



**UNIVERSIDAD NACIONAL
"SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"**



**FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS, GEOLOGÍA Y
METALURGIA**

PROGRAMA DE TITULACION PROFESIONAL

**"REDUCCION DE COSTOS DE VOLADURA PARA LA
OPTIMIZACION DE LA GRANULOMETRIA EN EL NIVEL 730 –
BY PASS 02 – ACCESO 03 DE LA U.E.A. SAN CRISTOBAL,
VOLCAN COMPAÑÍA MINERA S.A.A. – AÑO 2013"**

Monografía para optar el Título de Ingeniero de Minas

Elaborado por:

BACH. ORTIZ VELASQUEZ John Antonio

HUARAZ – PERU

2014

DEDICATORIA

*A MIS PADRES, HERMANA,
SOBRINOS Y FAMILIA*

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a Dios por estar conmigo en cada paso que doy, agradecer a mi familia quienes me apoyan en lograr mis metas y objetivos. A mi entorno laboral por aportar conocimientos importantes en concluir este trabajo monográfico.

SUMARIO

PORTADA.....	I
DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
SUMARIO.....	IV-VI
PROLOGO.....	VII-VIII
INTRODUCCION.....	IX-X

CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

1.1. PROBLEMA DE INVESTIGACION.....	11-12
1.2. DELIMITACION.....	12-13
1.3. OBJETIVOS.....	13-14
1.4. JUSTIFICACION E IMPORTANCIA.....	14
1.5. HIPOTESIS.....	14-15
1.6. IDENTIFICACION Y CLASIFICACION DE VARIABLES.....	15
1.7. DISEÑO DE ESTUDIO.....	15-16
1.8. POBLACION Y MUESTRA.....	16-17
1.9. TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS.....	17

CAPITULO II: MARCO TEORICO.

2.1. UBICACIÓN Y ACCESO.....	19
2.2. CLIMA.....	20

2.3. FLORA Y FAUNA.....	20
2.4. METEOROLOGIA.....	20
2.5. GEOLOGIA.....	20-27
2.6. DESCRIPCION DE LA MINA.....	27
2.7. OPERACIONES UNITARIAS DE MINADO.....	28-36
2.8. DESARROLLO DE OPERACIONES MINA.....	36-37
2.9. LABORES DE DESARROLLO Y PREPARACION.....	37-38
2.10. METODO DE EXPLOTACION.....	38
2.11. PROGRAMA DE DESARROLLO Y EXPLOTACION.....	38-39
2.12. INSTALACIONES DE MANEJO DE RESIDUOS	39-40
2.13. POLITICA DE SEGURIDAD, SALUD OCUPACIONAL, MEDIO AMBIENTE Y CALIDAD.....	40-41

CAPITULO III: METODOLOGIA DE ESTUDIO.

3.1. IDENTIFICACION DE LOS PRINCIPALES PROBLEMAS EN LA VOLADURA Y SUS CONSECUENCIAS.....	43
3.2. PROBLEMAS DETECTADOS EN LA PERFORACION Y VOLADURA.....	43-45
3.3. PROBLEMA EN ESTUDIO.....	46
3.4. DEFINICION DE TERMINOS.....	46-48

CAPITULO IV: ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS.

4.1. PARAMETROS Y EFICIENCIAS EN PERFORACION Y VOLADURA: REAL Y PROGRAMADO.....	50-53
4.2. APLICACIÓN DE LA PARTE INGENIERIL AL PROBLEMA EN ESTUDIO.....	53-58
4.3. DIFERENCIA DE COSTOS DE VOLADURA: REAL Y PRESUPUESTADO.....	58
4.4. RESULTADOS.....	59

CONCLUSIONES.

RECOMENDACIONES.

BIBLIOGRAFIA.

ANEXOS.

PROLOGO

El presente trabajo de investigación monográfico lleva por tema: “REDUCCION DE COSTOS DE VOLADURA PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA GRANULOMETRÍA EN EL NIVEL 730 – BY PASS 02 – ACCESO 03 DE LA U.E.A. SAN CRISTÓBAL, VOLCAN COMPAÑÍA MINERA S.A.A. – AÑO 2013”. El objetivo general que deseo lograr en el presente trabajo monográfico es la optimización de la granulometría en el Nivel 730 – By pass 02 – Acceso 03 de la mina San Cristóbal, Unidad Yauli, Volcan Compañía Minera S.A.A.

Los objetivos específicos que pretendo lograr en mi razón - motivo de estudio, son: Determinar la optimización de la granulometría en el Nivel 730 – By pass 02 – Acceso 03, motivo de estudio. Reducir los costos de voladura minimizando el daño al macizo rocoso. Evitar la sobre rotura (*over break*) de los hastiales de la labor producto del frente disparado.

La principal desventaja que tuve para elaborar este trabajo monográfico fue la falta de apoyo por parte de trabajadores de la compañía Volcan, por ser muy

rigurosos y minuciosos en el tipo de información que brindan a trabajadores contratistas como fue mi caso, en cambio; la ventaja que obtuve fue la disposición para estar en contacto con las labores de desarrollo y labores de preparación. Con el fin de aprender lo relacionado a la Perforación y Voladura en la mina San Cristóbal.

Después de todo lo expuesto, quiero agradecer a Volcan compañía minera S.A.A. por brindarme la oportunidad de desarrollarme profesionalmente en mi entorno laboral y realizarme cada día como mejor persona. Finalmente, el agradecimiento eterno a mis padres por su continuo apoyo anímico, moral y económico que me han brindado siempre.

