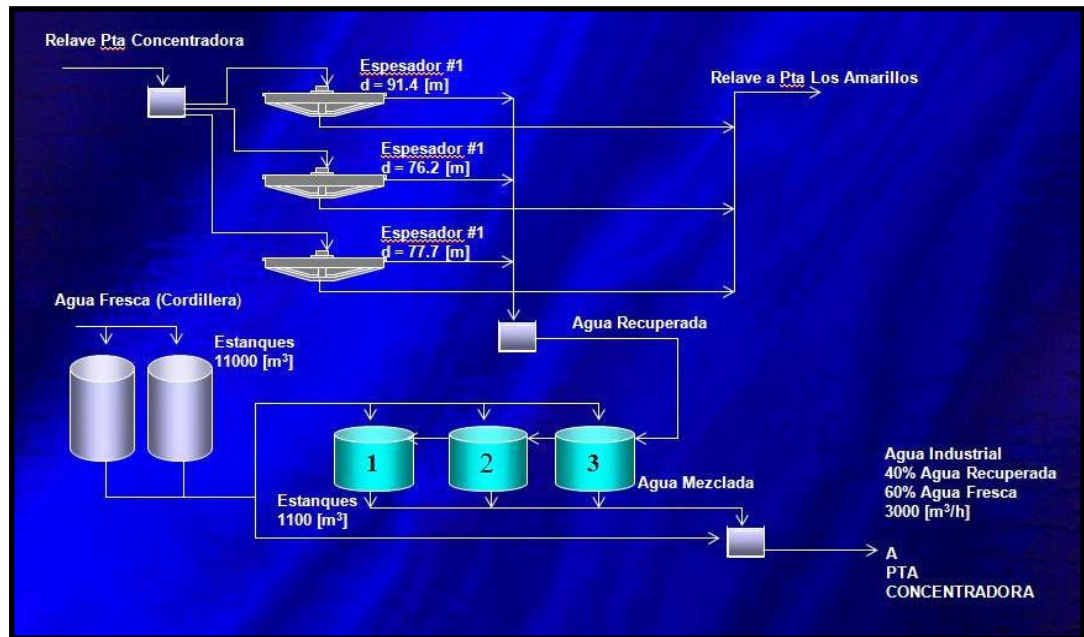
La planta consta de una Flotación Primaria que se realiza en celdas mecánicas de 400 pies cúbicos. Los concentrados se procesan en 5 celdas de columnas. El concentrado se somete a un calentamiento a 80° C previo acondicionamiento con Cianuro de Na, para posteriormente ejecutar 4 Flotaciones de Limpieza en celdas Denver Sub-A. El concentrado final de 45% de Mo y 0.5% Cu, se envía a maquila a Molimet para su transformación en trióxido de Mo. El relave de la Planta de Mo, constituye el concentrado de Cu que se envía a la Planta de Filtros mediante un minero ducto de 6" de diámetro.

### **2.5.3.7 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA:**

Los relaves de la Concentradora se distribuyen desde una torre a 3 espesadores de 91, 76 y 78 m de diámetro, donde se logra recuperar el 40% del agua fresca proveniente desde la cordillera. Para obtener la separación sólido-líquido en los espesadores se adiciona un reactivo floculante. El agua recuperada de los espesadores se impulsa mediante bombas a 3 estanques de almacenamiento donde se mezcla con el agua fresca retornando al proceso de molienda.



**Figura Nº 16 Espesadores Planta Concentradora – El Salvador**



**Figura Nº 17 Esquema Planta de Agua**

### 2.5.3.8 PLANTA DE TRATAMIENTO DE RELAVES “LOS AMARILLOS”

El relave de la Planta Concentradora escurre una longitud de 25 km y una diferencia de cota de 1000 m, hasta el sector Los Amarillos en donde se localiza la planta de retratamiento de relaves y escorias provenientes de potrerillos.

Esta planta cuenta con 2 líneas de Cascadas que procesan el total del relave, generando un concentrado que se impulsa a la Flotación primaria, el relave sigue su curso gravitacional hasta el tranque Pampa Austral. El circuito de Flotación Primaria produce un concentrado que se envía a Flotación de Limpieza constituida por 2 celdas de Columnas. El concentrado final que se obtiene en las dos columnas contiene 18% Cu y 0,2 % Mo. El concentrado Los Amarillos se transporta a Planta de Filtros para su secado y despacho a potrerillos.



Figura N° 18 Planta Los Amarillos

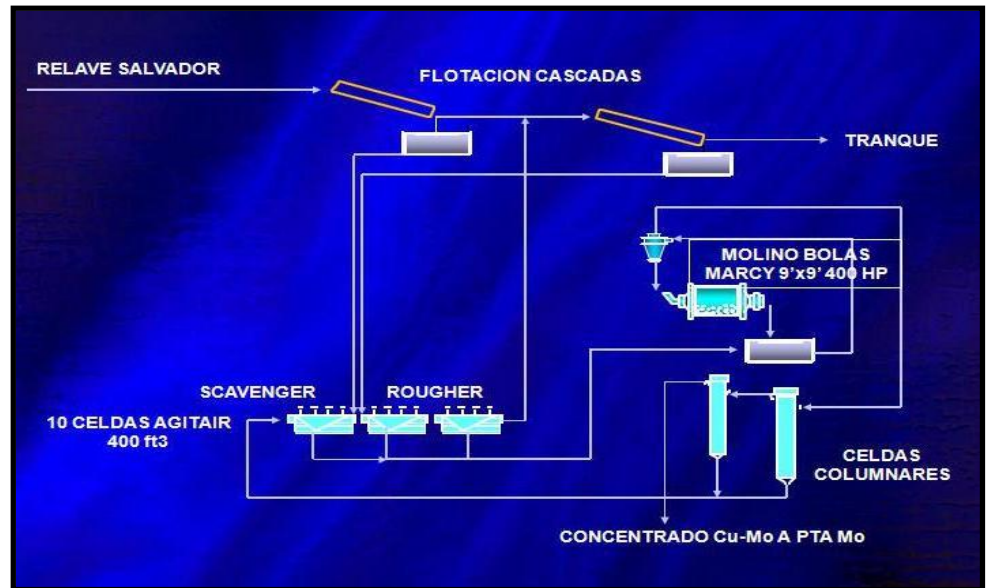


Figura N° 19 Esquema Planta Los Amarillos

## 2.5.4 PLANTA DE FILTROS SECADOS

La Planta de Filtros Cerámicos, ubicada en la quebrada de Llanta, fue diseñada para procesar el concentrado proveniente de Salvador, para lo cual cuenta con 2 filtros de discos de 45 m<sup>2</sup> de área cada uno. El concentrado se recibe en un estanque agitador de 230 m<sup>3</sup>, que alimenta mediante una bomba a un circuito cerrado que abastece a cada filtro. El concentrado filtrado tiene una humedad de 7,5 % este es enviado mediante un sistema de correas transportadoras a un Acopio. Desde el acopio y mediante un cargador frontal se procede a cargar carros de 33 tms de capacidad, los cuales se envían a la Fundición.



Figura N° 20 Planta Filtros Cerámicos

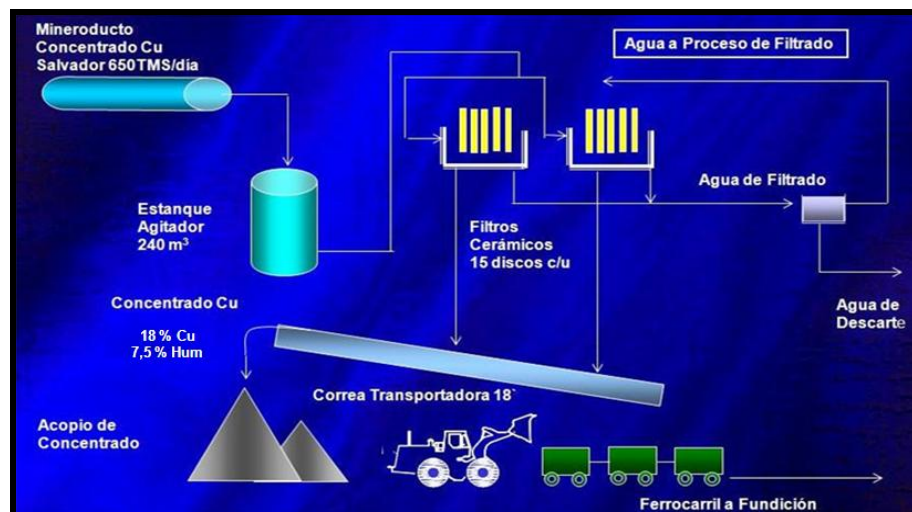


Figura N° 21 Esquema Planta Filtros Cerámicos

## **CAPITULO 3      GEOLOGÍA**

### **3.1      GEOLOGIA GENERAL**

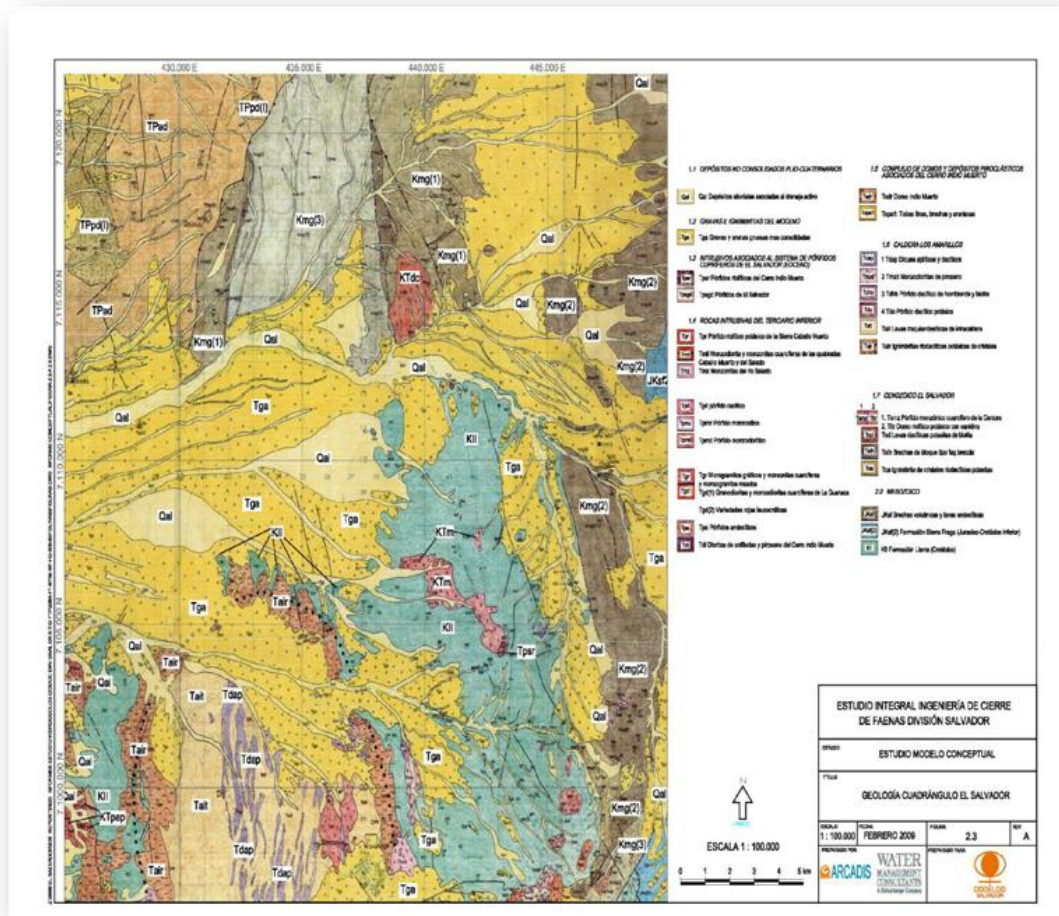
El yacimiento de cobre El Salvador se encuentra ubicado en un sector denominado Distrito Indio Muerto, con una cota máxima de 3.444 m.s.n.m. y aproximadamente a 1.000 m. sobre una planicie pre-cordillerana aluvial antigua, constituye un alto topográfico prominente de entre varios alineados en una franja de dirección Norte –Sur que corresponde a las elevaciones precordillerana de la cadena principal andina.

El yacimiento de cobre El Salvador es del tipo denominado yacimiento de cobre porfírico o diseminado, en el cual la mineralización se encuentra distribuida principalmente en forma de pecas y vetillas finas de sulfuro de cobre y molibdeno en un volumen importante de roca alterada hidrotermalmente.

El yacimiento está asociado a un complejo de rocas volcánicas e intrusivas ubicado al pie de la cordillera andina formando parte de una franja en la que se ubican la mayoría de prospectos potenciales interesantes.

### **3.2      GEOLOGIA REGIONAL**

El yacimiento El Salvador se ubica en el Distrito Indio Muerto, en la pre-cordillera andina de la III Región de Atacama y está relacionado a la franja regional de Pórfidos Cupríferos del Eoceno-Oligoceno. El yacimiento se asocia a la presencia de un complejo intrusivo de edad Eoceno Superior que instruye las andesitas y rocas sedimentarias clásticas de edad cretácica, cubiertas discordantemente por una secuencia de tobas y domos riolíticos paleocenos (Gustafson y Hunt, 1975).



**Figura N° 22 Geología del El Salvador**

### 3.3 GEOLOGÍA LOCAL

La formación del yacimiento de cobre de El Salvador está ligada al emplazamiento de un complejo de rocas extrusivas e intrusivas, originadas durante la actividad subvolcánica que afectó al distrito Indio Muerto. La naturaleza de los procesos involucrados en su formación ha sido estudiada desde los primeros reconocimientos de la mina lo que ha permitido que El Salvador sea uno de los yacimientos tipo pórfido cuprífero mejor estudiados del mundo.



### **3.4 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL**

En la región de El Salvador, intrusivos eocenos se emplazaron en la intersección de fallas en dirección NNE-SSW y NW-SE, antes o durante la fase de deformación ligada a la transgresión sinistral en el sistema de Falla Sierra Castillo (Castro & Olivares, 1998). Esta Falla de características regional se origino a 10 Km. el sudeste del yacimiento principal, probablemente, como una falla normal en el Jurásico, siendo posteriormente reactivada como sinistral durante el Eoceno (Cornejo et al., 1993; Tomlinson et al., 1994 in Cornejo et al., 1997b). Sin Embargo, a pesar de ser una de las trazas principales del sistema de Falla de Domeyko, no guarda relación alguna con el yacimiento El Salvador.

La Falla Mantos gruesos se origino en el Cretácico superior, como una nueva falla normal en el borde de la cuenca Llanta, aproximadamente a 8 Kms. Al noroeste de la Falla Sierra Castillo.

La Falla Sierra Miranda se manifiesta como un cabalgamiento con vergencia hacia el este, formándose, probablemente durante la formación compresiva del cretácico superior-paleoceno, al mismo tiempo que la falla Mantos gruesos se reactivaba en sentido inverso. Al este del yacimiento (Cuesta San Juan) fallas subverticales de rumbo WNW, ponen en contacto el bloque rotado de ignimbritas del Cerro Contreras (66-60 Ma) con lavas Jurásicas y Brechas Cretácicas de la Formación Llanta pero, sin lugar a dudas, no afectan a domos riolíticas paleocenos (58 Ma) del Cerro Indio Muerto (Cornejo et al., 1997b).

Sin embargo, el Cerro Indio Muerto se ubica en la intersección de las fallas Sierra Miranda y Mantos Gruesos, sobre la traza noreste de la charnela de rotación de la Caldera, además las trazas de las fallas WNW de la Cuesta San Juan, que limitan por el noroeste la estructura volcánica Trapdoor.

Esta compleja zona estructural constituyó, por lo tanto, un canal favorable para el repetido ascenso de magmas, durante el Paleoceno-Eoceno.

A escala distrital, los pórfidos eocenos se alinean en dirección noreste, sobre la Charnela de la Caldera El Salvador, zona de debilidad estructural preexistente. Sin embargo, el dominio estructural noroeste, interno del yacimiento, que corresponde a la orientación del eje mayor de los intrusivos porfídicos, diques dacíticos post-minerales y pebbles dykes, es compatible con la dirección de acortamiento eoceno, indicando que el emplazamiento de los pórfidos cupríferos de El Salvador (44-41 Ma) son considerados como intrusiones sintectónicas a la deformación transpresiva eoceno (Tomlinson et al., 1994 in Cornejo et al., 1997a).

### **3.5 GEOLOGÍA ECONÓMICA**

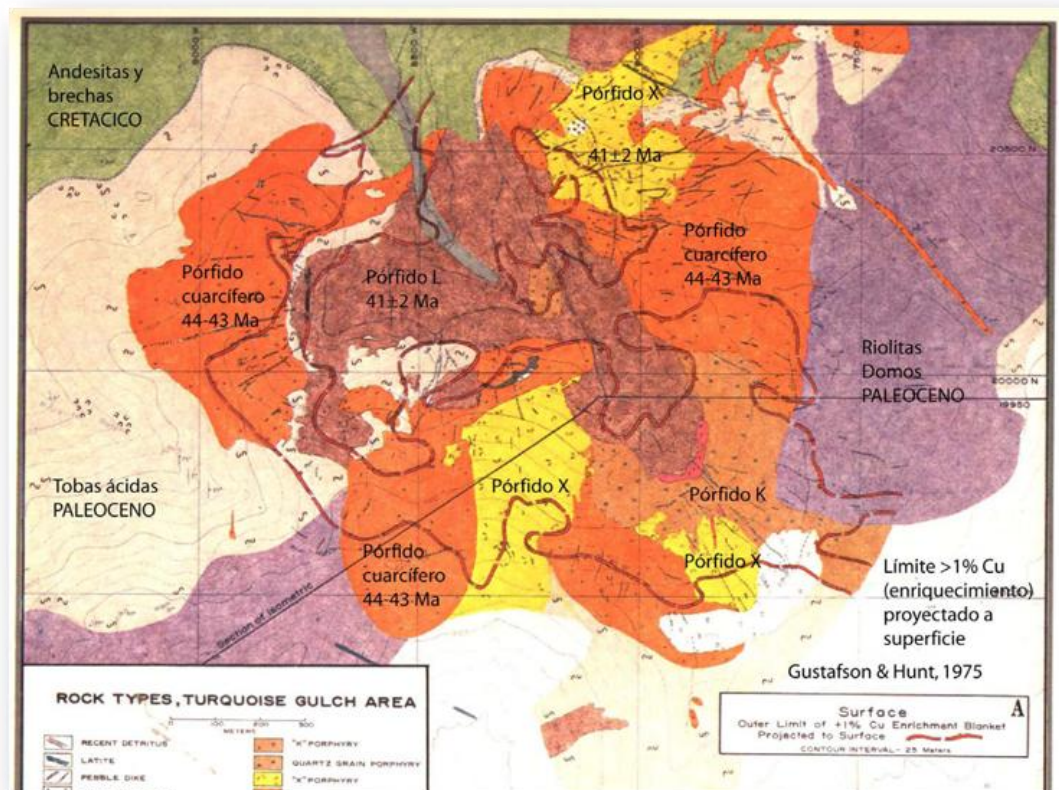
Gustafson & Hunt (1975) y Gustafson et al. (2001), describieron en detalle la geología del yacimiento, en un trabajo que es clásico en la literatura moderna sobre pórfidos cupríferos, señalando que el Distrito Indio Muerto se compone de seis cuerpos mineralizados distribuidos en el entorno de la Sierra del Indio Muerto. Estos cuerpos mineralizados corresponden a Cerro Pelado, Campamento Antiguo, Colina de Cobre, Quebrada M, Quebrada Turquesa y Quebrada Granito, entre los cuales el más importante, sin lugar a dudas, es Quebrada Turquesa o Yacimiento El Salvador, el cual en su vertiente noroccidental se albergan importantes depósitos de cobre exóticos, correspondiendo a Damiana y Turquesa Norte. Sin embargo, En los alrededores de este gran cuerpo mineralizado se han descubiertos otros sistemas menores de mineralización cuprífera y/o aurífera, relacionados a cuerpos estratoligados o vetiformes (Castro & Olivares, 1998).