El Titulado

INTRODUCCION

El proceso de desarrollo de este trabajo monográfico obtuvo en principio un diagnóstico de la situación actual de las operaciones unitarias de minado en la mina San Cristóbal y su respectiva repercusión en los costos operativos de Volcan compañía minera S.A.A., proseguido esto por la aplicación de factores de éxito en la perforación y voladura que permitieron establecer propuestas de mejoras de los estándares de minado e implementación de los mismos mediante el control operativo de las operaciones en mina y por ende la disminución de los costos operativos de la empresa.

Considerando la importancia de la formación científica y tecnológica como ingeniero de minas, el motivo que conllevó a la elección del tema fue el de proponer métodos para reducir los costos de carguío en la voladura. Este trabajo de investigación se ha sido dividido en cuatro capítulos y para su mejor entendimiento, a continuación se procederá a describir cada uno de los capítulos ya mencionados:

CAPITULO I: “PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA”. Se describe el problema de investigación, delimitación, los objetivos, la justificación e importancia, la hipótesis, la identificación y clasificación de variables, el diseño de estudio, la población y muestra y las técnicas e instrumentos de recolección de datos.

CAPITULO II: “GENERALIDADES”. En este capítulo se describen la ubicación y el acceso, el clima, la flora y fauna, la meteorología, la geología, la descripción de la mina, las operaciones unitarias de minado, labores de desarrollo y preparación, el método de explotación, el programa de desarrollo y explotación, las instalaciones de manejo de residuos y la política de seguridad, salud ocupacional, medio ambiente y calidad.

CAPITULO III: “METODOLOGIA DE ESTUDIO”. Se describe la identificación de los principales problemas en la voladura y sus consecuencias, los problemas detectados en la perforación y voladura, el problema en estudio y la definición de términos.

CAPITULO IV: “ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS”. En este capítulo se describe los parámetros y eficiencias en perforación y voladura: real y programado, la aplicación de la parte ingenieril al problema en estudio, la diferencia de costos de voladura: real y programado y por último; los resultados.

El presente informe me ha permitido en lo personal desarrollarme como profesional y afrontar los retos y/o obstáculos existentes en el mundo minero.

El Titulado

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. PROBLEMA DE INVESTIGACION:

1.1.1. DESCRIPCION DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA:

Ante la crisis económica que afecta a las empresas mineras a nivel nacional debido a la baja de los precios de los metales, Volcan Compañía Minera S.A.A. – Unidad Yauli – U.E.A. San Cristóbal; se ve en la necesidad de “*Reducir los costos de producción*” tanto en Planta como en Mina. El departamento de Perforación y Voladura se encuentra en la obligación de reducir sus costos en el consumo de explosivos sin alterar o afectar la granulometría de la roca en la voladura.

Como se mencionó anteriormente, una variable muy importante que no puede ser controlado por las empresas mineras es el precio de los metales, es por ello que actualmente todas las minas del mundo realizan

1.2.1.DELIMITACION ESPACIAL:

Este trabajo de investigación monográfico de ingeniería se realizó en la mina San Cristóbal – Unidad Yauli, Volcan Compañía Minera S.A.A. provincia y distrito de Yauli, departamento de Junín. Se desarrolla sobre los 3,900 a 5,200 m.s.n.m. y se encuentra en las siguientes coordenadas UTM:

- Norte: 8'704,549.81
- Este: 381,994.10

1.2.2.DELIMITACION TEMPORAL:

El periodo en el cual se realizó esta investigación monográfica comprende los meses de Marzo a Diciembre del año 2013.

1.2.3.DELIMITACION SOCIAL:

El presente trabajo de investigación monográfico de ingeniería se encuentra dirigido a estudiantes de las Escuelas Profesionales de Minas del Perú, Ingenieros de Minas, Capataces, Supervisores, Jefes de Guardia, etc. Así como también, a trabajadores de las diferentes minas del Perú.

1.3. OBJETIVOS:

1.3.1.OBJETIVO GENERAL:

- ❖ Reducir el consumo de explosivos en el Nivel 730 – By pass 02 – Acceso 03 de la mina San Cristóbal, Unidad Yauli, Volcan Compañía Minera S.A.A.

1.3.2.OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- Determinar la optimización de la granulometría en el Nivel 730 – By pass 02 – Acceso 03, motivo de estudio.

- Reducir los costos de voladura minimizando el daño al macizo rocoso.
- Evitar la sobre rotura (*over break*) de los hastiales de la labor producto del frente disparado.

1.4. JUSTIFICACION E IMPORTANCIA:

1.4.1. JUSTIFICACION:

Reducir los costos de producción hoy en día es una etapa importante de la minería, sobre todo en el consumo de los explosivos que se requieren para efectuar la voladura de rocas. El sustento del trabajo de investigación pretende contribuir a reducir los costos de voladura para la optimización de la granulometría en el nivel 730 – by pass 02 – acceso 03 de la U.E.A. San Cristóbal, Volcan compañía minera S.A.A. – año 2013

1.4.2. IMPORTANCIA:

El presente trabajo de investigación monográfico da a conocer la factibilidad de la reducción de los costos operativos en la mina San Cristóbal, aplicando para ello estándares de trabajo en las principales operaciones unitarias que son la perforación y voladura, asegurando de esta manera el éxito de todo el ciclo de minado. Éxito que se logra con un sistema de control y medición exhaustiva de las operaciones con la finalidad de determinar los parámetros de Perforación y Voladura en el Nivel 730 motivo de estudio.

1.5. HIPOTESIS:

1.5.1. HIPOTESIS GENERAL:

- ❖ La reducción del consumo de explosivos en el Nivel 730 – By pass

02 – Acceso 03 de la mina San Cristóbal producirá la reducción de costos de voladura para la optimización de la granulometría en el nivel 730 – by pass 02 – acceso 03 de la U.E.A. San Cristóbal, Volcan compañía minera S.A.A. durante del periodo Marzo – Diciembre del año 2013.

1.5.2. HIPOTESIS ESPECIFICA:

- ❖ Obtendremos la optimización de la granulometría en el Nivel 730 – By pass 02 – Acceso 03, motivo de estudio.
- ❖ Reduiremos los costos de voladura minimizando el daño al macizo rocoso.
- ❖ Evitaremos la sobre rotura (*over break*) de los hastiales de la labor producto del frente disparado.

1.6. IDENTIFICACION Y CLASIFICACION DE VARIABLES:

1.6.1. VARIABLE INDEPENDIENTE:

- Reducción de costos en el consumo de explosivos.

1.6.2. VARIABLE DEPENDIENTE:

La optimización de la granulometría en el nivel 730 – by pass 02 – acceso 03 de la U.E.A. San Cristóbal, Volcan compañía minera S.A.A. durante del periodo Marzo – Diciembre del año 2013.

1.7. DISEÑO DE ESTUDIO:

1.7.1. TIPO:

El tipo de estudio que realice en el presente trabajo de investigación monográfico de ingeniería es de una estrategia experimental, de **Causa – Efecto**, donde la causa es la reducción de costos en el consumo de explosivos y su efecto será los resultados que se obtienen después de la

voladura, si es o no aceptable el carguío de voladura.

1.7.2. NIVEL:

Es experimental descriptiva por que las pruebas de carguío en la voladura se realizaron constantemente en el Nivel 730 – By pass 02 – Acceso 03 hasta llegar a un resultado favorable en el empleo de los explosivos en la mina San Cristóbal durante los meses de Marzo – Diciembre del año 2013.

1.7.3. METODO:

El método de investigación que se utiliza en el presente trabajo de investigación es:

- **Método general:** Análisis y comparación.
- **Método específico:** Observación y medición.

1.8. POBLACION Y MUESTRA:

1.8.1. POBLACION:

La población está compuesta por todos los proyectos de voladura que se han realizado hasta el momento en el Nivel 730 de la mina San Cristóbal durante los meses Marzo – Diciembre del año 2013.

1.8.2. MUESTRA:

El tamaño de la muestra será no Probabilística, a lo que se refiere es que las muestras serán basándose en juicio o criterio, por ser una investigación experimental, sin recurrir al azar, que serán diferenciadas de la siguiente manera:

- El número de muestras será igual a 1; en caso de que la reducción en el consumo de explosivos conserve un óptimo resultado en la granulometría de la roca.

- Por otro caso, será igual al número de días trabajados por semana por guardia.

1.9. TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS:

1.9.1. TECNICAS:

Las técnicas de investigación se determinan mediante el consumo de explosivos que se está empleando en el Nivel 730 – By pass 02 – Acceso 03; y la información granulométrica de la roca en la voladura de la mina San Cristóbal.

1.9.2. INSTRUMENTOS:

Los instrumentos para evaluar y determinar la simulación de voladura mediante el uso de la dinamita como explosivo es mediante el Software 3x3WIN.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

Los primeros trabajos de exploración de la mina San Cristóbal fueron realizados por Cerro de Pasco Corporation durante los años 1928 y 1930, estos trabajos exploratorios fueron realizados en concesiones arrendadas; los resultados un tanto desalentadores acompañados por los bajos precios del Pb y Zinc en el mercado internacional, determinaron la postergación de la exploración y desarrollo hasta el año 1936; a partir de este año hasta 1938, en base a las reservas anteriormente cubicadas, se construyó la primera planta concentradora de Mahr Túnel, se instaló el cable carril de 12 km que une Mahr Túnel y San Cristóbal, y por último se inició la producción sistemática a fines de 1938.

Una posterior fluctuación de los precios de los metales causó una paralización en 1949 hasta 1952; desde entonces ininterrumpidamente se explota minerales de cobre, plomo, zinc y plata. En octubre de 1997 Volcan Compañía Minera S.A.A.

adquiere la propiedad de la mina y empieza a enviar mineral a la planta Victoria.

2.1. UBICACIÓN Y ACCESO:

El área de producción de la mina San Cristóbal (*juntamente con los Andaychagua y Carahuacra*) pertenece a la U.E.A. Yauli, políticamente están ubicados en la provincia y distrito de Yauli, departamento de Junín. Se desarrolla sobre los 3900 a 5200 m.s.n.m.