### **3.6 TIPO DE YACIMIENTO:**

El yacimiento de cobre El Salvador es del tipo denominado yacimiento de cobre porfírico o diseminado, en el cual la mineralización se encuentra distribuida principalmente en forma de pecas y vetillas finas de sulfuro de cobre y molibdeno en un volumen importante de roca alterada hidrotermalmente.

El yacimiento está asociado a un complejo de rocas volcánicas e intrusivas ubicado al pie de la cordillera andina formando parte de una franja en la que se ubican la mayoría de prospectos potenciales interesantes.

Los sulfuros primarios, se asocian genéticamente a las intrusiones porfídicas, y los principales son: Bornita, Pirita, Calcopirita. La circulación de aguas meteóricas y subterráneas acidificadas por su reacción con la pirita, ha lixiviado los sulfuros primarios y redepositado el cobre en forma de sulfuros secundarios. La mayor parte de las reservas se encuentra circunscrita al enriquecimiento secundario, y como sulfuro principal de cobre se encuentra la calcosina.



**Figura N° 23 Tipos de Roca de el Salvador**

## **3.8 GEOLOGÍA DEL YACIMIENTO CAMPAMENTO ANTIGUO**

### **3.8.1 Generalidades**

En el área de emplazamientos de los yacimientos satélites al pórfido cuprífero El Salvador, pertenecientes al distrito minero Indio Muerto, se reconoce el yacimiento Campamento Antiguo, cuyas unidades litológicas se ven representadas por afloramientos de rocas volcánicas y volcanoclásticas de composición andesítica, correlacionables con los niveles estratificados superiores de La Formación Llanta del Cretácico superior, definida por Tobar & Frutos (1972) en la zona de El Salvador. Estas rocas se presentan intruidas principalmente por un masivo filón subvolcánico granodiorítico del Eoceno, denominado Pórfido Cuarcífero, por un cuerpo irregular de Pórfido Cuarcífero Brechizado que represente la etapa tardía de emplazamiento de este cuerpo intrusivo principal y subordinadamente por diques riolíticos que se disponen en forma elongada y súbvertical con dirección norte-sur y este-oeste. Asociado espacial y genéticamente a estas rocas citadas anteriormente se presentan cuerpos de brechas magmáticas-hidrotermales de facies externa e interna, que conforman en su totalidad el denominado Complejo Subvolcánico de brechas Campamento Antiguo. Sin lugar a dudas, la unidad de Pórfido Cuarcífero adquiere la mayor importancia desde el punto de vista geológico-económico al igual que la unidad de brechas de Polvo de roca-Clorita de facies interna, ya que han controlado los eventos de alteración y mineralización. Depósitos no consolidados cubren local y parcialmente algunos de los afloramientos previamente mencionados, encontrándose restringidos principalmente en la base de las quebradas.

### **3.8.2 Rocas Volcánicas**

Las rocas volcánicas consisten en una secuencia volcanoclástica de composición andesíticas, constituida litológicamente por aglomerados, brechas, andesitas y escasas intercalaciones de tobas.

Especialmente estas rocas volcanogénicas representan aproximadamente el 60% del total de unidades litológicas presente en el área, manifestándose como el basamento rocoso más antiguo y constituye la roca de caja del intrusivo porfídico mineralizador, presentándose localmente como “roof pendant”.

### **3.8.3 Rocas Intrusivas**

Las rocas intrusivas que afloran en el área de estudio, constituyen aproximadamente el 35% del total de afloramientos presentes en la zona e intruyen a las unidades volcánicas descritas anteriormente. Litológicamente corresponden a filones masivos de composición riolítica a granodiorítica, distribuyéndose en la parte central y sur del área y se disponen en forma elongada y subvertical con dirección norte-sur y este-oeste, respectivamente (Figura 6). Sin lugar a dudas, se han localizados cuerpos menores y aislados tipo apófisis de similar composición en toda el área. De acuerdo a sus relaciones de contacto se describen en orden decreciente en edad.

### **3.8.4 Complejo Subvolcánico de Brechas Campamento Antiguo**

Consiste en un complejo de brechas magmáticas-hidrotermales distribuido en el sector suroccidental del área de estudio, representando aproximadamente el 20% del total de cuerpos litológicos presente. Localmente corresponde a un cuerpo macizo pseudocilíndrico subelongado en sentido norte-sur, exhibiendo una forma de pipa con un diámetro aproximado de 500 mts y una extensión en la vertical del orden de magnitud mayor que el diámetro

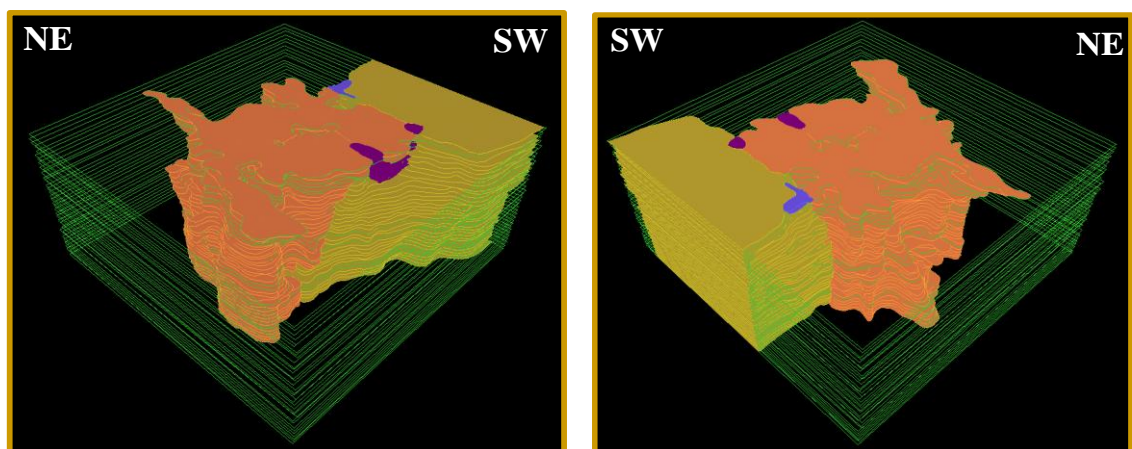
Se presenta en contacto litológico abrupto o gradacional con la roca de caja desarrollando un vetilleo en stocwork y fracturamiento paralelo en las paredes adyacente. La relación de contacto con el pórfido cuarcífero principal se presenta bien desarrollado, reconociendo un contacto gradacional con las brechas de facies interna representadas por brechas con abundante matriz de polvo de roca y cemento hidrotermal y contacto abrupto con las de facies externa representada por brechas con escasa matriz de polvo de roca y abundante cemento hidrotermal.

Este último en base a las interpretaciones geológicas de plantas se infiere un contacto por falla N-W, dirección del dominio estructural principal de carácter distrital y local. Litológicamente el complejo esta conformado de roca de caja e intrusiva brechizada con considerables variaciones texturales dentro de la columna de brecha, sugiriendo un numero considerables de procesos dinámicos involucrados. Baker *et al.* (1986) señalan que los procesos interactivos que contribuyen a la formación y propagación ascendente de la columna de brecha, a menudo son repetitivos pudiendo variar considerablemente y activarse en diferente tiempo dentro del desarrollo de la columna o complejo.

De acuerdo a una clasificación descriptiva y genética que considera la apariencia en base a las características texturales y el proceso relacionado con la formación de la columna brechizada (Baker *et al.*, 1986; Corbett & Leach, 1988), el complejo subvolcánico se ha caracterizado geológicamente, distinguiendo diferentes unidades de brechas presente dentro de la columna de roca formada durante la actividad magmática-hidrotermal.

### 3.8.5 Depósitos No consolidados

Constituidos principalmente por coluvios y aluvios de amplia extensión que se distribuyen a lo largo de la Quebrada Campamento Antigo y laderas asociadas (Figura 6). Corresponden a material detrítico no consolidados, polimícticos de color pardo rojizo, representados por fragmentos subredondeados andesíticos (60%), intrusivos (30%) y sedimentario (10%).



**Figura N° 24 Modelo tridimensional de Unidades Litológicas del Yacimiento Campamento Antigo.**

### **3.9 MINERALIZACION**

#### **3.9.1 Generalidades**

La zona mineral de sulfuros primarios tiene una distribución elongada en sentido este-oeste, con el eje mayor de aproximadamente 500 mts de largo y su eje menor de 400 mts de ancho (N-S). Esta distribución en profundidad muestra una zonación concéntrica de los sulfuros, similar al modelo propuesto por Tidy (1995) para el yacimiento El Salvador, tanto en la vertical como en la horizontal y consiste básicamente de una zona interna e inferior, caracterizada por la mineralización incipiente de calcopirita-pirita de muy baja ley (< 0.25% cobre total ) Sobre esta zona se reconoce mineralización de alta ley (0.78% cobre total) representada por abundante mineralización de pirita-calcopirita-bornita asociada a trazas de digenita, tenantita y enargita, principalmente diseminada en la roca y parcialmente diseminada y en sutura central de vetillas de cuarzo transicionales.

Adyacente a la mineralización de bornita se presenta una zona de calcopirita-pirita superior de alta ley (0.67% cobre total) asociada a mineralización de magnetita-hematita, desarrollada en un estado transicional de mineralización y que gradúa lateralmente a una zona de pirita-calcopirita de baja ley (0.25% cobre total) y finalmente a una zona externa de pirita, ambas con ocurrencia de abundante mineralización diseminada y subordinadamente en vetillas de sulfuros tardías, asociadas a un periodo hidrotermal principal de mineralización conformando un halo pirítico entorno al cuerpo mineralizado.

La zona de enriquecimiento secundario se reconoce en el sector central del yacimiento sobre la cota 2450 m.s.n.m. Los límites superiores e inferiores de esta zona de enriquecimiento se denominan techo y piso de enriquecimiento, paleoniveles freáticos que representan la aparición de la primera calcosina traza (límite superior) y la última aparición de calcosina traza (límite inferior).

La mineralogía se ve representada por calcosina (sulfuro predominante) diseminada conformando pátinas sobre pirita, calcopirita y bornita. Esta zona de enriquecimiento se ve representado por un manto irregular de calcosina que alcanza un espesor variable aproximado de 100 mts en la porción central y 20-50 mts hacia los borde.

Estado	Tipo de Alteración	Asociación Mineralógica	Sulfuros asociados
<b>Tardimagmático o Potásico</b>	Potásica Biotítica	Biotita (clorita-sericita)	Pirita-calcopirita, Calcopirita-pirita Magnetita-hematita-rutilo  Vetillas de cuarzo
	Silico-Potásica	Cuarzo- Feldespato-k (Albita-anhidrita- clorita-sericita)	Calcopirita-pirita Magnetita-hematita-ilmenita- rutilo  Vetillas de cuarzo
<b>Tardimagmático o Propilítico</b>	Propilítico	Clorita-epidota- calcita	Pirita-calcopirita, pirita (calcopirita) Pirita
<b>Tardimagmático o Hidrotermal temprano</b>	Silíceo	Cuarzo	Pirita-calcopirita-bornita, Calcopirita, pirita (bornita) (Digenita-tenantita-enargita) Magnetita-hematita  Vetillas de cuarzo-molibdeno
<b>Hidrotermal Principal</b>	Fílico Principal	Cuarzo-clorita- sericita	Pirita-calcopirita-bornita Pirita-calcopirita (Esfalerita-galena)  Vetillas de sulfuros
	Fílico Transicional	Cuarzo-sericita (clorita)	
<b>Hidrotermal Tardío</b>	Sericítica	Sericita (caolín)	Pirita-calcopirita (calcosina)  Vetillas de sulfuros
<b>Supérgeno</b>	Argílica	Sericita-caolín- montmorillonita	Calcosina-pirita (calcopirita)

**Tabla N° 6 Resumen de estado de alteración y mineralización en yacimiento  
Campamento Antiguo**



### **3.9.2 MINERALIZACION HIPOGENA**

#### **3.9.2.1 Mineralización de bornita**

La mineralización primaria de bornita es caracterizada en dos zonas reconocidas de acuerdo a un modelo metalogénico, pero en base a un modelo geológico fue interpretada como una zona de mineralización.

En general esta zona se reconoce en el sector central del yacimiento entre las coordenadas 22300-22100N, 7250-7000W, representando geoméricamente un cuerpo irregular elongado en sentido este-oeste con dimensiones aproximada de 250 mts de largo y 200 mts de ancho entre la cota 2500-2200 m.s.n.m y entre la 2200-2000 alcanza aproximadamente dimensiones de 50 \* 50 mts, abarcando en general una extensión en la vertical de aproximadamente 500 mts.

Representa una importante concentración de sulfuros de cobre estimando una ley media de 0.78% cobre total reconociendo, sin lugar a dudas, una zona de baja ley bajo la cota 2200 m.s.n.m y sobre esta una zona de alta ley.

Se presenta asociada a dos eventos de mineralización, inferida en base a las asociaciones paragenéticas reconocidas.

El primero de ellos desarrollado en un periodo transicional de mineralización entre un desarrollo tardimagmático-hidrotermal temprano, asociado a una intensa vetización de cuarzo sobreimpuesta a la zona potásica interna tardimagmática restringida al pórfido cuarcífero y el segundo evento esta asociado a un estado hidrotermal principal de mineralización con el desarrollo de una sobreimposición de clorita y sericita sobre minerales preexistentes, restringido al emplazamiento de la columna de brecha interna.

Se caracteriza por la paragénesis mineralógica de pirita-calcopirita-bornita, localmente asociada a trazas de digenita, tenantita y subordinadamente enargita que ocurren principalmente como cristales finamente diseminados en la roca y parcialmente en los bordes o sutura central de vetillas de cuarzo transicionales y sulfuradas tardías.

La pirita generalmente se presenta como cristales xenomorfo aislados texturalmente reemplazados por calcopirita y bornita. Localmente se reconoce inclusiones “blebs” de bornita y calcopirita en pirita, y subordinadamente textura de intercrecimiento simple entre pirita-bornita con borde rectos.

La compatibilidad paragenética de pirita-bornita reconocida se habría formado por la reacción química de mineralización temprana de calcopirita-pirita con azufre aportado por soluciones hidrotermales que se han enriquecido en un sistema de alta sulfuración por efecto de la evolución normal que experimenta las soluciones en depósitos pórfido cuprífero, dando origen a la asociación de pirita-calcopirita-bornita (Tidy, 1995; Sillitoe, comb.verbal).

La digenita solo se presenta como trazas estrechamente relacionada a la mineralización de bornita conformando texturas de exsolución (emulsión) sobre pirita y calcopirita.

Los minerales de hierro se presentan asociados a mineralización sulfurada bajo la cota 2350 m.s.n.m, representado por la mineralogía de magnetita-hematita-ilmenita caracterizadas por presentar texturas de reemplazamiento y exsolución lamellar en planos de clivaje de magnetita.

### **3.9.2.2 Mineralización de calcopirita-pirita**

Corresponde a una zona de mineralización caracterizada por al abundancia de calcopirita por sobre pirita (sobre la razón calcopirita/pirita: 6/4).

Metalogenéticamente podemos señalar que a lo largo de la distribución vertical de esta asociación mineralógica se reconocieron dos subzonas asociadas a distintos eventos de mineralización dentro de la evolución del yacimiento.

Entre la cota 2200-2000 m.s.n.m se presenta una zona de calcopirita-pirita de baja ley (< 0.25 cobre total) asociada a un estado tardimagmático de mineralización restringida al pórfido cuarcífero representada por mineralización sulfurada de cobre citada asociada a mineralización de magnetita-hematita-ilmenita-rutilo finamente diseminada y en sutura central de vetillas de cuarzo tardimagmática.

Esta zona se reconoce entre las coordenadas 22125-22050N, 7150-7050W correspondiendo geométricamente a un cuerpo cilíndrico seudovertical de diámetro aproximado de 50 mts con una extensión en la vertical de 200 mts.

La mineralización de calcopirita ocurre como diminutos cristales anhedrales con intercrecimiento simple de borde recto con pirita, no existiendo registro de reemplazamiento.

La mineralización de fierro asociada se presenta con textura de intercrecimiento mutuo y localmente se reconoce reemplazamiento lamelar e hematita y ilmenita en clivaje de magnetita.

Una segunda subzona representada por esta paragénesis se reconoce entre las coordenadas 22350-22050N, 7200-7000W y cota 2550-2200, de forma geométrica elongada en sentido norte-sur con dimensiones de aproximadamente 300 mts de largo y 200 mts de ancho con una extensión en la vertical de 350 mts conformando un halo concéntrico alrededor de la mineralización interna de bornita. Esta zona mineral representa una importante concentración de sulfuros estimando una ley media de 0.67% cobre total, asociada a trazas de bornita, digenita, enargita y mineralización de magnetita-hematita, ligada a un desarrollo de vetización de cuarzo transicional y sulfurada tardía con sericitización sobrepuesta a la zona potásica preexistente restringida al pórfido cuarcífero, desarrollada en un estado tardimagmático-hidrotermal temprano de mineralización.