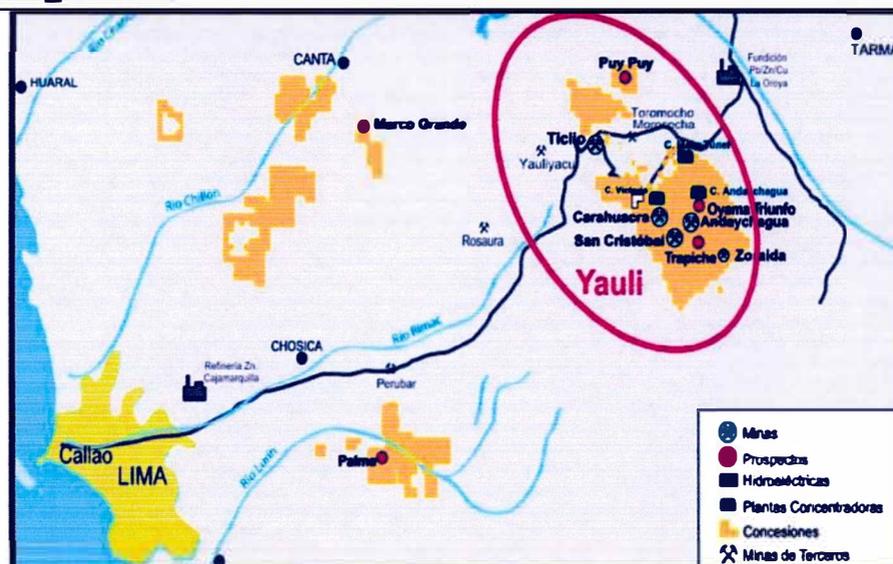
Cuadro N° 01: “Ubicación de las Operaciones”

Ubicación	Coordenadas UTM		Altitud promedio (m.s.n.m.)	Zona geográfica
	Norte	Este		
Pto. central de las opera. Mineras	8'704,549.81	381,994.10	4800	Zona 18 L

Fuente: Volcan Compañía Minera S.A.A.

El acceso desde Lima es a través de la carretera central a una distancia de 130 km vía terrestre, llegándose hasta el desvío de Yauli; mediante carretera asfaltada (*paraje Calera Cut-off*) de donde por carretera afirmada y pasando por la localidad de Pachachaca, parte de un ramal atravesando los campamentos Mahr Tunel, Yauli y Carahuacra llegando hasta la Unidad de Producción San Cristóbal.

Imagen N° 01: “Ubicación de la mina San Cristóbal – Unidad Yauli”



Fuente: Volcan Compañía Minera S.A.A.

2.2. CLIMA:

En esta zona es frío y seco ya que se encuentra dentro de la región geográfica denominada Puna, la estación lluviosa es entre los meses de noviembre a marzo con precipitaciones sólidas como nevadas y granizadas, las temperaturas varían entre 15°C y 0°C; entre el día y la noche. La estación seca se da entre los meses de abril y octubre, es la etapa del año que soporta las menores temperaturas llegando hasta bajo 0°C durante las primeras horas del día.

2.3. FLORA Y FAUNA:

Está constituida principalmente por pastos naturales, estas gramíneas son utilizadas en el pastoreo de camélidos, ganado ovino y en menor cantidad ganado vacuno. Entre las especies más apreciadas por su mayor dominancia se tiene las agrupadas en los géneros: Festuca, Calamagrostis, Stipa ichu, Poa; entre otras. La fauna de la zona está constituida principalmente por camélidos americanos como la alpaca y la llama, ganado ovino y ganado vacuno en menor proporción.

2.4. METEOROLOGIA:

En base a la relación altitud – temperatura y la matriz de variabilidad elaborada con los registros de la estación Pachachaca, se estima una temperatura media anual de 2.9°C para la microcuenca Ayamachay y 3.8°C para la microcuenca Yauli. De acuerdo a los registros de la estación marcapomacocha, la humedad relativa media anual es de 81.2%, siendo el mes de abril en donde se presentan los mayores valores con una media máxima de 93.0%.

2.5. GEOLOGIA:

En cualquier operación minera, la comprensión de la geología del yacimiento y las rocas de desechos es fundamental para que la estimación de recursos, la ingeniería geotécnica, la planificación minera y de procesamiento de minerales sean exitosas. Una mejor interpretación geológica en la escala de la mina mejora el control de ley, la planificación de la mina y la rentabilidad.

El enfoque de la geología en el entorno de la mina se basa en abordar los temas relevantes que afectan a todo el ciclo minero desde la estimación de recursos hasta el cierre de minas, sus operaciones se benefician al asegurar que un sólido modelo geológico sustenta el proceso minero.

“Geología es la ciencia que estudia la tierra como planeta, su composición y su estructura, su historia, la vida orgánica pasada (...)”¹.

2.5.1. GEOLOGIA REGIONAL:

La mina San Cristóbal está localizada dentro de una amplia estructura regional de naturaleza domática que abarca casi íntegramente los distritos de Morococha, San Cristóbal y Andaychagua, esta estructura inicialmente fue denominada “Complejo Domal de Yauli” (J.V. Harrison en 1943) y ahora se le denomina “Domo de Yauli”. El domo de Yauli está constituido por varias unidades litológicas cuyas edades van desde el Paleozoico Inferior hasta el Cretáceo Inferior arregladas en una serie de anticlinales y sinclinales de ejes aproximadamente paralelos.

El depósito mineral de Andaychagua se localiza en el llamado

¹ RODRIGUEZ SANCHEZ Augusto y VALDEZ ROZAS, Gustavo... COMPENDIO DE GEOLOGIA GENERAL, Universidad Nacional de Ingeniería, Segunda Edición, Lima, 2004, Capítulo I, p.15

“*Anticlinal de Chumpe*”, cuyo eje se alinea en dirección N45°W, mostrando doble hundida hacia el NW y hacia el SE. En el área de San Cristóbal se conocen las siguientes unidades litológicas:

- Silúrico – Devónico (*Grupo Excelsior*).
- Pérmico (*Grupo Mitu*).
- Jurásico (*Grupo Pucara*).
- Cretácico Inferior (*Grupo Goyllarisquizga*).
- Cretácico Superior (*Grupo Machay*).

2.5.2. GEOLOGIA LOCAL:

Según Abraham Naupari Alvarez dice:

“Es describir la geología del área mineralizada dentro del cual se encuentra al yacimiento (...) ubicándolo dentro del plano geológico regional”².

La U.M. San Cristóbal presenta la siguiente secuencia estratigráfica local, que va desde las formaciones más antiguas a las más recientes: Grupo Excelsior, Grupo Mitu, Grupo Pucará, Grupo Goyllar, Grupo Machay, Formación Jumasha y Formación Casapalca. Por las características estructurales del yacimiento (*fracturamiento*) y como los frentes de trabajo se ubican entre las cotas 4400 y 4800 msnm se tienen muchas filtraciones provenientes del nivel freático que se encuentra aproximadamente en la cota 4700 m.s.n.m.

Las filtraciones atraviesan las rocas alteradas del yacimiento, constituyendo el medio de lixiviación para la generación de drenaje ácido de roca (DAR); existe la presencia de sulfuros diseminados en las

² NAUPARI ALVAREZ, AbrahamOp.Cit. p.22

rocas volcánicas. El flujo continuo de filtraciones lixivia los minerales y los incorpora a los efluentes de agua de mina que son conducidos hacia el río Ayamachay (*Carahuacra*) primero y luego al río Yauli.

2.5.2.1. ESTRATIGRAFIA:

“Estudia las unidades formacionales y su secuencia de depositación, así como su composición litológica y fosilífera y correlaciones que se puedan establecer entre ellas”³.

Regionalmente, el área de Carahuacra – San Cristóbal se encuentra en la parte sur – occidental del domo de San Cristóbal – Morococha constituido por el grupo Excélsior que consiste en un conjunto de rocas metamórficas (*filitas*) de color gris a negro, finamente estratificadas con lentes de cuarzo. Sobre el grupo Pucara yacen concordantemente rocas sedimentarias del cretácico, en la base con una serie clástica de limolitas y areniscas cuarzosas de color blanquecino amarillento del grupo Goyllarisquizga.

En la zona alta de la cordillera occidental aflora en discordancia sobre la formación Casapalca una gruesa secuencia de rocas volcánico-sedimentarias-piroclásticas denominada grupo.

2.5.2.2. HIDROBIOLOGIA:

Los análisis de fitoplancton nos presentan una casi nula biodiversidad en la quebrada Ayamachay, mientras que en el río Yauli se presenta una biodiversidad de una media 1bit/ind.

³ RODRIGUEZ SANCHEZ Augusto y VALDEZ ROZAS, Gustavo**Op.Cit** p.16

Los resultados de zooplancton registraron la presencia de solo una especie en toda el área de influencia. El análisis de macro invertebrados también presentó una baja biodiversidad siendo nuevamente casi nula en la quebrada Ayamachay.

2.5.3. GEOLOGIA ESTRUCTURAL:

Según Marland P. Billings:

“El geólogo estructural se ocupa de tres problemas principales ¿cuál es la estructura?, ¿cuándo se desarrolló?, ¿bajo qué condiciones físicas se formó? 4”.

Estructuralmente el área se ubica en el sector oriental de la divisoria continental, el cual se caracteriza por presentar rocas cretácicas plegadas orientadas en sentido NO – SE y cubiertas discordantemente por rocas volcánicas del Terciario y por la formación Casapalca. Los pliegues siguen la dirección andina (*NO – SE*), son apretados en Chevron con fallas inversas producto de una fuerte tectónica compresiva.

2.5.4. GEOLOGIA ECONOMICA:

La complejidad geológica del distrito ha dado lugar a la formación de una variedad de depósitos minerales que se extienden ampliamente en las rocas calizas y filipitas. Después de la última etapa del plegamiento “*Quechua*” y la formación de las fracturas de tensión, vino el periodo de mineralización; soluciones residuales mineralizantes originadas probablemente de los stocks de monzonita cuarcífera, invadieron el área dando lugar a la formación de vetas, mantos y cuerpos.

⁴ P. BILLINGS, MarlandGEOLOGIA ESTRUCTURAL, Edit Eudeba, Impreso en Argentina, Cuarta Edición, 1974, p. 2

Sin embargo, es necesario aclarar que en los últimos años se trata de explicar el origen de los mantos como exhalativo – sedimentario (*mineralización Jurásica*), que se emplazaría en forma conjunta a la deposición de las calizas, mediante el aporte de mineral a partir de grifones; y el de los cuerpos como un sistema mixto entre ambos (*mineralización Jurásica – Terciaria*).

2.5.4.1. VETAS:

“Es una fractura de la corteza terrestre que aloja sustancias minerales metálicas y ganga, como consecuencia de la precipitación de las soluciones hidrotermales ⁵”.