La mineralización de calcopirita se presenta reemplazando parcialmente a cristales de pirita y localmente se reconoce intercrecimiento simple en vetillas sulfuradas tardías.

La digenita y enargita se reconocen solamente en trazas, ocurriendo la primera como texturas de exsolución (emulsión) sobre cristales de pirita y calcopirita. La enargita ocurre localmente diseminada y asociada principalmente a calcopirita y subordinadamente a pirita.

Los óxidos de fierro asociados están representados por hematita y magnetita, prevaleciendo los cristales individuales y reconociendo localmente textura de reemplazamiento (martitización) y intercrecimiento simple. Sobre la

cota 2400 m.s.n.m se reconocieron vetillas de cuarzo con sutura central de hematita-magnetita (Sole, 1999).

### **3.9.2.3 Mineralización de pirita-calcopirita**

Corresponde a una zona de mineralización representada por la abundancia de pirita por sobre la calcopirita, manifestada como un halo concéntrico alrededor de la mineralización de calcopirita-pirita distribuida entre las coordenadas 22400-22000N, 7400-6850W y sobre la cota 2000 m.s.n.m presentando una forma geométrica pseudocilíndrica.

Representa una zona de alta concentración de vetillas sulfuradas tardías y mineralización diseminada asociada a un estado hidrotermal principal-tardío de mineralización con el desarrollo de una superposición moderada a fuerte de sericita y clorita en mineralización preexistente en la gran mayoría de las unidades litológicas reconocidas. Localmente y como trazas se presenta asociada mineralización de esfalerita y galena

La pirita, mineral dominante se presenta generalmente como diminutos cristales anhedrales principalmente diseminados en la roca y parcialmente en vetillas sulfuradas. La calcopirita ocurre generalmente como diminutas inclusiones o blebs (emulsión) en granos de pirita.

Los óxidos de hierro están representados por hematita y escasa magnetita, reconociéndose localmente texturas de intercrecimiento simple con pirita y subordinadamente con calcopirita.

### **3.9.2.4 Mineralización de pirita**

Esta zona de mineralización se manifiesta como un halo periférico en torno a la mineralización sulfurada de cobre principal y adyacente a la zona de pirita-calcopirita extendiéndose por fuera de los límites del sector estudiado.

La mineralización de pirita se presenta principalmente diseminada en la roca y en vetillas sulfuradas tardías, estrechamente asociada una superposición de sericita pervasiva y clorita, desarrollada en un estado hidrotermal principal de mineralización gradando paulatinamente a un desarrollo argílico producto de la actividad supérgena.

Se ha reconocido una gran concentración de pirita en el sector, restringida a rocas volcánicas andesíticas propilitizadas, pórfido cuarcífero brechizado de fase tardía sericitizados y principalmente a las unidades de brechas que conforman el complejo subvolcánico, presentándose en esta última como cemento hidrotermal y parcialmente en la porción clástica representada por los fragmentos y matriz.

### **3.9.2.5 Mineralización de calcosina**

La zona de mineralización secundaria se distribuye en el sector central de área de estudio específicamente entre las coordenadas 22300-22100N, 7250-6950W y cota 2600-2450 m.s.n.m Esta zona se presenta limitada superior e inferiormente por paleoniveles freáticos denominados techo y piso de enriquecimiento respectivamente. Representado el primero (techo) la primera aparición de calcosina traza y el segundo (piso) la última aparición de calcosina traza.

La mineralización de calcosina se presenta principalmente asociada a covelina conformando patinas de enriquecimiento sobre pirita, calcopirita y bornita que microscópicamente se representa por textura de reemplazamiento periférico en los bordes de granos de pirita y calcopirita y localmente conformando textura de exsolución a lo largo de planos de clivaje sobre pirita.

En general la zona de enriquecimiento secundario presenta una forma irregular con tendencia pseudomantiforme lenticular acuñada en los bordes con evidencia de un fuerte control estructural, reconociéndose un espesor aproximado de 100 mts en la porción central decreciendo a aproximadamente 50-20 mts hacia los bordes.

### **3.9.2.6 Vetillas Hidrotermales**

En general la mayor parte de la mineralización sulfurada de cobre está relacionada a vetillas de cuarzo, originalmente clasificadas y descritas en el yacimiento principal por Langerfeldt (1960), *in* Gustafson & Hunt (1975), donde los minerales sulfurados ocurren mayoritariamente como diminutos granos diseminados o como sutura central.. A continuación se describe las características principales de los tipos de vetillas presentes en el yacimiento Campamento Antiguo las que están restringida a las unidades litológicas de Andesita y Pórfido Cuarcífero, lo que nos

señala que el emplazamiento de estas vetillas se produjo con anterioridad al desarrollo del Pórfido Cuarcífero Brechizado tardío y proceso de brechización.

#### **3.9.2.7 Vetillas de cuarzo tardimagmática**

Corresponde a vetillas de cuarzo irregular y con bordes sinuosas reconocidas en profundidad, conformada de cuarzo granular, feldespatos potásico peritítico y localmente anhidrita con mineralización sulfurada de pirita, calcopirita y bornita (pirita asociada a calcopirita pero no a bornita). Localmente ocurren halos difusos de feldespatos potásicos.

#### **3.9.2.8 Vetillas de cuarzo transicionales**

Vetillas de cuarzo reconocidas en niveles intermedios y caracterizadas por las paredes rectas con ausencia total de feldespatos potásicos. El cuarzo presenta una textura gruesa, dando lugar al crecimiento de una sutura central continua o marginal discontinua.

Los sulfuros tienden a ser de grano grueso representado por abundante calcopirita, moderada pirita y subordinadamente bornita. Localmente ocurre molibdenita asociada a bornita.

#### **3.9.2.9 Vetillas de sulfuros tardías**

Vetillas de sulfuros irregulares con halo destructivo de sericita o sericita-clorita que en algunos casos presentan halos externos de caolín-calcita.

El sulfuro predominante es pirita y en menor porcentaje calcopirita, bornita, enargita, tenantita, esfalerita, galena y molibdenita en forma local.

Texturas de reacción son muy típicas. Gustafson *et al.* (2001) señala que la asociación de pirita-bornita en el yacimiento Campamento Antigo solo es reconocida en vetillas tardías con cantidades menores de molibdenita.

### **3.10 Dominio Estructural**

Los elementos estructurales más representativos en superficie del yacimiento Campamento Antigo, corresponden, sin lugar a dudas, a fallas y fracturas con dirección preferencial WNW, NW, NE, y subordinadamente las direcciones NS y

EW. Dentro de los cuales se pudieron identificar tres sistemas estructurales. El primer sistema, temporalmente corresponde al mas antiguo, encontrándose relacionado con el emplazamiento del pórfido cuarcífero principal (fase temprana), y asociado a un patrón estructural de carácter regional interpretado por Gustafson & Hunt (1975), como una estructura tipo “ring dike”, entorno al yacimiento Cerro Pelado. Reconociéndose paralelo a este sistema, rocas de falla de régimen dúctil tales como milonitas y protomilonitas.

El segundo sistema estructural, siendo el mas joven, corresponde al sistema con dirección preferencial NS, asociado a el emplazamiento del pórfido cuarcífero brechizado (fase tardía).

El tercer y ultimo sistema, se ve representado estrechamente por fallas mineralizadas y fracturas, presentando las primeras direcciones preferenciales N40°E y N50°W, presentando una disposición subvertical y con escaso desarrollo de salbanda.

Las fracturas por otro lado, presentan direcciones preferenciales N60°E y N30°E (Book, 2000; Diaz, 2000; Terrazas, 2000).

En profundidad se han detectado escasas zonas de fallas, a través de una caracterización estructural por medio de sondajes diamantina, infiriéndolas principalmente por cambios bruscos en las cotas del techo y piso de enriquecimiento, techo de anhidrita y por la presencia de tramos limoníticos y arcillosos en la zona de sulfuros.

Díaz & Sepulveda (1988), postulan la existencia de dos fallas en dirección NW que se extienden a lo largo de las dos quebradas principales, limitando al yacimiento hacia el NE y SW.

### **3.11 Modelo Genético**

La metalogénesis del yacimiento marginal de Campamento Antiguo se relaciona directamente al emplazamiento del pórfido cuarcífero principal, que representa en la evolución geológica del distrito, las fases iniciales de una actividad subvolcánica que dio origen al complejo intrusivo del distrito minero de Indio Muerto, donde se aloja la mayor parte de la mineralización cuprífera, de edad Eocena (45-40 Ma).

La evolución geológica en un comienzo se ve representada por la depositación de una secuencia volcanoclástica en una cuenca volcanotectónica durante una actividad magmática extrusiva de carácter efusivo, manifestada en el sector por rocas volcánoclásticas andesíticas correlacionables con los niveles superiores de la Formación Llanta de edad Cretácico Superior.

Posterior a la etapa magmática de carácter efusivo premineral se desarrolla una actividad magmática intrusiva subvolcánica sinmineral, caracterizada por un plutonismo calcoalcalino hidratado sin equivalentes extrusivos (Díaz, 1998), representada localmente por el emplazamiento de cuerpos riolíticos en la que se distinguen dos eventos: el primero corresponde a filones mantos que intruyen a rocas andesíticas en los márgenes oriental y occidental del área en estudio, correlacionables a los domos riolíticos que afloran en la cumbre del cerro Indio Muerto; el segundo evento está representado por un pequeño cuerpo riolítico de geometría ovalada que aflora en el área intruyendo a rocas

andesíticas y probablemente constituya un apófisis del cuerpo intrusivo Cerro Pelado. Dataciones radiométricas en estas rocas por métodos Rb-Sr. indican edades de  $50.4 \pm 2.8$  Ma. y  $45.4 \pm 1.4$  Ma respectivamente (Terrazas, 2000).

Seguido a esta actividad subvolcánica citada anteriormente se desarrollo el emplazamiento de un cuerpo plutónico granodiorítico denominado localmente pórfido cuarcífero, al cual se relacionan los fenómenos de alteración y mineralización hipógena similares a los reconocidos en depósitos pórfidos cupríferos. Dataciones radiométricas realizadas entre Cerro Pelado y Campamento Antiguo, entregaron valores de  $43.9 \pm 1.5$  Ma (K-Ar, roca total),  $43.9 \pm 0.5$  Ma ( $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$ , en biotita) y dataciones U-Pb convencionales multigranos, indicaron una edad de  $43 \pm 1$  Ma, mientras que análisis de granos individuales de circón, arrojaron una edad promedio  $^{206}\text{Pb}^*/^{238}\text{U}$  de  $42.3 \pm 1.3$  Ma (Cornejo *et al.*, 1997a; Cornejo *et al.*, 1997b). La similitud petrográfica y las relaciones espaciales con el cuerpo riolítico de Cerro Pelado, permiten suponer una fuente magmática común, que migró de norte a sur, reconociéndose en orden decreciente en edad el pórfido riolítico Cerro Pelado (50-45 Ma), pórfido cuarcífero de Campamento



Antiguo y Colina de Cobre (43 Ma), pórfido cuarcífero de Quebrada M (43-41 Ma), y el complejo granodiorítico El Salvador (41-40 Ma).

El emplazamiento del pórfido cuarcífero se produjo en una fase temprana sin mineral de la actividad magmática intrusiva, a través de estructuras circulares en torno al cuello volcánico de Cerro Pelado, como estructura tipo "ring dike" aprovechando zonas de debilidad entre los estratos de las rocas andesíticas, generando un filón manto. Posteriormente el sistema magmático evolucionó a través de reacciones químicas desde un metasomatismo alcalino tardío a un ambiente hidrotermal tardío con interacción de aguas meteóricas, que definieron el desarrollo de la distribución de la mineralización y alteración en forma conjunta.

En una fase tardía de esta actividad magmática durante un desarrollo intramineral entre una etapa magmática e hidrotermal temprana se emplazó el pórfido cuarcífero tardío por estructuras de dirección norte sur originando una pseudobrechización en la zona de borde del cuerpo principal, denominándolo por geólogos de la división como Pórfido Cuarcífero Brechizado.

En un ambiente de transición entre un estado magmático e hidrotermal principal, se emplazaron los cuerpos de brecha de facies interna, con el desarrollo de una sobreimposición de clorita y sericita asociada a mineralización de pirita-bornita, atribuidas a una brechización producto de la inyección de fluidos hidrotermales en zonas de debilidad estructural en ambiente altamente fluidizado con el consecuente desplazamiento y trituramiento de los fragmentos de roca. Posteriormente en un ambiente hidrotermal principal-tardío se dio origen a cuerpos brechizados de facies externas como consecuencia del decaimiento de la celda fluidizada producto del relajamiento del sistema por medio de un proceso de brechización por implosión hidráulica atribuido al colapso de roca suprayacente, originando rocas brechizadas con muy poco desplazamiento de los fragmentos y el desarrollo de texturas en puzzle.

Al final de la etapa hidrotermal, durante un desarrollo postmineral sin productos de alteración y mineralización, se emplazan los diques de latita y los pebble dikes por estructuras de rumbo noroeste.

Godoy (1983), plantea que la erosión y la débil acción de los fenómenos supérgenos modificaron las características iniciales del depósito, por analogía de modelos genéticos tipo pórfidos cupríferos, se presume que la erosión destruyó el halo sericítico sobreyacente, exponiendo la zona potásica al remover una columna de rocas superior a los 2.000 metros y la incipiente alteración supérgena, evidenciada por la escasa presencia de caolín, montmorillonita y la existencia de pirita en superficie reflejan débiles condiciones supérgenas, capaces sólo de producir oxidación in-situ de los sulfuros de cobre e inhabilitan la posibilidad de lixiviar y transportar en forma significativa el cobre en profundidad y lateral para originar un mayor horizonte de enriquecimiento secundario.

## **CAPITULO 4      MARCO TEÓRICO**

### **4.1    PRINCIPIO DEL METODO**

Los esfuerzos que actúan en un lugar y a cierta profundidad de un yacimiento, tienen su origen en el peso de las rocas hasta la superficie y en los fenómenos externos de un yacimiento, tales como: Movimientos "horizontales, debido a movimientos de placas en la corteza terrestre. Todo macizo rocoso permanece en equilibrio mientras no se cree una cavidad lo suficientemente extensa en su interior, de modo de romper el equilibrio existente, creando una redistribución de esfuerzos en su alrededor.

La estabilidad de ésta cavidad dependerá de sus dimensiones, competencia de la roca y de los esfuerzos existentes en el área. Si la resistencia de la roca, no es lo suficiente para soportar el cambio de sollicitación, ésta socavará hasta llenar la cavidad con material fragmentado de distintas densidades. Una vez llena la cavidad se genera una fuerza de reacción que restablece el equilibrio.

Si se extrae el mineral fragmentado, a medida que se socava, el equilibrio no se restablece y la socavación continuará hasta la superficie.

De ésta forma queda sin apoyo el mineral que está por encima (millones de toneladas) y las fuerzas de gravedad que actúan sobre ésta masa producen una fractura sucesiva que afecta al panel completo. Por último y debido a las tensiones de la roca, se produce la fragmentación del material, el cual puede extraerse por medio de piques o mediante cargadores.

El éxito en el hundimiento de un panel, independiente de las características de hundibilidad de la roca, depende de los factores fundamentales que son:

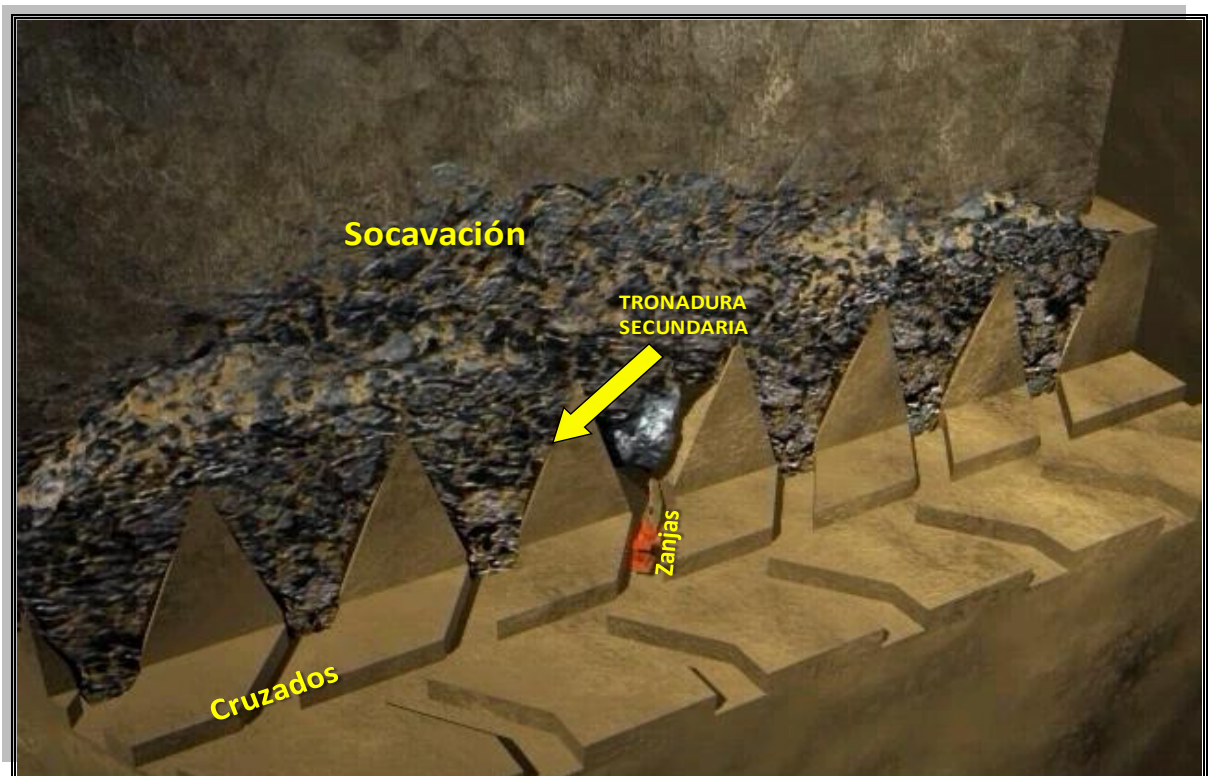
a) La base del panel deberá fracturarse completamente. Si quedaran pequeñas áreas sin quebrar, ellas actúan como pilar, transmitiéndose grandes presiones desde el nivel de hundimiento hacia el de producción, las que pueden llegar a romper el pilar existente entre ellos, afectando completamente la estabilidad de las

galerías del nivel de producción. Esto trae consigo un aumento importante en los costos de extracción.

b) La altura de socavación inicial proporcionada por la tronadura, debe ser tal que no se produzcan puntos de apoyo del panel que impidan o afecten el proceso desocavación natural inmediata.

El primer caso, o sea, la formación de pilares, se evita con un adecuado diseño de perforación y, especialmente, con un correcto carguio de los tiros. En todo caso, si se verifica la existencia de un pilar, se interrumpe la etapa de hundimiento, concentrando las actividades en eliminarlo completamente, para poder continuar con la secuencia de "quemadas". En el segundo caso, para evitar los posibles puntos de apoyo del bloque, una vez tronada la base, es necesario determinar previamente la altura que debe alcanzar la socavación producida por la tronadura.

La extracción en cada punto debe ser controlada con sumo cuidado de manera de evitar contaminaciones del mineral con el estéril. El contacto mineral-estéril debe mantenerse según un plano bien definido que pueda ser horizontal o inclinado.



**Figura Nº 25 Método de Explotación Block Caving**

## 4.2 ANTECEDENTES DEL METODO

La explotación de un área se hace siguiendo uno de los siguientes esquemas:

- Dividiendo el área en paneles cuadrados o rectangulares cuya dimensión mínima se relaciona con la hundibilidad de la roca y la máxima se diseña en función de parámetros operacionales y económicos. En este tipo de diseño deberán crearse barreras o pilares entre bloques hundidos para minimizar la dilución.
- Diseñando paneles que abarcan el área desde un extremo a otro. En este caso el hundimiento es un proceso continuo a lo largo del área y se dejará una barrera de contención o pilar para impedir que el estéril del panel agotado diluya el mineral de la nueva explotación una vez hundido el panel.
- Manteniendo un hundimiento continuo en ambas direcciones sin dejar barreras ni pilares. Este frente de hundimiento continuo impide la formación de puntos o líneas de alta presión y, por lo tanto, se tendrá menos problemas de estabilidad. Además permite una amplia flexibilidad para variar los ritmos de producción fijados.

Una vez definido el panel para su explotación se inician los trabajos de preparación de galerías, que comprenden:

- Niveles de Hundimiento
- Niveles de Producción
- Niveles de Reducción
- Nivel de Transporte
- Niveles de Ventilación

### **4.3 MALLA DE EXTRACCION**

Se entiende por malla de extracción o también malla de tiraje, a la disposición geométrica de los puntos por donde se extrae el mineral en el nivel de producción de un sistema por "Panel Caving".

En la zona que se está explotando, la extracción se hace a través de muchos puntos dispuestos en una malla que cubre el área hundida.

Para el diseño de estas mallas de extracción, se han usado diferentes formas: cuadradas, rectangulares, triangulares.

La separación de los puntos de extracción depende fundamentalmente de la granulometría del mineral obtenido, de la socavación natural y de los equipos usados para la extracción.

### **4.4 ALTURA DE SOCAVACION:**

La altura de socavación se define como la distancia vertical existente entre el piso del nivel de hundimiento y la base suspendida del bloque resultante de la Tronadura.

En la práctica, la altura de socavación así definida debe superar a la altura del cono formado por el ángulo de reposo del mineral. Lo que se pretende es evitar que la roca fracturada que se acumula a partir del espacio limitado por los bordes de las chimeneas, no alcance una altura de socavación producida por la tronadura, ya que de ser así, la roca acumulada serviría de apoyo al bloque cuya base se ha socavado impidiendo o dificultando el desplome posterior.

La altura del cono formado por el ángulo de reposo depende fundamentalmente de la distancia entre los puntos de extracción, ya que, mientras más grande sea ésta, mayor será la base del cono y por ende su altura. Este factor en la práctica está limitado por el alcance de la barrenadura, ya que a medida que aumenta la altura del cono, de mayor longitud habrán de ser las perforaciones necesarias para superarla.

#### **4.5 ALTURA ÓPTIMA DEL BLOCK:**

En depósitos de gran altura la explotación se hace en diferentes niveles a medida que se agotan los niveles superiores. La separación de dos niveles sucesivos está asociada al tonelaje que se extrae por cada punto de extracción y en consecuencia se relacionará con la vida o utilización que tendrá la infraestructura del nivel.

Debido al alto costo que representa la preparación de un nivel de producción y de un bloque en particular, es porque la altura del bloque, es una de las decisiones más importantes de la planificación en la explotación por hundimiento y por lo cual se invierten fuertes recursos de ingeniería antes de decidir la altura óptima.

La altura de la columna mineralizada se justifica en lo siguiente:

- Para justificar los altos costos de desarrollos primarios y secundarios.
- Para asegurar una buena socavación.

Los principales factores que tienen directa relación con la altura de los bloques son:

1. Amortización de la infraestructura.
2. Estabilidad del nivel de producción.
3. Dilución y pérdida de mineral.
4. Distribución de leyes en altura.
5. Fragmentación.
6. Planificación.
7. Riesgo de no extracción.
8. Experiencia mundial.

#### **4.6 MÉTODO DE EXPLOTACIÓN**

El Método de explotación que se empleara es el correspondiente al “Panel Caving”. Hundimiento de paneles. El mineral se fractura y se rompe por sí solo debido a las tensiones internas y efectos de la gravedad. Por consiguiente se requiere sólo de un mínimo de perforación y tronadura en la explotación del mineral. El yacimiento se divide en paneles largos que incluyen varios bloques, a causa de que este sistema de explotación es una variación del hundimiento por bloques (Block Caving).

El cuerpo mineralizado que conformara CA presenta una distribución litológica irregular tanto en su forma vertical como horizontal, por ello es de esperar que ocurran comportamientos distintos del macizo rocoso ante un proceso de explotación. Por esto se identificaron zonas de características similares, de modo de determinar el diseño adecuado para cada uno de estos.

**El diseño de la infraestructura principal para este método, considera los siguientes pasos:**

- Determinación del diámetro del elipsoide de extracción.
- Selección de la configuración de elipsoides
- Diseño de Malla de Extracción (calles, cruzados y zanjas en planta)
- Diseño de los niveles de producción y hundimiento en perfil vertical.

#### **4.7 DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO:**

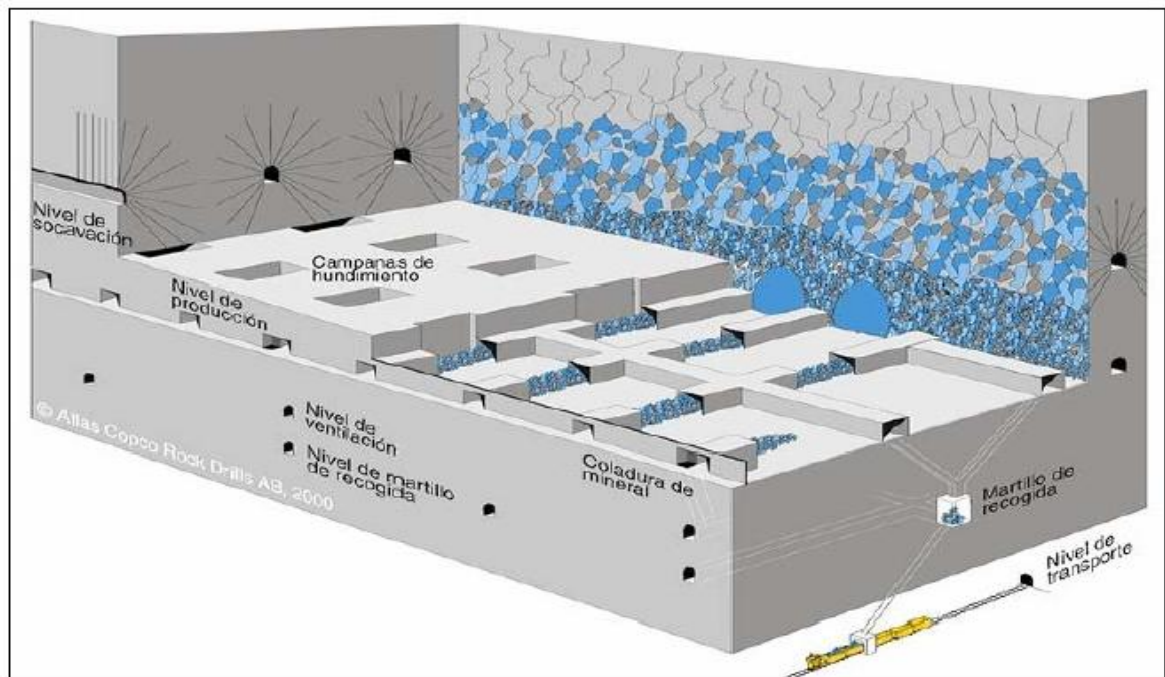
La extracción del mineral de cada uno de los sectores productivos se efectúa por medio de equipos LHD de 7 yd<sup>3</sup>, la reducción secundaria se efectúa con una flota de jumbos cachorreros, existiendo además rompedores móviles.

El traspaso de mineral es realizado por un sistema de piques desde el nivel de producción hasta el nivel de reducción, en donde el mineral es reducido de tamaño



por medio de equipos de martillos, que se distribuyen de acuerdo a la ubicación de los piques de traspaso y chancadores de mandíbulas. Del nivel de reducción cada pique descarga a los silos de almacenamiento y buzones para el carguío de los trenes.

Finalmente el nivel de transporte principal está ubicado a la cota 2400 m.s.n.m, de la Mina Inca, el cual se aprovechara. En este nivel el mineral es cargado y transportado hasta la planta de chancado primario ubicada en superficie por tres trenes: 1 Socometal y 2 Ingolby, con capacidades de 47 y 43 ton por carro respectivamente.



**Figura N° 26 Esquema de Explotación**

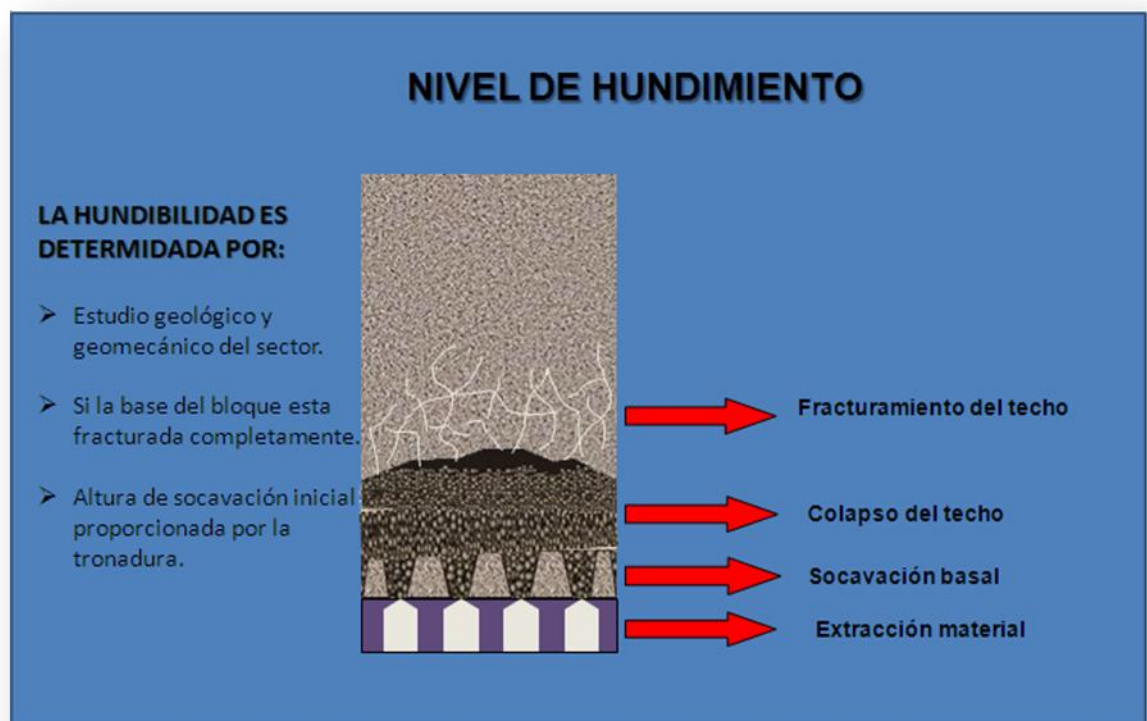
#### **4.7.1 NIVEL DE HUNDIMIENTO Y PRODUCCIÓN:**

Para la determinación de las elevaciones del nivel de hundimiento y producción se considera los siguientes aspectos.

- Análisis de la capacidad de los equipos de traspaso.
- Análisis económico.
- Minimización del área alterada por la zona de contacto techo sulfato.

#### 4.7.1.1 NIVEL DE HUNDIMIENTO:

Para realizar el hundimiento del cerro, solo se requiere de perforación y tronadura para cortar la base de la columna mineralizada. Se realiza con tiros radiales en abanico de 3.175 cm de diámetro barrenados con jumbos electro-hidráulicos. La longitud de estos tiros varía entre unos 3 a 15 m apróx.



**Figura N° 27 Producción del Caving**

#### 4.7.1.2 NIVEL DE PRODUCCIÓN:

El nivel de producción consiste en una serie de galerías paralelas de 4.3 x 3.8 metros de sección separadas entre sí cada 30 metros.

A estas galerías se les denomina calles y constituyen la labor de tráfico de los equipos LHD. Las calles serán interceptadas cada 15 metros, por estocadas de

carguío de 4.0 x 3.5 metros de sección, en un ángulo de 60° que permite al equipo LHD entrar con facilidad y rapidez a cargar al punto de extracción, estas estocadas de carguío se denominan zanjas.

Siguiendo la dirección de las estocadas de carguío se construyen las zanjas recolectoras de mineral 16.6 metros largos, 12.6 metros de anchos y una altura variable, dependiendo del tipo de zanjas a construir (Zanjas normal, media zanja, etc.).

En las zanjas se hace el destace, que es la creación de una batea para el posterior hundimiento y luego se deje caer el mineral por gravedad hacia la zanja que tiene dos puntos de extracción.

Las zanjas están indicadas por sentido Weste–Este, y las calles de Norte a Sur.

- Ángulos de carretera / brazos de extracción: mayor 55°.
- Distancia entre ejes de galerías de zanjas: Mayor o igual a 2.5 veces el de las galerías.
- Porcentajes de sustentación: mayor o igual a 55%.
- Ángulos de talud del mineral: menor o igual a 38%.

De acuerdo a los parámetros de diseño; el nivel de producción presenta unas galerías de 4.3 x 3.8 metros paralelos entre si y separadas 30 metros, interceptadas por galerías con ángulos de 60°, cada 15 metros.

#### **4.7.2 NIVEL DE REDUCCIÓN:**

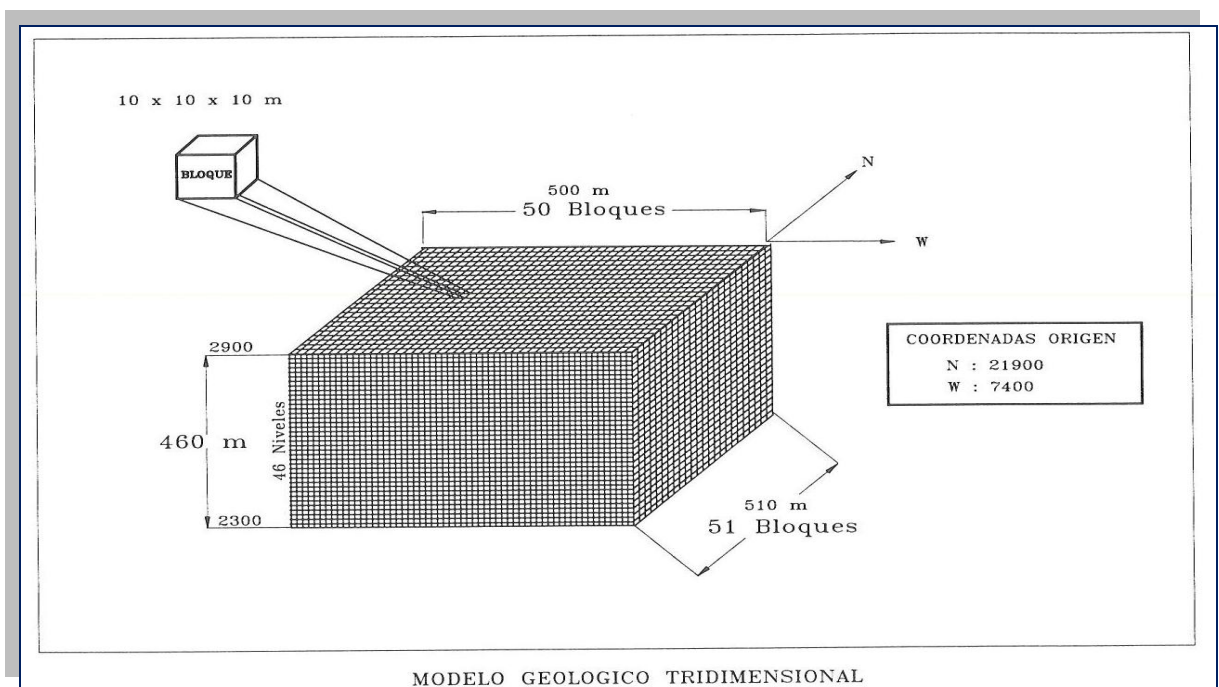
El mineral extraído por los equipos LHD es vaciado a una serie de piques de traspaso que comunican con un nivel de reducción. La reducción de tamaño del mineral se realiza mediante martillos picadores electro-hidráulicos estacionarios, los cuales tienen buenos rendimientos para el mineral secundario. En el caso de ser mineral primario se está utilizando chancadores de mandíbulas.

#### 4.7.3 NIVEL DE TRANSPORTE:

El mineral es almacenado en silos, desde donde se carga a los trenes en el nivel de transporte principal que conduce el mineral hasta la planta de chancado ubicada en superficie.