Las vetas o filones fueron formados principalmente por relleno de fracturas, siendo mejor mineralizadas aquellas que se formaron a lo largo de fracturas de tensión; las falla de cizalla por contener mucho panizo no fueron bien mineralizadas o pobremente mineralizadas. Se encuentran localizadas en todo el distrito minero, con su mayor desarrollo en los volcánicos del grupo Mitu.

2.5.4.2. MANTOS:

“Son yacimientos de forma tabular más o menos horizontales, que se han formado entre dos capas, es decir que son depósitos minerales interstratificados ⁶”.

Los mantos se encuentran localizados en el flanco oeste del anticlinal, en las calizas Pucara; a partir del contacto con los

⁵ LLANQUE MAQUERA, Oscar... EXPLOTACION SUBTERRANEA, método y casos prácticos, puno 1999, Perú offset editores, p. 17

⁶ ***Ibíd.*** p. 19

volcánicos Mitu, se ubican concordantemente con la estatificación.

2.5.4.3. CUERPOS:

“Son conocidos como ore bodies, son depósitos irregulares, es decir que no tienen forma ni tamaño definidos (...) son derivados por reemplazamiento de sulfuros económicos. Las bolsondas como también se les llama, cuerpos, pueden estar aislados o constituir un rosario varios depósitos de forma y de dimensiones diversas”⁷.

Al igual que los mantos se encuentran localizados en el flanco oeste del anticlinal, en las calizas Pucara, y se forman por la unión de varios mantos o en la intersección de una veta con algún manto. Los minerales económicos que se explotan en la mina San Cristóbal son: Galena, Esfalerita, Tetraedrita y Calcopirita en menor cantidad y como ganga están representados por: Cuarzo, Pirita y Calcita. Los minerales económicos los encontramos en las vetas, mantos y cuerpos.

2.5.5. ESTIMACION DE RESERVAS:

“La Ley General de Minería del Perú de 1992” define como Reservas de Mineral de una mina a la suma de mineral probado y probable existente en ella, que sea económicamente explotable⁸.

Las reservas estimadas para la mina San Cristóbal se mantuvieron en el mismo orden que el año anterior debido a la persistencia de la mineralización en las estructuras principales: Veta 722, 658, Split 658 y para este año se incluye la Veta ramal 722, Veta Ferramina y Siberia.

⁷ **Ídem**

⁸ Respecto a este punto [Cfr]: <http://cies.org.pe/files/active/0/pbc0310.pdf>

Luego de aplicar los factores de minado dan como resultado un estimado de tonelaje y leyes que pueden ser la base de programas y proyectos de viabilidad económica (*luego de tomar en cuenta los factores de procesamiento, metalúrgicos, económicos, de mercado, legales, ambientales, sociales y gubernamentales*).

Cuadro N° 02: “Sumario Variación de Reservas”

CATEGORÍAS	TMS
Reservas de mineral al 31-12-10	15'532,900
Reservas estimadas por exploración y desarrollo en 2,011	899,810
Mineral roto de reservas durante el año 2,011	-1'561,567
Reservas reestimadas y reclasificadas	1'232,857
Reservas de Mineral al 31-12-11	16'104,000

Fuente: Jefatura de Geología – Mina San Cristóbal

2.6. DESCRIPCION DE LA MINA:

La mina San Cristóbal es una mina subterránea y está dividida en 3 zonas, la cual describiremos a continuación:

- **Zona I:** Comprende los niveles 500, 580, 630, 680, 730 (*Lidia y Diana*), 780 y 820; en esta zona la explotación es sobre vetas y se utilizan los Scoop-tram eléctricos, diesel y los Jumbos electro hidráulicos
- **Zona II:** Comprende los Niveles 870, 920, 970, 1020 y 1070, la explotación es sobre vetas de mayor potencia y permite mecanizar el minado, en esta zona se utilizan los Scoop-tram eléctricos y diesel, los Dumpers y los Jumbos electro hidráulicos.
- **Zona Profundización:** Comprende el nivel 1210, la explotación se hace sobre vetas y cuerpos y los ciclos de minado son mecanizados con Scoop-tram, Track Drill y Jumbos Electro hidráulicos.

2.7. OPERACIONES UNITARIAS DE MINADO:

2.7.1. PERFORACION:

Según en manual de Exsa

“(...) tiene gran importancia la resistencia al corte o dureza de la roca (que influye en la facilidad y velocidad de penetración) y la abrasividad, este último influye en el desgaste de la broca y por ende en el diámetro final de los taladros cuando este se adelgace (brocas chupadas) ⁹.”

Para la perforación de taladros en avances y tájeos se emplean Jumbos electro hidráulicos marca tamrock de un brazo con motor diesel para su desplazamiento y un jumbo hidráulico marca Atlas Copco (*BOOMER SID*); Para los jumbos atlas se emplean barras de 14’ y de 12’ y brocas de 41 mm y 45 mm de diámetro respectivamente.

Imagen № 02: “Equipo de Perforación Jumbo SID”



Fuente: Atlas Copco Perú – Área de Mantenimiento

La perforación en la mina San Cristóbal se realiza con equipos Jumbos electrohidráulicos con longitud de barra de 12 y 14 pies de uno o dos brazos, a su vez vienen equipados con vigas frontoneros o retráctil para

⁹ Exsa.....MANUAL PRACTICO DE VOLADURA,p.73

labores de profundización y taladros de producción.

“El objetivo de la perforación de una operación minera es hacer taladros cilíndricos para cargar mezclas explosivas y detonantes para fragmentar la roca¹⁰”.

También se cuenta con equipos de perforación con taladros largos como son los simbas S7D y 1254; los cuales pueden realizar cortes en vertical y diagonal con una longitud de 50 pies. Las perforaciones referente a sostenimiento se realiza con equipos Boltec 235H con una longitud de perforación de 7 pies, se emplean en Hydrabolt, Pernos de anclaje o cementados, etc.

Cuadro N° 03: “Especificaciones Técnicas”

Datos del Equipo	Jumbo Atlas Copco Boomer S1D	Simba S7D
* Martillo	COP 1638 HD	COP 1838 ME
* Presión de percusión	200 Bares	200 Bares
* Presión de avance	40 – 90 Bares	30 – 50 Bares
* Presión de Rotación	40 – 50 Bares	40 – 50 Bares
* Presión de agua	6 – 14 Bares	6 – 14 Bares
* R.P.M.	180	180
* Diámetro de broca	2 ½”	3 ½”
* Energía eléctrica	440 voltios	440 voltios
* Vida del equipo	19,000 horas	19,000 horas
* Vida de la broca	650 metros	425 metros
* Vida de la barra	2,410 metros (12’)	1,830 metros (5’)
* Vida de la copla	3,910.00 metros	3,051.00 metros
* Vida del Shark Adapter	4,850 metros	4,100 metros

Fuente: Atlas Copco Perú

2.7.2. VOLADURA:

Es la segunda operación de fragmentar la roca producto de los explosivos empleados, que deben ser debidamente cargados, con un

¹⁰ AGREDA, CarlosOPERACIONES MINERAS UNITARIAS DE PERFORACION Y VOLADURA DE ROCAS, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Junio, 1996, p.16

buen confinamiento.

“(...) las presiones generadas por explosivos confinados dentro de taladros perforados en la roca, originan una zona de alta concentración de energía que produce dos efectos dinámicos: fragmentación y desplazamiento¹¹.

La voladura en la mina San Cristóbal se realiza utilizando la dinamita como explosivo en sus distintas variedades, la distribución de la dinamita en el carguío de los taladros se da de la siguiente manera:

- Dinamita Semexsa 65% (1 ½" x 12")
- Dinamita Semexsa 60% (7/8" x 7")

Imagen N° 03: “Carguío de los taladros en la voladura”



Fuente: El autor

2.7.2.1. DINAMITA:

La dinamita es un explosivo compuesto por nitroglicerina y dióxido de silicio, es una mezcla grisácea y aceitosa al tacto;

¹¹ Exsa...Op.Cit p.147

considerada un explosivo potente (*comparado con la pólvora, el fulminato de mercurio y otros explosivos débiles*).

Imagen Nº 04: “Semexsa 65% - Semexsa 60%”



Fuente: El autor

Por su alta estabilidad, la dinamita reemplazo rápidamente a la nitroglicerina en aplicaciones como las demoliciones y la minería, y como relleno explosivo en los proyectiles de artillería y cargas de demolición militar. Sus principales características son:

Cuadro Nº 04: “Semexsa 65% vs Semexsa 60%”

ESPECIFICACIONES TECNICAS	Semexsa 65%	Semexsa 60%
Densidad (g/cm ³)	1.12 ± 3%	1.08 ± 3%
Vel. de detonación (m/s)	4200	3800
Presión de detonación (Kbar)	70	60
Energía (Kcal/kg)	950	900
Vol. normal de gases (l/kg)	932	939
Potencia Relativa por peso (Anfo = 100) (%)	104	99
Potencia relativa por volumen (Anfo = 100) (%)	144	132
Resistencia al agua (hora)	3	2
Vida útil (meses)	18	18

Fuente: Exsa explosivos

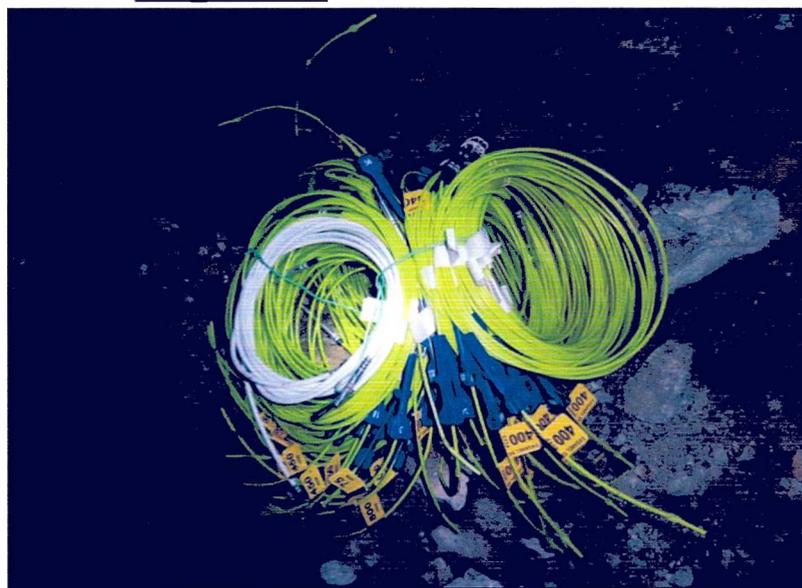
Por ello, se han elegido dos tipos de explosivos para el diseño: Semexsa 65% para los taladros de producción y Semexsa 60%, para los taladros de contorno y hastiales.