#### 4.8 MODELO DE BLOQUES DEL METODO:

Los modelos de bloques son referencias básicas para reportar todas las reservas de mineral. Se puede evaluar el modelo de bloques completos o cualquier sección de este y reportar el tonelaje y las leyes. Con un modelo de bloques se genera un reporte de los recursos del yacimiento en cual detalla los tonelajes para rangos de leyes específicos para cada sección del sondaje.

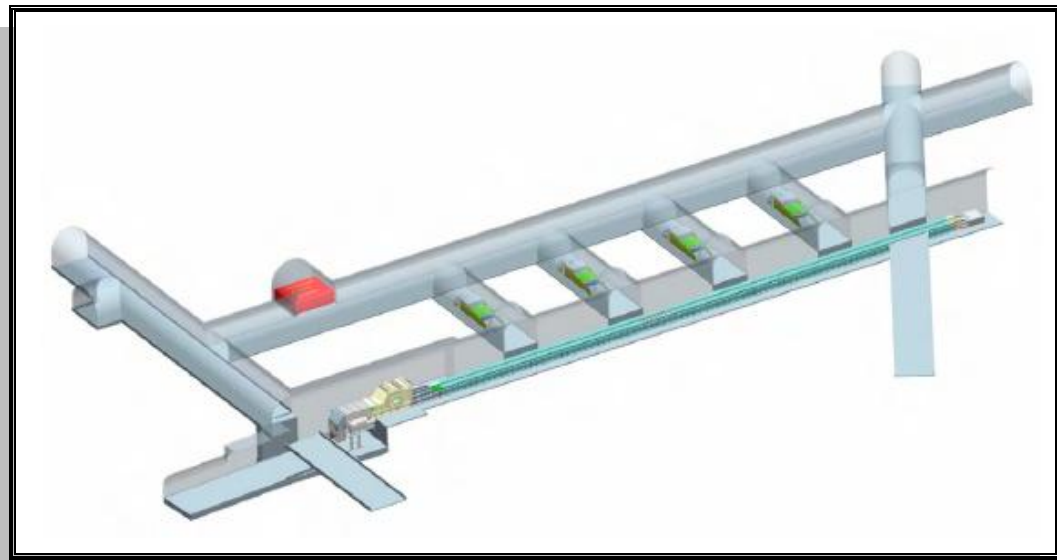


**Figura N° 28 Modelo de Bloques**

#### 4.9 PANCER:

Se trata de alimentadores de arrastre por cadenas. El eje motriz acciona unas ruedas que arrastran una o mas cadenas normalizadas de alta resistencia, a las que van unidas unas regletas, racletas o listones que transportan los residuos al ser también arrastrados por el fondo metálico que esta forrado de chapa de acero, fácilmente recambiable, apoyada en un robusto bastidor capaz de soportar grandes esfuerzos, y que obviamente, dota al conjunto de una gran rigidez y estanqueidad.

La simplicidad de su diseño permite a la maquina una ejecución carenada completamente, incorporando un sistema de reenvío de cola que no permite residuos en el retorno inferior, ya que al pasar las racletas incorporan de nuevo al ramal superior de transporte, cualquier elemento extraño.



**Figura N° 29 Acarreo de Minera**

#### **4.10 SILOS:**

El material es enviado desde el Nivel de Reducción; los cuales por medio de martillos picadores reducen el material en una parrilla de vaciado con espaciamiento entre tochos de 12 pulgadas, la parrilla de vaciado ubicada en la parte superior de los transfer, los que conectan los Martillos picadores y los silos.

Las dimensiones se encuentran en relación a los piques que se conectan a un silo; en el caso de 3 piques se alimentaran a un silo, las dimensiones de los silos serán de 15 metros de diámetro y en el caso que sea alimentado por 1 o 2 piques, las dimensiones de los silos serán de 10 metros de diámetro.

El material acumulado en los Silos, es depositando en los carros que transitan por el Nivel de Transporte, a través de un mecanismo hidráulico ubicado en la infraestructura Troya, manejado en forma manual se controla el paso del material, el sistema hidráulico abre una poruña la cual libera el material retenido, los silos correspondientes a 15 metros de diámetros se instalan 2 poruñas y los silos que son diseñados de 10 metros de diámetro, se instalan una poruña para la control del material.

#### **4.11 CORREA TRANSPORTADORA:**

Una banda o cinta transportadora es una estructura de goma o tejido en forma de correa cerrada en anillo, con una unión vulcanizada o con empalme metálico, utilizada para el transporte de materiales.

Las bandas transportadoras son los aparatos mas utilizados para el transporte de objetos sólidos y material a granel a gran velocidad y cubriendo grandes distancias. Una correa transportadora es un sistema de transporte continuo formado básicamente por una banda continua que se mueve entre tambores.

La banda es arrastrada por fricción por un tambor, que a su vez es accionado por un motor. El otro tambor suele girar libre, sin ningún tipo de accionamiento, y su función es servir de retorno a la banda. La banda es soportada por rodillos entre los dos tambores.

Debido al movimiento de la banda el material depositado sobre la banda es transportado hacia el tambor de accionamiento donde la banda gira y da la vuelta en sentido contrario. En esta zona el material depositado sobre la banda es vertido fuera de la misma debido a la acción de la gravedad.

#### **4.11.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES**

- Pueden operar horizontales, inclinadas o verticales, dependiendo del producto y del diseño de la banda.
- En general, si hay un cambio de dirección en el plano horizontal, se necesita más de una cinta.
- La capacidad puede ser controlada al variar la velocidad.
- Distintas telas permiten manejar productos abrasivos, calientes, reactivos, etc.

#### **4.11.2 VENTAJAS DEL USO DE UNA CORREA TRANSPORTADORA**

- Permiten el transporte de materiales a gran distancia
- Se adaptan al terreno
- Tienen una gran capacidad de transporte
- Permiten transportar un variedad grande de materiales
- Es posible la carga y la descarga en cualquier punto del trazado
- Se puede desplazar
- No altera el producto transportado

## **CAPITULO 5      DESARROLLO DE ESTUDIO**

### **5.1 METODOLOGIA**

Obtención y Revisión de Antecedentes: corresponde a la etapa de búsqueda de información de ingenierías anteriores, índices económicos relevantes, información geo-minero-metalúrgica, que será el punto de partida y el sustento de las evaluaciones a realizar, el modelo de bloques de yacimiento Campamento Antiguo, las orientaciones comerciales usadas por Codelco.

Diseño Minero y Obtención de Programas: se debe desarrollar el proyecto minero de extracción de reservas, la que deberá considerar la forma de extracción del mineral para llevarlo a planta.

Evaluación Económica de la Alternativa: Esta etapa determinará si el escenario evaluado es interesante para la explotación de este recurso remanente

Conclusiones y Recomendaciones: Definición de explotar o no el recurso remanente de campamento antiguo, comentarios acerca de las oportunidades de negocio y sus vulnerabilidades.

En la Figura se presenta un esquema de la metodología de trabajo utilizada para el presente trabajo, en donde se distinguen las etapas detalladas en lo que sigue.



## Esquema de la metodología de trabajo



Figura N° 30 Esquema de la Metodología de Trabajo

### 5.2 ANTECEDENTES

Durante el periodo 2005 en el contexto de los planes exploratorios y planes de negocios PEX–PND 2006, la División Salvador generó varios estudios para distintas alternativas de explotación de las reservas remanentes de Campamento Antiguo.

Las cuales actualmente están siendo ejecutadas en sus dos últimas Fases que corresponden a la F-5 y F6, con fecha de término de esta última para el 2018, quedando aún recursos, los cuales no son económicamente rentables extraerlos por el actual método.

Es dentro de este marco conceptual que se reconocen oportunidades que se declaran los siguientes puntos principales:

**a) Demanda actual del Cobre**

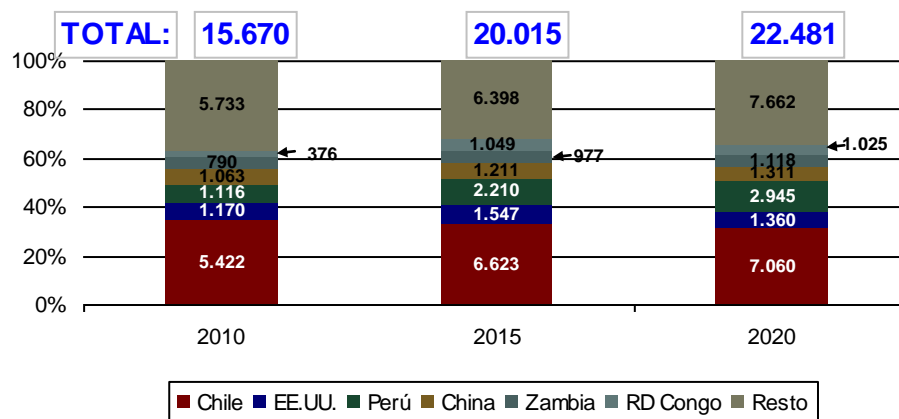
Durante estos últimos años la demanda por cobre ha aumentado, principalmente por el fuerte crecimiento económico de China e India.

Bajo estas circunstancias las producciones de concentrados, ánodos y cátodos de cobre están vendidos con anticipación, de hecho los traders están en busca de las empresas mineras en Chile, para concretar contratos de venta de productos.

La fortaleza del precio del cobre se explica por la permanencia de altos niveles de escasez en el mercado, ayudado principalmente por el fuerte crecimiento de China lo que ha generado mayor demanda.

China es la economía emergente más relevante para el desarrollo económico mundial y chileno.

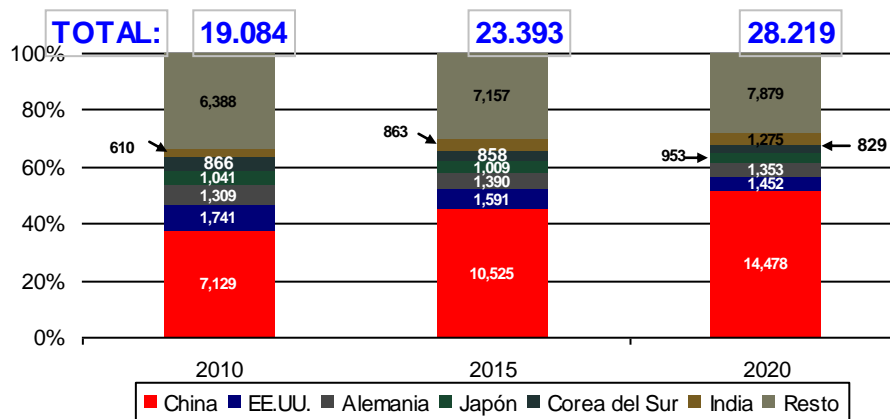
**5.3 Participación en Producción de Mina Mundial, Miles de tmf**



**Figura N° 31 Participación en Producción de Mina Mundial**

Nota: Cifras de Codelco corresponden al PND 2011 (preliminar). Proyecciones para el resto de la industria actualizadas al 15 de febrero de 2011. Fuente: Codelco.

## 5.4 Participación en Consumo de Cobre Refinado Mundial, Miles de tmf



**Figura N° 32 Participación en Consumo de Cobre Refinado Mundial**

Nota: Proyecciones consideran información disponible al 15 de febrero de 2011.  
Fuente: Codelco.

En este contexto, de altos precios, de la libra de cobre y visualizando que el consumo no va caer producto de la importante demanda actual, es que en todas las compañías han reactivado sus campañas de sondajes, otras están adelantando la puesta en marcha de nuevos proyectos, todo esto con el fin de aprovechar estos tiempos de bonanza. Así cobra real importancia la oportunidad de beneficiarse de cuerpos mineralizados que están como recursos y transformarlos a reservas para así no dejar pasar la oportunidad de extraerlos debido a los precios actuales en que se encuentra el metal, es por ello que cobra real importancia el Estudio a nivel de perfil de recursos de Campamento Antiguo.

### b) Conocimiento de la Explotación Subterránea

Entre las principales sinergias identificadas, para explotar estos recursos remanentes de campamento antiguo, se encuentra la oportunidad de contar con un recurso humano calificado de la División, que conoce el método de explotación subterránea. Esta es una línea de trabajo a desarrollar en conjunto con los operadores del actual rajo, generando un Proyecto Común de Empresa.

### **c) Oportunidades de Negocio**

Dada la existencia de recursos remanentes no explotables por la División nace la necesidad de evaluar y agotar todas las posibilidades de extracción parcial o total de estos recursos. Donde la factibilidad de crear valor al negocio y mostrar a la comunidad que se están evaluando todas las alternativas para extender la vida de la División en el tiempo, todo esto tiene un impacto súper potente en la Región.

## **5.4 OBTENCION Y REVISION DE ANTECEDENTES**

### **5.4.1 Trabajos anteriores**

En el Distrito Indio Muerto se han realizado varios estudios, siendo de carácter regional , de estratigrafía y de geología económica. Sin embargo los trabajos nombrados a continuación han contribuido al conocimiento geológico del yacimiento Campamento Antiguo.

**Perry (1922).** Realiza uno de los primeros informes inédito a cargo de la Andes Copper Mining, los cuales revela aspectos geológicos favorables de Campamento Antiguo, recomendando estudiar en detalle el área.

**Mulchay & Stephens (1945).** Efectúan un levantamiento geológico a escala 1:5000 del distrito Indio Muerto, entregando información sobre las características geológicas favorables del yacimiento Campamento Antiguo, indicando que el cuerpo mineralizado no presenta grandes expectativas en cuanto a recursos geológicos.

**Swayne & Trask (1960).** Describen principalmente las características geológicas generales de la mina y el distrito, a través de un mapeo geológico, describiendo los tipos litológicos y sus características mas relevantes de mineralización y alteración.

**Gálvez (1973).** Realiza una recopilación de toda la información disponible hasta la fecha y posteriormente lleva a cabo un levantamiento geológico preliminar del sector Campamento Antiguo a escala 1:2000, delimitando el área de interés para finalmente programar campañas de sondajes durante los años 1974 y 1980.

**Gustafson & Hunt (1975).** Realizan, sin lugar a dudas, unos de los trabajos geológicos más completos en el mineral de El Salvador, sintetizando toda la información geológica existente desde su descubrimiento en 1954 hasta 1971 en que el yacimiento fue transferido por Anaconda al Gobierno de Chile. Estos autores obtuvieron 37 dataciones radiométricas por los métodos Rb-Sr y K-Ar, las que determinan un rango de edades de 50-36 Ma para las unidades litológicas que componen Indio Muerto: domos, pórfidos y alteración hidrotermal subsecuentes. Esto les permitió datar la mineralización en alrededor de 41 Ma. Dentro el desarrollo del trabajo, también dan a conocer un modelo sobre secuencia paragenética y mineralización primaria presente en el yacimiento de El Salvador. Algunos aspectos importantes de geología de la Mina de El Salvador son reportados durante el curso del trabajo desarrollado por Gustafson & Hunt, 1975. Tales trabajos son: zonación de sulfuros en El Salvador (**Hunt, 1964**); caracterización de los Pebble Dike, ya sea en superficie o a niveles subterráneo (**Langerfeldt, 1964**); comportamiento de la mineralización de Yeso y Anhidrita (**Hunt, 1969**); y finalmente una evaluación preliminar de la mineralización (**Gustafson y Hunt, 1971**).

**Fuster (1983).** Estudia en detalle la distribución del molibdeno en el yacimiento El Salvador, realizando una caracterización detallada de las vetillas molibdeníferas.

**Godoy (1983).** Estudia la geología del yacimiento Campamento Antiguo, realizando un levantamiento geológico detallado e escala 1:2000, caracterizando los diferentes tipos litológicos relacionándolos con los procesos de alteración y mineralización, finalmente estableciendo un modelo genético relacionado con la geología del Distrito Indio Muerto.

**Díaz & Sepulveda (1988).** Realizan un levantamiento geológico a escala 1:5000, llevando a cabo una revisión general de la geología del sector evaluando el potencial económico del área y de esta manera incrementar los recursos geológicos de cobre y subproductos como oro, plata y molibdeno. Este trabajo considera estudios geofísicos a través de polarización inducida que indican anomalías tanto en los sectores de Campamento Antiguo y Cerro Pelado, y estudio metalúrgico a través de pruebas de flotación con mineral mixto y primario.

**Cubelli (1989).** Realiza un estudio, caracterizando geoquímicamente el Pórfido Cuarcífero de Campamento Antiguo, a través de perfiles geoquímicos que atraviesan los diferentes tipos litológicos y de alteración.

**Cornejo et al. (1997).** Entregan nuevos antecedentes geológicos del Distrito Indio Muerto y yacimiento El Salvador, con énfasis en las unidades volcánicas e intrusivas y evolución estructural, a través de un mapeo detallado a escala 1:25000, apoyado por dataciones K-Ar y U-Pb convencionales y análisis hechos en granos individuales de zircones, entregando en particular dataciones efectuadas en un pórfido riolítico entre Cerro Pelado y Campamento Antiguo, de alrededor de  $43.9 \pm 1.5$  Ma (K-Ar en roca total) y  $43.1 \pm 1$  Ma, por medio de dataciones U-Pb convencionales en multigranos, mientras que en granos individuales de circón arrojaron una edad promedio  $^{206}\text{Pb}^*/^{238}\text{U}$  de  $42.3 \pm 1.3$  Ma.

**Olivares (1999).** Confecciona un informe preliminar sobre antecedentes geológicos y geometalúrgicos de la zona de sulfuros primarios del yacimiento Campamento Antiguo, basado en el Modelo Geológico Global del yacimiento (1998), dando a conocer la identificación de 2 unidades litológicas principales, 11 de alteración, 3 de zonas mineralógicas y 5 de mineralización, analizando las unidades geológicas mas relevantes por su distribución y magnitud correspondiente a andesitas con alteración biotítica y pórfidos cuarcíferos silicificados, por medio de pruebas de recuperación de CuT y índice de dureza (Workindex), obteniendo de manera preliminar 3 unidades geometalúrgicas las que en definitiva dieron origen el modelo geometalúrgico preliminar para el

yacimiento, recomendando estudiar el comportamiento metalúrgico de las unidades litológicas presente con distinto tipo de alteración presenta tanto en la zona de sulfuros secundarios como primarios.

**Book (2000).** Realiza un levantamiento geológico a escala 1:1000, caracterizando la petrografía del sector, con énfasis en las unidades hipabisales más importantes del yacimiento, estableciendo a la vez las características y distribución de las diferentes asociaciones de alteración y mineralización relacionadas con las diferentes fases intrusivas.

**Fuentes (2000).** A través de un estudio geológico denominado “Condición de terreno Avance Campamento Antigo” Desarrollado por la Empresa Metálica Consultores S.A. Entrega una predicción de la condición de terreno a la cota 2400 m.s.n.m de una zona que comprende el sector de Campamento Antigo por el norte y Quebrada “M” por el sur, con el objetivo de evaluar la potencialidad de construcción de un avance de transporte principal subterráneo, como soporte a la alternativa de desarrollo que considera la explotación del sector Campamento Antigo. Este estudio concidera información geológica tanto de litología y clasificación geomecánica de terreno según Laubscher, desarrollada a escala 1:2000 en una sección geológica rumbeada (N50°E) y planta 2400 mts (nivel inca portal).

**Olivares (2000).** Lleva a cabo la actualización del Modelo Geometalúrgico preliminar del yacimiento Campamento Antigo, en vista de las recomendaciones efectuadas en el informe preliminar realizado en Junio de 1999 incorporando en esta oportunidad la zona de sulfuros secundarios, identificando con el nuevo modelo y utilizando los mismos criterios del Modelo Geometalúrgico preliminar 7 unidades geometalúrgicas las que originaron el Modelo Geometalúrgico de Sulfuros de Cobre para el yacimiento Campamento Antigo.

**Terrazas (2000).** Realiza un informe de actualización del modelo geológico del yacimiento Campamento Antigo con la información obtenida de perforación de alrededor de 7.800 m. de sondajes realizados durante la campaña de 1998,

incluyendo un análisis de antecedentes históricos que le permitieron la formulación de un nuevo modelo geológico, hidrogeológico, geometalúrgico y de validación de leyes de cobre, incluyendo mejoramientos de aspectos metodológicos.

**Farias (2001).** A través de la actualización del modelo de bloques del yacimiento Campamento Antigua lleva a cabo la estimación del recurso mineral de cobre por medio de estudios estadísticos, indicando la existencia de 6 unidades geológicas de estimación de las cuales la unidad de Óxidos y Mixtos presentan mayor relevancia desde el punto de vista económico-minero.

El cronograma y la metodología de trabajo que se está realizando durante el desarrollo de la memoria fue confeccionada en cuatro etapas

**I Etapa: Recopilación de Antecedentes**

**II Etapa: Base de datos**

**III Etapa: Modelo Geológico**

**IV Etapa: Modelo Geometalúrgico**

**I Etapa: Recopilación de Antecedentes.**

Consistió en obtener toda la información necesaria, la cual en una primera etapa se comenzó recopilando antecedentes bibliográficos del sector, lo cual se pudo recolectar una variedad de trabajos tales como, informes inéditos y memorias de título realizados en formas interna en la División, informes de investigación por medio del Sernageomin a cargo de Codelco Chile, trabajos de exploración realizados por geólogos de Codelco Chile, Vicerrectoría de Exploraciones geológicas en torno al Distrito Indio Muerto y finalmente actas de Los Congresos Geológicos Chilenos que dan a conocer antecedentes geológicos del Distrito y en particular del yacimiento Campamento Antigua. En una segunda etapa y en forma paralela a la anterior se recopilaron antecedentes bases del yacimiento, tales como mapa geológico de superficie coordinado, para posteriormente seleccionar cuatro secciones tipos con una influencia de +/-25 mt cada una (sección 22200 N (entre coordenadas 7500 N-6700 W), sección 7100 W (entre 21800 N-22600 N), y



dos secciones rumboadas, una sección NW-SE (entre coordenadas 22400 N-7400 W y 22000 N-6800 W) y otra NE-SW (entre 22400 N-7000 W y 21900 N-7400 W ), entre las cotas 2600 y 1800. Estas secciones, sin lugar a dudas, se seleccionaron de acuerdo a la distribución litológica existente en el yacimiento para posteriormente realizar una interpretación preliminar de parámetros geológicos tales como litología, alteración, zonas mineral, mineralización y paleoniveles freáticos (techos y pisos) utilizando como soporte información de sondajes rescatados (obteniendo un total de 46 sondajes de los cuales 32 sondajes DDH, 11 AR-DDH y 3 DTH) y leyes de CuT con el objetivo de caracterizar y representar en forma preliminar la geología del área en estudio

## **II Etapa: Base de datos.**

Se procedió a definir el área de estudio de acuerdo a los requerimientos tales como: estudio de investigación y alternativa de negocio minero, tomando como base la mayor concentración de sondajes antiguos y nuevos (campañas 1980-1998-2000-2001), información de cuello y fondo del total de sondajes presente en el yacimiento y sobre la base del área definida para el Modelo Geológico global vigente (1998) entre las coordenadas 21900-22400N y 6900-7400 W según base de datos actualizada y validada hasta 1998. Definiendo un área de estudio limitada por las coordenadas **21800-22500N y 6800-7500W**, y entre las cotas **2600-1800** para estudio de investigación y cotas **2540-2200** (zona de sulfuros primarios) como alternativa de negocio. Posteriormente se verificaron los archivos existentes de litología, alteración, zonas mineral, mineralización, techos y pisos y leyes de CuT, CuS, CuS-CiT, MoT, MoS, Au, Ag, As, y Fe, de un total de 158 sondajes (**75 AR, 15 ARDD, 47 DDH, 10 DTH, 11 DDCA**), tanto en la base de datos del sistema de geología (SGI) y en la base de datos del

sistema de datamine, obteniendo ciertas anomalías con ambas bases de datos y en particular una base de datos del sistema de geología demasiado incompleta para el total de información existente en el yacimiento, por lo cual se procedió a revisar, actualizar los parámetros geológicos rescatados del mapeo de sondajes y leyes en base a la unificación de criterios de mapeo, considerando la información geológica básica para modelamiento geológico y como soporte geometalúrgico

según la estandarización de mapeo para modelamiento geológico corporativo (Muller, 1996; Aracena & Carrasco, 2000)

### **III Etapa: Modelamiento Geológico.**

**Toma de Información Básica.** Con el propósito de unificar el mapeo de parámetros geológicos básicos a modelar tales como litología, alteración, zona mineral, mineralización techos y pisos, se rescataron del total de 158 sondajes, 38 sondajes diamantina, que de acuerdo a la información geológica representan en su totalidad la zona Hipógena del yacimiento. Por lo cual se procedió a actualizar la información geológica básica a través de un remapeo de estos sondajes a escala 1:100 con el objetivo de caracterizar los parámetros geológicos a interpretar y cuantificar en detalle los parámetros de alteración y mineralización, determinando asociaciones mineralógicas y grado de intensidad, elementos extremadamente útiles para la caracterización metalúrgica.

**Modelamiento Geológico.** Previo a la interpretación geológica para la construcción del modelo geológico se definieron las unidades de litología, alteración, zona mineral y mineralización a caracterizar. En base a la información geológica rescatada del mapeo de sondajes, su representatividad volumétrica y distribución espacial, se definieron unidades principales y menores de modelamiento para los parámetros citados anteriormente. Posteriormente se procedió a realizar el modelamiento geológico del sector Campamento Antiguo profundo, con el fin de representar en tres dimensiones la

geometría y zonificación de la mineralización principal a partir de interpretaciones geológicas de 58 secciones espaciadas cada 25 mts y influencia de 12.5, considerada para los campos de litología, alteración, zona mineral y mineralización y mediante la metodología de secciones cruzadas se confeccionaron 35 plantas espaciadas cada 10 mts con una influencia en la vertical de 5 mts, para cada uno de los campos antes mencionados, conformando un universo total de 232 secciones y 140 plantas asociadas (cota 2545-2205) que considera la información

nueva de 14 sondajes correspondiente a la campaña 2000-2001. Esta interpretación se realizó en pantalla mediante el software Datamine 5.0 y apoyada principalmente en la información de sondajes. Con posterioridad se definieron la Unidades Geológicas (UG's) representativas principales y menores en base a la representatividad volumétrica y distribución espacial. Finalmente se llevo a cabo la validación del modelo.

#### **IV Etapa: Modelamiento Geometalúrgico.**

**Muestreo Geometalúrgico.** Se inicia con una planificación de muestreo, que consiste en definir el tipo de muestras a tomar, el límite del área a modelar y determinar las Unidades Geológicas (UG's) representativas a muestrear. En base a este protocolo de muestreo se procedió a tomar muestras de testigos de sondajes de diamantina que presentan una amplia distribución dentro del área a caracterizar. El número de Unidades Geológicas a muestrear se determino en base a su representatividad volumétrica y distribución espacial dentro del área en estudio. Previo a la toma de muestras se realizo un chequeo de testigos de sondajes confirmando la calidad de la muestra, la concordancia con la Unidad Geológica representada y la homogeneidad de la misma, de acuerdo a los parámetros geológicos a considerar. Finalmente se llevo a cabo el muestreo considerando un tamaño de muestras de 15 Kg por muestra y una cantidad de 22 muestras compositadas para ensayos de cinética de flotación, determinación de Workindex, análisis químicos, análisis mineralógicos y finalmente análisis de los resultados de la pruebas metalúrgicas que nos permitirán determinar los distintos comportamientos metalúrgicos presente.

**Modelamiento Geometalúrgico.** Consistirá principalmente en asignarle los atributos metalúrgicos a cada Unidad Geológica (UG), correlacionándolas en tres dimensiones a través del software Datamine 5.0, definiendo de esta manera Unidades Geometalúrgicas (UGM's) que, sin lugar a dudas, pueden involucran una o más Unidades Geológicas. Posteriormente se procederá a la validación del modelo geometalúrgico realizando toma de muestras y pruebas para llevar acabo el análisis e interpretaciones prácticas.

## 5.5 Modelo Campamento Antiguo a Subterráneo

El modelo del sector Campamento Antiguo, fue desarrollado a través del modelo de bloques el cual se denomina MOCA0901.DAT, con una dimensión de bloques de 10x10x10 m que contienen los siguientes campos: Oeste, Norte, Cota, Cobre total (CuT), Cobre soluble (CuS), Molibdeno (Mo), Oro (Au), Plata (Ag), Unidad Geológica (UG), Litología (Lito), Categoría (Cat) y Densidad (Densidad). La caracterización de los distintos campos señalados del modelo se muestra en los diferentes cuadros de la Tabla N°.

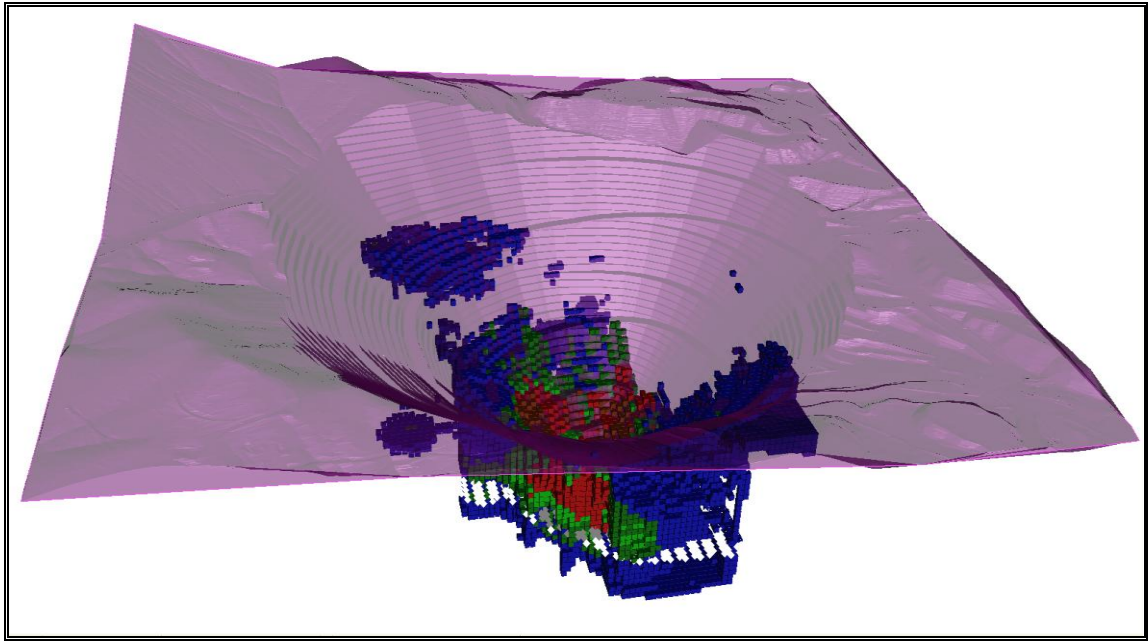
## 5.6 Campos del Modelo MOCA0901.DAT

UG	Característica	Característica	Densidad
3	Lixiviado	Lixiviado	2.45
7	Mixtos	Mixtos	2.55
10	Oxidos	Oxidos	2.51
6	Sulfuros Secundarios	Sulfuros Secundarios	2.54
11	Calcosina débil	Sulfuros Secundarios	2.6
22	Py - Cpy	Sulfuros Primarios	2.6
78	Cpy - Py - Bn / Cpy - Py en Andesitas	Sulfuros Primarios	2.6
87	Cpy - Py - Bn / Cpy - Py en Pórfido	Sulfuros Primarios	2.6
4	Py	Sulfuros Primarios	2.6

**Tabla N° 7 Campos del Modelo MOCA0901**

## 5.7 TOPOGRAFÍA CAMPAMENTO ANTIGUO

La información topográfica del sector señalado en la Figura, corresponde a la superficie topográfica esperada una vez terminada la fase 6 contemplada para el año 2018, apuntando a ajustar y contrastar los diseños del rajo explotado con el modelo de bloques respectivo.



**Figura N° 33 Topografía una vez terminada la Fase 6**

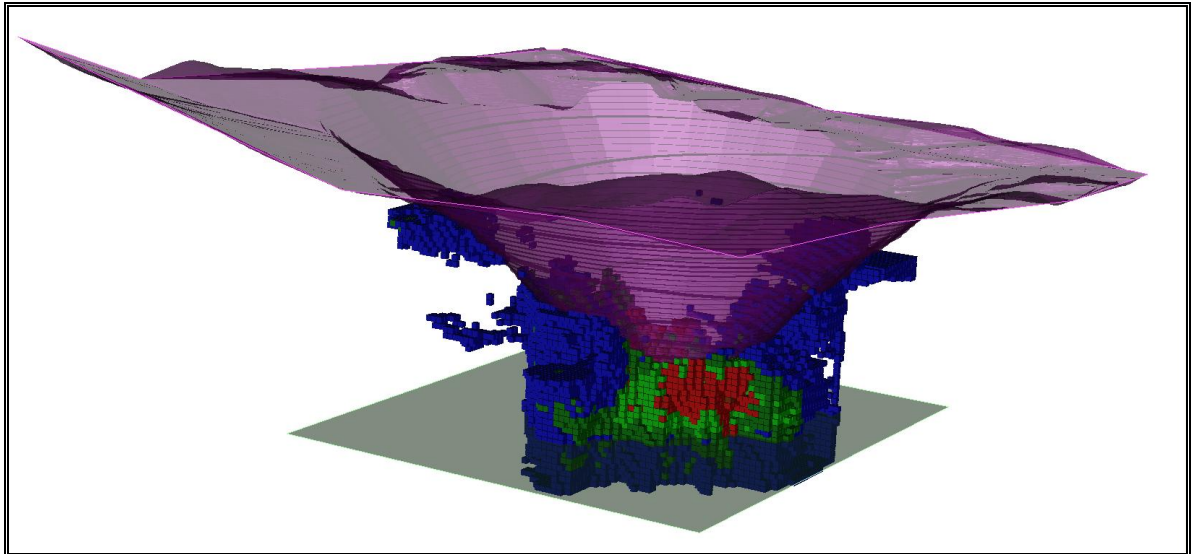
## **5.8 REVISION DEL MODELO DE RECURSOS**

Específicamente el énfasis estará puesto en la etapa de evaluación de reservas. En un principio se ha adoptado como criterio básico evaluar el área visible de explotación que se genera para el escenario en estudio de acuerdo a la extensión y homogeneidad que ella presenta.

El modelo de bloques in situ del sector en cuestión fue interceptado con la topografía del rajo final proyectado, de esta manera se restaron los bloques ya comprometidos en la explotación por rajo obteniéndose un modelo ajustado para el análisis de minería subterránea.

La información del modelo de bloques y la superficie topográfica es ingresada en el software de planificación minera Gemcom, obteniéndose un modelo en 3 dimensiones, el cual es analizado gráficamente.

La distribución de los recursos que quedan bajo el rajo final se muestra en la figura



**Figura N° 34 Cota de Piso Óptima**

## **5.9 DESARROLLO DE INGENIERÍA**

Se define a nivel de ingeniería de perfil un marco de diseño y evaluación de los recursos, técnicamente viable, que incorpore optimizaciones potencialmente alcanzables, tanto en su diseño como en la operación (costos de operación y rendimientos operacionales).

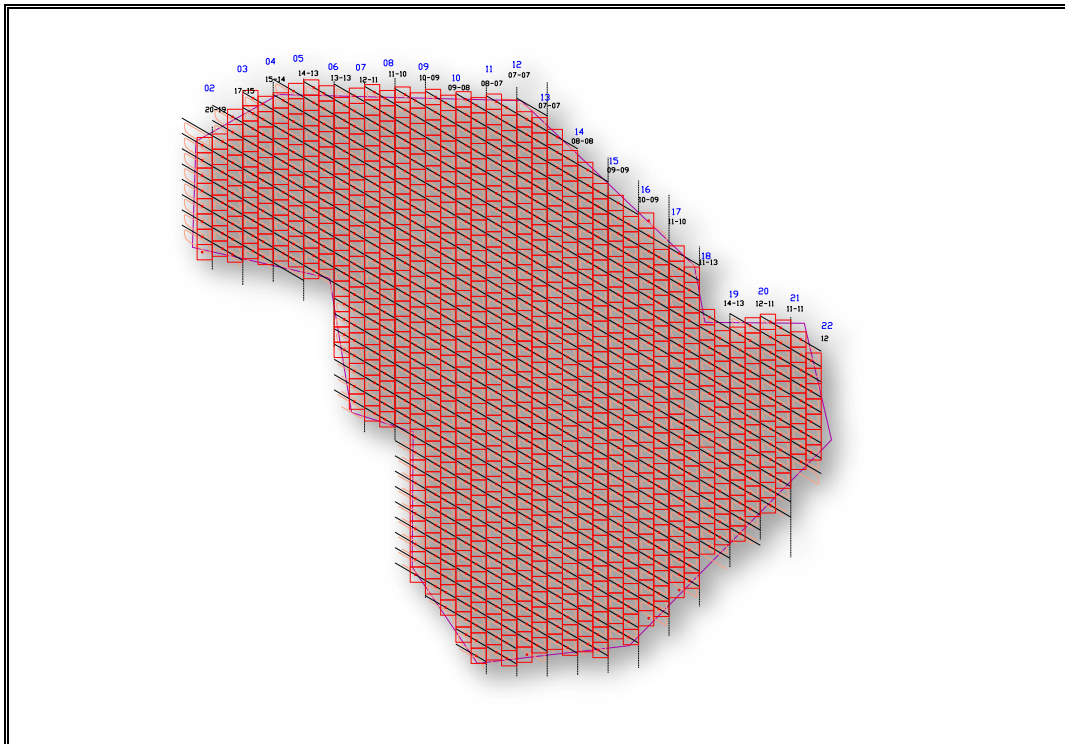
Así se diseña una explotación por métodos de hundimiento, cuyo plan de producción características principales de diseño se presentan a continuación.

### **5.9.1 Piso de Hundimiento**

Para encontrar el piso óptimo, se hicieron diversas simulaciones en el software, realizando análisis de columnas económicas para cada una de ellas, en la cual, considerando la cota de cada piso y los parámetros económicos expuestos en la base de datos, se obtuvo una primera aproximación de los beneficios sin considerar el costo de las inversiones requeridas.

Además de obtener las otras variables relevantes como el tonelaje, leyes y área basal susceptible de hundir.

Finalmente el piso óptimo para la explotación a través del método, desde la perspectiva económica arrojó la cota 2.285.

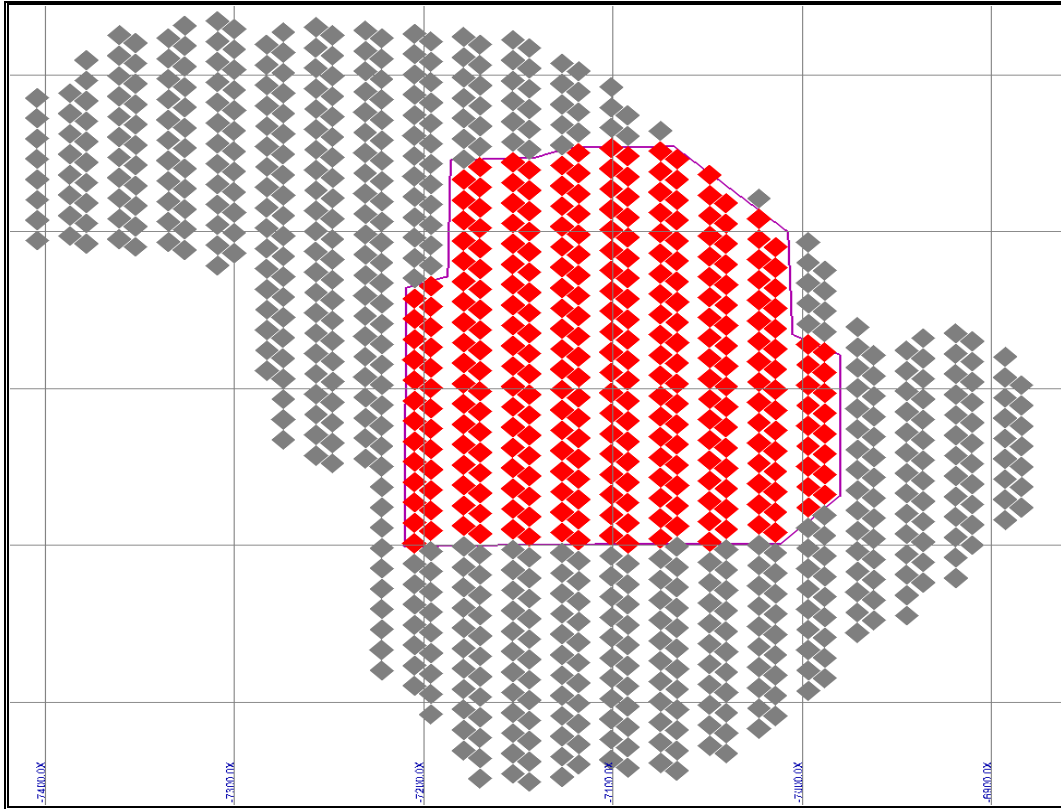


**Figura Nº 35 Piso Óptimo, Cota 2285**

### **5.9.2 Envoltente y Secuencia**

Después de haber encontrado el piso óptimo y Siguiendo el criterio económico de maximización de valor, se evaluó los beneficios incluyendo los costos de desarrollo y construcción de un punto de extracción, acotándose aún más el cuadro de explotación quedando reducido a 10 calles de explotación, arrojando un área útil para su extracción de 50.700 mts<sup>2</sup> lo que equivale en teoría a 11.211.000 de toneladas con una ley media de 0.62% para alimentar a planta, arrojando un plan de producción para 5 años, en el cual más adelante se detalla su extracción.

En la Figura se indica la envolvente inscrita y la secuencia establecida,



**Figura N° 36 Cuadro Final de Explotación**

## **5.10 PLAN DE PRODUCCION**

### **5.10.1 PLANEAMIENTO DE MINADO:**

Para un mejor entendimiento, de la búsqueda de rentabilizar los recursos remanentes de campamento antiguo, se muestran a continuación las tablas de producción de corto y largo plazo de la mina subterránea con un tonelaje promedio hasta el año 2019 de de 9.000.000 de Toneladas al año de mineral, con una ley de alimentación a planta de 0.50% Cu, bajando bruscamente a 3.700.000 toneladas en el año 2020, donde ya en el año 2018, la mina subterránea va a estar interactuando con la mina rajo, que se emplazará sobre la actual mina



subterránea, ya para esos años está previsto el cierre definitivo de la mina subterránea.



**Figura N° 37 Cráter en mayo de 2007**

**Cráter en mayo de 2009**

Es por ello que se hace propicio la realización de este estudio, en donde si los resultados de viabilidad y económicos nos arrojan un VAN positivo, se tomará parte de la infraestructura existente en la mina subterránea de los niveles de producción y reducción, para ocuparla en este proyecto, el cual contempla ocupar la infraestructura del nivel de transporte mas los que sean necesarios de los niveles superiores.

#### **5.10.1.1 PLAN DE PRODUCCION DE CORTO PLAZO:**

La decisión de de abrir nuevas áreas se encuentra respaldada por la extracción de mineral mensual promedio proyectada, la cual corresponde a 549 kt/m para el primer trimestre del año 2012, ascendiendo a 632 kt/m para el resto del año. Así, la producción mensual contempla un pick para el primer semestre en el mes de Junio con 650 kt., y un total de 672 kt., al mes de Octubre del segundo semestre,

Sector	Un	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	TOTAL
INC-N	t	39,001	147,872	143,927	133,94	152,559	165,038	177,627	154,994	155,005	1269,967
	Ley de Cu(%)	0,45	0,45	0,45	0,44	0,44	0,44	0,44	0,45	0,46	4,02
INC-CW	t	224,095	318,393	310,871	334,99	334,987	266,994	259,991	249,992	259,99	2560,3
	Ley de Cu(%)	0,62	0,61	0,61	0,59	0,59	0,57	0,58	0,59	0,54	5,3
INC-W	t	42,485	143,735	160,202	158,08	158,083	159,437	204,753	204,969	204,998	1436,745
	Ley de Cu(%)	0,48	0,48	0,47	0,47	0,47	0,48	0,48	0,47	0,47	4,27
Dello	t	35,000	35,000	35,000	35,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	290,000
	Ley de Cu(%)	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,38
<b>Tonelaje Total</b>		<b>340,581</b>	<b>645,000</b>	<b>650,000</b>	<b>662,01</b>	<b>675,629</b>	<b>621,469</b>	<b>672,371</b>	<b>639,955</b>	<b>649,993</b>	<b>6874,322</b>
<b>Ley de Cu (%)</b>		<b>0,51</b>	<b>0,51</b>	<b>0,51</b>	<b>0,50</b>	<b>0,50</b>	<b>0,50</b>	<b>0,50</b>	<b>0,50</b>	<b>0,49</b>	<b>0,38</b>

**Tabla N° 8 Producción Estimada Abril-Diciembre 2012**

#### **5.10.1.2 PLAN DE PRODUCCION DE LARGO PLAZO**

El plan de producción de largo plazo se considera en un perfil de producción de 9 años, desde el año 2012 hasta el 2020 y compromete los actuales sectores productivos:

- ✓ **Inca Norte (IN).**
- ✓ **Inca Oeste (IW).**
- ✓ **Inca Central Oeste (ICW).**

Así como, la explotación de parte de los nuevos sectores:

- ✓ **Inca Norte Extensión Este,**
- ✓ **Inca Oeste 2**
- ✓ **Inca Oeste 3**

- ✓ **Inca Oeste Extensión**
- ✓ **y extensión del sector Inca Central Oeste**

➤ **Plan Mina Subterránea**

Los sectores productivos considerados son los mismos que están actualmente en operación: Inca Norte, Inca Oeste e Inca Central-Oeste más los sectores nuevos denominados Inca Norte-Oeste, Inca Central Oeste extensión, Inca Oeste 2, Inca Oeste 3 e Inca Oeste Extensión, en un perfil de producción de 9 años, desde el año 2012 hasta el 2020, Este Plan Productivo considera la interacción de la Mina Subterránea con la mina Rajo Inca.

Periodo	Años	Mineral		Cu T	Mo	As
		Kt	Kt/d	(%)	(%)	(gr/ton)
1	2012	7.537	20.6	0.54	0.023	33
2	2013	8.141	22.3	0.49	0.022	35
3	2014	9.4	25.8	0.49	0.021	39
4	2015	9.4	25.8	0.47	0.02	42
5	2016	9.4	25.8	0.48	0.019	39
6	2017	7.8	21.4	0.49	0.018	38
7	2018	9.518	26.1	0.5	0.019	44
8	2019	10.011	27.4	0.51	0.02	47
9	2020	3.167	8.7	0.44	0.017	52

**Tabla N° 9 Producción Estimada 2012-2020**

**Los principales aspectos relacionados con el plan de la mina subterránea son:**

- ✓ Se usó el último modelo de recursos In Situ, actualizado a julio de 2005, y el último modelo de material quebrado remanente (cráter).
- ✓ Parámetros de dilución considerando mezcla secuencial con HIZ de 150m y 3 ciclos de mezcla,
- ✓ Suavizamiento de alturas económicas extremas.

- ✓ Los parámetros de dilución de reservas se definieron en base al retro-análisis histórico de sectores ya explotados desarrollado para el 2012.
- ✓ Se consideró una nueva secuencia de extracción de acuerdo a criterios económicos y que respeta en gran medida las restricciones Geomecánicas y operacionales existentes.
- ✓ Extracción de año 2012, en función a Programa de Producción P1.
- ✓ Alturas de extracción y estado de puntos reales a Junio de 2011, proyectadas a diciembre 2011.
- ✓ En sectores futuros se considera pre-acondicionamiento.
- ✓ Velocidades de extracción según altura de extracción y tipo de roca.
- ✓ Para la definición de la envolvente económica y diseño minero se consideraron las orientaciones comerciales de largo plazo de Abril del 2011, utilizando un precio del Cu de 250 US¢/lb.
- ✓ Las velocidades de extracción se definieron en base al comportamiento histórico de los sectores actualmente en explotación, en función del porcentaje de extracción y el tipo de roca.
- ✓ El plan de producción considera 362 días de trabajo al año.
- ✓ Tonelaje de Preparación en función de cubicaciones.

### **5.11 PLAN DE PRODUCCION DEL ESTUDIO**

El plan de producción representa el producto final de la metodología de planificación minera. En él se resume la calidad y cantidad de las reservas que se procesaran en un período específico.

El área definitiva de explotación del sector Campamento Antiguo equivale a la envolvente suavizada del algoritmo del costo de oportunidad, que tiene el piso de hundimiento en la cota 2285, con una altura de columna variable, que va desde un mínimo de 50 metros a un máximo de 210 metros. En la siguiente tabla se presenta un resumen del programa de producción resultante, con tonelaje, leyes anuales y movimientos de áreas involucradas.

Días Mina		365	365	365	365	365	1825
Tons	GradeName	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Total
TOTAL MINAS	kt	1,450	3,595	3,600	2,153	413	11,212
	%CuT	0.605	0.633	0.585	0.648	0.668	0.618
	%MoT	0.0033	0.0042	0.0049	0.0055	0.0057	0.0046
	FE	3.53	3.43	3.32	3.61	3.73	3.45
	RECUP	85.97	87.58	87.00	83.54	72.64	85.86
	WI	13.1	13.2	13.5	13.6	13.5	13.4
	Activos	116	223	161	62	31	151
	Cerrados	778	671	733	832	863	743
t/m2-d	0.32	0.27	0.37	0.49	0.50	0.36	
TPD	tpd	3,973	9,850	9,863	5,900	1,131	6,144
FINO	tmf	8,775	22,748	21,069	13,944	2,758	69,293

**Tabla N° 10 Plan de Producción**

El plan anual de producción, se basa en el área requerida a hundir, para la producción del tonelaje por año establecida, para ello se requiere la cantidad de puntos disponibles a una velocidad de extracción establecida, que permita mover el punto de extracción y poder ir generando el caving, para así tener el área acondicionada para dar cumplimiento al plan anual de producción.

Es por ello que se presenta en el siguiente cuadro el requerimiento de puntos y área que se necesita ir incorporando por año, para dar cumplimiento al plan anual.

Estos puntos de extracción van en directa relación con el tonelaje al año requerido, por ende, la incorporación de área debe estar preparada al año anterior del plan de producción de ese año.

		PLAN ANUAL DESARROLLOS, HUNDIMIENTOS Y OBRAS CIVILES CAMPAMENTO ANTIGUO								
		2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	TOTAL	
<b>INGRESO DE PUNTOS</b>	<b>un.</b>	-2	-1	0	1	2	3	4	5	TOTAL
Requerimiento Toneladas por año				1.450.000	3.595.000	3.600.000	2.153.000	413.000		<b>11.211.000</b>
Requerimiento Toneladas Mensuales				120.833	299.583	300.000	179.417	34.417		
N° Puntos Disponibles Mensualmente				74.478	184.654	184.911	110.587	21.213		
N° Puntos Disponibles Mensualmente				75	185	185	111	22		

		PLAN ANUAL DESARROLLOS, HUNDIMIENTOS Y OBRAS CIVILES CAMPAMENTO ANTIGUO								
		2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	TOTAL	
<b>INGRESO DE AREA</b>	<b>un.</b>	-2	-1	0	1	2	3	4	5	TOTAL
Area Total a Hundir	50700									
Velocidad de Extracción	0,32									
Area del Pilar	169									
Disponibilidad de los Puntos	85%									
Ton Mes según Velocidad de Extracción	1622,4									
Puntos Requeridos por Producción Anual			88	218	218	131	25			
Area Total Disponible por Año			14872	36842	36842	22139	4225			
Area a Incorporar por Año			14872	21970	6929	6929				<b>50700</b>
Puntos a Incorporar por Año			88	130	41	41				<b>300</b>

**Tabla N° 11 Ingreso de Área y Puntos de Extracción**

Una vez establecido el programa de producción anual y la incorporación de área, la cual a su vez incorporo los puntos de extracción necesarios para dicha producción, se tiene que desarrollar los que son las obras de infraestructura para lleva a cabo dicho proyecto.

Esto requiere construcción de avances principales (carreteras o calles de producción), zanjas o puntos de extracción, piques de vaciado, preparación del nivel de hundimiento, recepción de mineral, transporte.

Es por ello que se requiere construir y preparar el bloque el mismo año en que esté finalizando las operaciones de campamento antiguo para el año 2018, para a mitad del año 2019 estar hundiendo y así tener preparado el bloque para el primer mes del año 2020.

Es por ello que se presenta el programa de preparación minera con los metros a desarrollar en cada una de las áreas.

		PLAN ANUAL DESARROLLOS, HUNDIMIENTOS Y OBRAS CIVILES CAMPAMENTO ANTIGUO								
		2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	TOTAL	
<b>DESARROLLOS HORIZONTALES</b>	<b>un.</b>	<b>-2</b>	<b>-1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>TOTAL</b>
Nivel de Producción	m.	3.439	3.439							6.877
Nivel de Hundimiento	m.	1.489	1.489							2.977
Nivel de Reducción	m.	156	156							312
Nivel de Ventilación	m.	273	273							546
Rampas de Acceso	m.	900	900							1.800
Nivel Portal	m.	2.200	0.0							2.200
<b>Total Desarrollos horizontales</b>	<b>m.</b>	<b>8.456</b>	<b>6.256</b>							<b>14.712</b>
<b>DESARROLLOS VERTICALES</b>										
Total Desarrollos Verticales	m.	213	213							425
<b>TOTAL DESARROLLOS</b>	<b>m.</b>	<b>8.669</b>	<b>6.469</b>							<b>15.137</b>
<b>HUNDIMIENTOS</b>										
Total Hundimientos	m <sup>2</sup>		14.872	21.970	6.929	6.929				50.700
Total Perforación Radial	un.		47.031	69.478	21.912	21.912				160.333
Total Destaces	un.		44	65	21	21				150

**Tabla N° 12 Plan de Desarrollos Mineros**

## 5.12 INFRAESTRUCTURA MINERA

Este proyecto contempla la realización de todo un cuadro de explotación, lo que conlleva, niveles de hundimiento, niveles de producción, niveles de ventilación un nivel de transporte primario, que en el caso de este proyecto a diferencia de los niveles convencionales de reducción en donde van instalados martillos

estacionarios, aquí se instalara un sistema de alimentadores de arrastre “PANZER”, el cual abarcará los 09 piques de traspaso contemplado en el proyecto, este material será transportado hasta un chancador primario el cual estará ubicado en línea vertical, en la parte central del cuadro de explotación, aquí llegará este material transportado, este lo reducirá de tamaño a 8” de diámetro, el cual caerá a una correa de 2200 mts de largo en donde transportará el mineral con una pendiente positiva de un 8%, llegando a un Silo de almacenamiento de 7.000 toneladas, el cual evacuará el mineral por la parte inferior a través de unas porañas de descarga hacia los carros del ferrocarril, el cual lo llevará a las etapas siguientes de chancado.

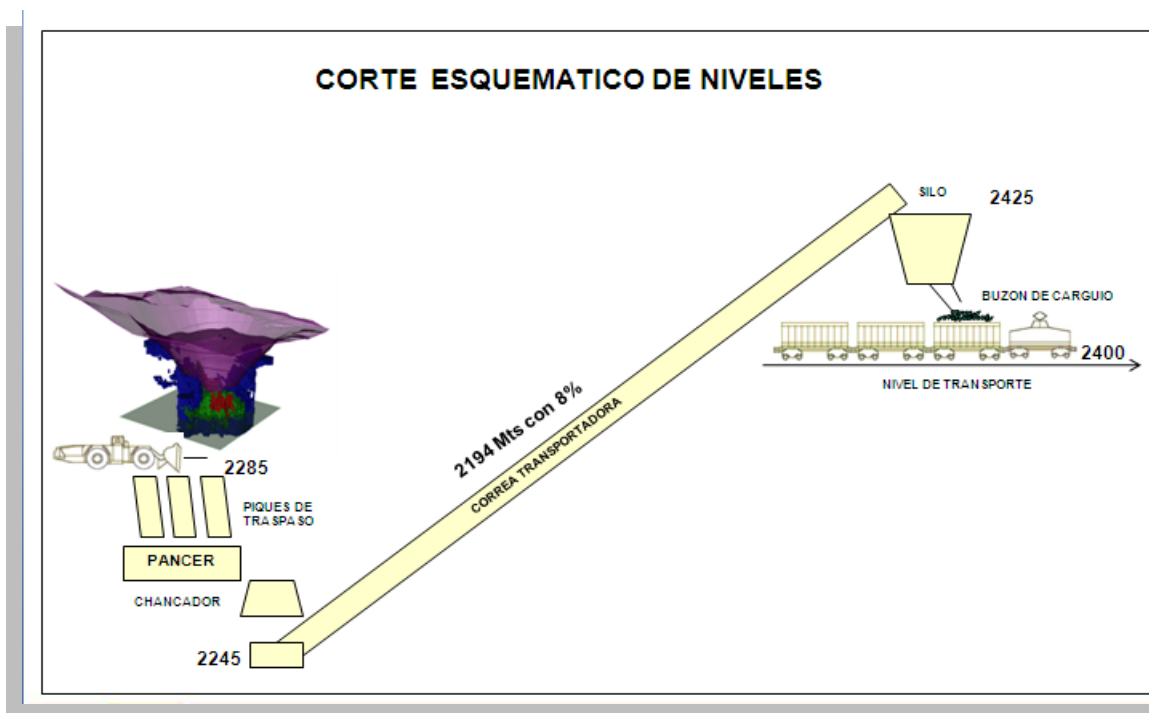
La idea es aprovechar la gran infraestructura que posee actualmente la mina subterránea, como es el sistema “PANCER”, chancador y toda la infraestructura a nivel de transporte de ferrocarril ya que cuando este proyecto este comenzando también lo hará el nuevo rajo, el cual tiene proyectado en sus fases finales estar bajo la cota actual de transporte, por lo que se perdería toda la actual infraestructura de la mina subterránea, este rajo estará situado en las mismas coordenadas de la mina subterránea y comienza con las operaciones de preestripping para el año 2018 y el término de la explotación de la mina subterránea está contemplado para fines del año 2021.

Aquí se presenta la infraestructura la cual se tiene que ir desarrollando a medida que avanza el proyecto. Una de las principales es la construcción del Silo de recepción del mineral y la construcción de las 2.200 metros de túneles para el transporte del mineral.

		PLAN ANUAL DESARROLLOS, HUNDIMIENTOS Y OBRAS CIVILES CAMPAMENTO ANTIGUO								
		2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024		
OBRAS MINERAS		-2	-1	0	1	2	3	4	5	TOTAL
Estaciones de Martillo	un.									1,0
Estaciones de chancado	un.		1,0							9,0
Estación de vaciado	un.		5,0	4,0						300
Marcos de Boca	un.			88	130	41	41			6.977
Piso Xc con rieles y concreto	m.			1.744	1.744	1.744	1.744			300
Piso Zanjas con rieles y concreto	un.			88	130	41	41			
Troyas	un.		1,0							

**Tabla N° 13 Construcción de Infraestructura.**

A continuación se muestra un cuadro esquemático, del proyecto campamento antiguo, por método subterráneo



**Figura N° 38 Corte Esquemático de Extracción de Mineral**

Como se aprecia en el esquema y a diferencia del método convencional, en donde tenemos en cotas superiores el nivel de Hundimiento, más abajo los niveles de Producción, Reducción (utilización de martillos estacionarios) y Transporte.

Este esquema varía de lo que se conoce normalmente, ya que se bien tenemos los niveles de Hundimiento, en el nivel de Producción se va a vaciar el mineral por piques hacia un nivel inferior en donde se encontrará una correa de arrastre, la cual abarcará todo el ancho del cuadro por su parte central, "Sistema Panzer" el cual transportará el mineral hacia un chancador y este a su vez lo transportará por una correa que recorrerá en pendiente positiva de 8% por 2194 mts cayendo el mineral hacia un Silo de almacenamiento de mineral, para luego vaciar en trenes, en el actual nivel de transporte de la mina subterránea, para finalmente llevarlo hacia superficie a las siguientes etapas.



## CAPITULO 6 EVALUACION ECONOMICA

Se presenta la evaluación económica de la explotación minera del sector Campamento Antiguo con un alcance de información, determinado por el nivel de ingeniería de perfil del proyecto.

La metodología de evaluación se divide en dos etapas, la primera donde se analizan los costos de operación e inversiones generadas por el proyecto minero; y la segunda en que se evalúa económicamente de acuerdo a parámetros comerciales ya determinados para el estudio.

En la tabla siguiente se detallan los montos a invertir para la preparación minera de los distintos niveles que conlleva el método de explotación, en estos costos se incluye la mano de obra y equipos para desarrollar esta infraestructura, pero no se incluye el costo de los materiales.

	DESARROLLO MINA SUBTERRÁNEA	UNIDADES	TOTAL
1.1	NIVELES DE PRODUCCION	US\$	33.795.596
1.2	SUBNIVELES DE VENTILACIÓN	US\$	3.422.667
1.3	SUBNIVELES DE REDUCCIÓN	US\$	1.008.191
1.4	NIVELES DE HUNDIMIENTO	US\$	5.168.634
1.5	PERFORACIÓN Y TRONADURA	US\$	3.878.041
1.6	OBRAS DE HUNDIMIENTO NIVELES DE HUNDIM.	US\$	4.861.329
	TOTAL COSTO EN PREPARACIÓN MINA	US\$	52.134.457

**Tabla N° 14 Costos de Desarrollo y Obras Mineras**

En esta etapa y como lo muestran las tablas siguientes, se muestran el costo de materiales que involucra construir cada uno de los ítemes

La primera tabla se asocia a la construcción de calles de producción y puntos de extracción, como por ejemplo:

Construcción de Calles de Producción: Fortificación definitiva, (lo que conlleva materiales como, pernos de fortificación ya sean estos splitset, grauting, malla 100-06, shocrette, pernos cables), Construcción de pisos (rieles hormigón).

Construcción de Puntos de Extracción: cuyos materiales van de los marcos de boca, rieles, hormigón, fierros, malla acma, entre otros.

**Costo Directo**

Labor	unidad	Total US\$
Calle o Xc	m.	2.448.186,0
Zanja	m.	7.980.267,8
CH piloto	m.	0,0
UCD	m.	175.047,6
Destace	m.	0,0
Perforación Hdto.	m2	0,0
Tronadura Hdto.	m2	0,0
		<b>10.603.501,4</b>

**Tabla N° 15 Costos de Materiales**

Dentro de los costos también tenemos lo que es la infraestructura de construcción de estaciones de vaciado, construcción de desarrollos de calles de ventilación y reducción, además de los materiales que involucra construir los 2200 mts de túneles en el nivel de transporte.

**Costo Infraestructura**

Labor	unidad	Total US\$
Est. Vaciado	un	407.370,9
Est. Martillo	un	0,0
Est. Chancador	un	233.534,4
Pique	m	532.963,8
CH Ventilación	m	0,0
Xc Reducción	m	237.026,3
Xc Ventilación	m	43.143,0
Sub. Observ	m.	0,0
Silo	m	0,0
Troya	un	0,0
Avance Portal	m	3.572.106,7
Colocación de vía	m	666.160,0
		<b>5.692.305</b>

**Tabla N° 16 Costo de Infraestructura Minera**

El costo total en materiales que involucra construir todo el cuadro de producción se resume en la siguiente tabla

<b>Costo Directo</b>	<b>US\$</b>	10.603.501,4
<b>Costo Infraestructura</b>	<b>US\$</b>	5.692.305
<b>COSTO TOTAL DE MATERIALES</b>	<b>US\$</b>	<b>16.295.807</b>

**Tabla N° 17 Costo Total de Materiales e Insumos**

Finalmente como inversión directa, es la compra de la correa que vamos a necesitar para transportar el mineral ya chancado por los 2200 mts. De túneles para depositarlo en el silo, para ello se calculo un recambio de correa en tres periodos cada uno de ellos en 18 meses.

Toda la demás infraestructura necesaria para la operación, como es chancador, panzer y otros, serán aportado por los sectores productivos que ya a esa fecha habrán dejado de aportar y estarán en proceso de desinstalación, siendo reinstalados para operar en este nuevo cuadro de explotación, por ende pasarán a ser un costo hundido para la División.

<b>Cinta transportadora</b>			<b>Costo Total por cambio</b>		
Longitud	2.194,00	m	1,5 años	4.550.936,72	US\$
Capacidad	700,00	t/h	3 años	9.101.873,43	US\$
Energía	376,00	kw/h	<b>4,5 años</b>	<b>13.652.810,15</b>	<b>US\$</b>
Inversión por metro de cinta	2.074,26	UD\$			
Inversión total	4.550.937	UD\$			

**Tabla N° 18 Costo de Inversión para el Transporte de Mineral**

Con los indicadores expuestos se construye el flujo de caja, la evaluación económica del sector Campamento Antiguo se realizó para un período de 07 años el cual se compone de 2 años de preparación, en lo que se refiere acceder al cuerpo, prepararlo e incorporar área para el primero de los 5 años de producción.

El detalle de la evaluación económica se muestra en la Tabla siguiente.

Año		-2	-1	0	1	2	3	4	5
Precio	US\$/lb				2,75	2,75	2,75	2,75	2,75
<b>Campamento Antiguo</b>									
Estado operacional	0 o 1				1	1	1	1	1
Producción	ton				1.450.000	3.595.000	3.600.000	2.153.000	413.000
Producción Ley	lbs				3.196.699.000	7.925.608.900	7.936.632.000	4.746.546.860	910.508.060
Producción Fino	lbs				0,605	0,633	0,585	0,648	0,668
Fino Rec y Tratado	lbs				19.340.029	50.169.104	46.429.297	30.757.624	6.082.194
					15.595.799	40.456.366	37.440.585	24.802.948	4.904.681
<b>Evaluación Proyecto</b>									
+ Ingresos	US\$				42.888.448	111.255.006	102.961.609	68.208.106	13.487.873
- COSTO MINA	US\$				11774000	29191400	29232000	17482360	3353560
- COSTO PLANTA	US\$				4678425	11599267,5	11615400	6946654,5	1332544,5
- Costo Producción	US\$				16.452.425	40.790.668	40.847.400	24.429.015	4.686.105
= Utilidad Operacional	US\$				26.436.023	70.464.338	62.114.209	43.779.092	8.801.769
- Intereses									
- Depreciación	US\$								
- Provisión Cierre	US\$								
- Pérdidas ejercicios anter	US\$								
+ Ganancia Capital	US\$								
= Utilidad AI	US\$				26.436.023	70.464.338	62.114.209	43.779.092	8.801.769
- Impuesto	US\$								
= Utilidad DI	US\$				26.436.023	70.464.338	62.114.209	43.779.092	8.801.769
+ Depreciación	US\$				0	0	0	0	0
+ Provisión Cierre	US\$				0	0	0	0	0
+ Pérdidas ejercicios anter	US\$				0	0	0	0	0
- Ganancia Capital	US\$								
- Inversión	US\$	20.853.783	19.866.570	21.496.151	12.208.753	12.208.753	4.550.937		0
DESARROLLO		20.853.783	10.426.891	10.426.891	5.213.446	5.213.446			
MATERIALES			4.888.742	6.518.323	2.444.371	2.444.371			
EQUIPOS			4.550.937	4.550.937	4.550.937	4.550.937	4.550.937		
- Capital de Trabajo	US\$								
+ Recup Capital de Trabajo	US\$								
+ Préstamo	US\$								
- Amortización	US\$								
- Costo Cierre	US\$								
+ Valor Residual									
= Flujo de Caja	US\$	-20.853.783	-19.866.570	4.939.872	58.255.585	49.905.456	39.228.155		8.801.769
VAN	US\$				81.668.823				
TIR	%				52%				

Tabla N° 19 Flujo de Caja

A continuación se presenta una tabla en donde se sensibilizan ciertos parámetros, los cuales nos indican, que sucede si cambia algunos de los parámetros, esto se realiza con el fin de colocar el proyecto en el escenario más favorable y mas adverso, algunos de estos parámetros relevantes son el precio, la recuperación metalúrgica.

Con esto se tiene una herramienta más, para tomar en cuenta, cuando se quiera tomar alguna decisión sobre el Proyecto en cuestión.

Fluctuación	Precio del Cu	Recuperación Met.	VAN (Precio del Cu)	VAN (Precio + Recup)	VAN (Precio/Recp)
115%	3,16	96,60	120.917.650	166.293.123	
110%	3,03	92,40	108.472.900	137.478.740	
105%	2,89	88,20	95.070.861	108.903.680	
100%	2,75	84,00	81.668.823	81.668.823	81.668.823
95%	2,61	79,80	68.266.784	55.774.170	55.774.170
90%	2,48	75,60	55.917.763	32.081.280	32.081.280
85%	2,34	71,40	42.419.996	8.819.171	8.819.171
80%	2,20	67,20	29.017.957	<b>-13.102.735</b>	<b>-13.102.735</b>

**Tabla N° 20 Análisis de Sensibilidad**

## **CAPITULO 7      CONCLUSIONES**

Como se ha demostrado, existe un recurso remanente en el cual existe la posibilidad de ser extraído, todo esto aprovechando la infraestructura del nivel de transporte, sumase a ello que el nuevo rajo que se emplazará sobre la actual mina subterránea, que en sus fases terminales va estar por debajo de la cota actual del nivel de transporte, entonces tenemos un costo hundido correspondiente a dicho nivel, el cual si no se profundiza el estudio, se perderá toda esta infraestructura.

Los desarrollos a ejecutar, para realizar el cuadro de explotación debiesen comenzar el último año de explotación de la fase 6, de campamento antiguo, esto para aprovechar el mismo rajo para la realización de túneles de acceso al cuerpo y accesar simultáneamente por la mina subterránea, para el desarrollo del túnel, el cual conecta el nivel de transporte con el cuerpo en cuestión, más la realización del Silo que es vital para el retiro del material cuando se esté en pleno desarrollo del cuerpo.

Se tiene un equipo capacitado, que conoce del Desarrollo y Explotación del Método, lo cual es otra ganancia que no está cuantificada en este estudio, lo cuál no sería para nada desconocido desarrollar y llevar a buen puerto este proyecto.

Como conclusión, la evaluación económica de la Alternativa arrojó en esta etapa, que el escenario evaluado es interesante para la explotación de este recurso remanente.

Como se evidencia los resultados económicos obtenidos en esta evaluación son positivos, lo anterior fuertemente influenciado por los precios actuales del cobre y la escasa inversión debido a que parte de la infraestructura requerida, va a quedar sin uso, producto del término de la explotación de la mina subterránea hacia el año 2021.

Si bien el tonelaje aportado por el cuerpo, no es de gran envergadura, si va a aportar a la línea de sulfuros una cantidad de tonelaje ya que en los últimos años la producción baja ostensiblemente, quedando capacidad ociosa en la planta de tratamiento, la cual va por esos años, estaría creciendo de las 35:000 ton diarias

actuales pasando a 70.000, 120.000 llegando a 140.000 ton diarias para recibir el mineral del Rajo, este mineral a extraer de Campamento sería un colchón, mientras que la planta alcanza su régimen de tratamiento.

Además de aportar a la baja de producción de los últimos años de la mina subterránea, de todas formas también podría apoyar a dar cumplimiento a los programas de producción, los cuales estarían en su fase terminal.

Si bien el ejercicio entregado por el Flujo de Caja, tiene un VAN positivo y una Tasa Interna de Retorno atractiva, hay que continuar estudiando dicho cuerpo, ya que de todas formas, para el tamaño de la División, son Flujos Positivos, que no se deben desechar.

Al evaluar dicho cuerpo según las orientaciones comerciales y realizando el análisis de sensibilidad, tendría que darse un escenario bastante adverso, para no tomar la decisión de continuar con el estudio.

Por lo tanto se recomienda profundizar el estudio, pasando a las siguientes etapas de evaluación como lo es la ingeniería, ya que las evaluaciones económicas así lo demuestran, por lo que estaríamos frente a uno de los objetivos de la corporación, que es dar valor al negocio.

## **CAPITULO 8      REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

### **REFERENCIAS**

Plan Exploratorio-Plan de Negocio con Desarrollo 2006

Análisis De Factibilidad Cuerpos Satélites Mina El Salvador” GRMD División Salvador, Mayo 2005

“Análisis De Perfil Para La Explotación De Recursos Remanentes División Salvador, Post Cierre” Metálica, Diciembre 2005.

“Aspectos Ambientales PND 2006” Golder Asociados, Septiembre 2005.

“Generación Base de Datos de Costos de Operación – División Salvador”, Metalica, Mayo 2005.

Software de Planificación Minera Gemcom versión 6.0.

Curso “Planificación y Diseño minero”, Diplomado GMM, U. de Chile, Junio 2006.

Curso “Planificación de Procesos”, Diplomado GMM, U. de Chile, Noviembre 2006.

Plan de Negocio 2012 de la División (PND 2012 DSAL)