En los accesorios de voladura se emplean:

- Retardo Fanel.
- Espaciadores de caña, para distribuir mejor la carga en el taladro.
- Tacos de arcilla, para aprovechar al máximo la energía del explosivo.

Todo esto se aplica en el campo, y están sufriendo actualmente el proceso normal de ajustes técnico económicos para cada tipo de roca a través de evaluaciones constantes, hasta lograr los objetivos indicados anteriormente.

Imagen Nº 05: “Accesorios de Voladura”



Fuente: El autor

Los costos de voladura influyen mucho sobre el planeamiento ya que al tratar de cumplir con los parámetros e índices

establecidos en el planeamiento, tendemos a disminuir estos costos afectando la calidad del material en cuanto a la fragmentación, salida del disparo y desestabilización del macizo rocoso, lo que podría generar luego sobrecostos.

2.7.3. LIMPIEZA Y TRANSPORTE:

Los vehículos LHD combinan ciertas características de un cargador frontal convencional con un camión, especialmente diseñados para movimientos de materiales en minería subterránea y túneles. El diseño complejo provee un equipo que carga. Transporta y descarga asimismo¹².

Cuadro № 05: "Equipos para transporte en interior mina"

Equipo	Cantidad	Capacidad	TMH/hora	\$/TMH
Scooptram	7	3.5 yd ³	40	1.5
Scooptram	3	2.5 yd ³	36	1.4
Dumper	4	20 ton.	60	0.9
Dumper	3	16 ton.	23	2.0
Volquetes	9	12 m ³	44	1.3

Fuente: Volcan Compañía Minera S.A.A.

En la mina San Cristóbal la limpieza se realiza empleando los equipos Scoops-tram de diferentes tamaños de cuchara, que varían desde 3.5 yd³ hasta 6 yd³; dependiendo del ancho de la veta las cuales cargan el mineral a volquetes para que estos los transporten hasta la superficie acumulándolas en la chancadora de mineral.

¹² CLEMENTE YGNACIO, Tomas y CLEMENTE LAZO, Jose... ANALISIS DE OPERACIÓN EN MINERÍA SUBTERRÁNEA Y EVALUACION DE PROYECTOS MINEROS, Edición Grafica Industrial, Huancayo, 1° edición, Enero 2009 p.25

Imagen N° 06: “Equipo de carguío: Scoop-tram de 6 yd³”



Fuente: Atlas Copco Perú – Área de Mantenimiento

Conforme se avanza con la limpieza del mineral se va realizando el proceso de desate mecánico y sostenimiento según recomendación Geomecánica.

2.7.4.SOSTENIMIENTO:

El sostenimiento es utilizado para controlar las inestabilidades de la masa rocosa circundante a las excavaciones y así tener un ambiente seguro de trabajo. La estabilidad de la roca circundante a una excavación simple como un tajeo, una galería, un crucero, una estación de pique, una rampa, et; depende de los esfuerzos y de las condiciones estructurales de la masa rocosa detrás de los bordes de la abertura.

Las inestabilidades locales son controladas por los cambios locales en los esfuerzos, por la presencia de rasgos estructurales y por la cantidad de daño causado a la masa rocosa por la voladura. En esta escala local, el sostenimiento es muy importante porque resuelve el problema de la estructura de la masa rocosa y de los esfuerzos, controlando el

movimiento y reduciendo la posibilidad de falla en los bordes de la excavación¹³.

El sostenimiento es parte de las operaciones unitarias en la mayoría de las labores de explotación y desarrollo, dentro de la mina San Cristóbal, es así que se aplica diferentes tipos de sostenimiento tanto pasivos como activos.

“Esencialmente, el sostenimiento hace que las piezas o bloques rocosos interactúen y se entrelacen formando una masa rocosa estable alrededor de la excavación. Como en una excavación grande hay más estructura de masa rocosa que en una excavación pequeña, habrá mayor oportunidad de falla en las excavaciones grandes y por tanto mayor necesidad de utilizar el sostenimiento¹⁴”.

2.7.4.1. SOSTENIMIENTO ACTIVO (PERNOS):

En la mina San Cristóbal se utiliza diferentes tipos de pernos tales como:

- Pernos helicoidales de 7 pies.
- Pernos cementados de 8 pies.
- Pernos hydrabolt de 7 pies.
- Pernos de fricción (*Split set*) de 7 pies.

“Consiste en una varilla de fierro o acero, con un extremo biselado, que es confinado dentro del taladro por medio de cemento (en cartuchos o inyectados), resina (en cartuchos) o resina y cemento. El anclaje entre la varilla y la roca es proporcionado a lo

¹³ Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía.....MANUAL DE GEOMECANICA APLICADA A LA PREVENCION DE ACCIDENTES POR CAIDA DE ROCAS, Perú, Junio, 2004, p.100

¹⁴ Loc.Cit p.101

largo de la longitud completa del elemento de refuerzo,(...) en presencia de agua, particularmente en agua ácida, el agente cementante recomendado será la resina, en condiciones de ausencia de agua será el cemento ¹⁵.

Para ellos el colocado de estos pernos se realizan perforación con máquina del tipo JackLeg, además de equipos o Jumbos empernadores (*Boltec*).

2.7.4.2. SOSTENIMIENTO PASIVO (SHOTCRETE):

Es una mezcla homogénea de concreto que puede ser colocada y compactada en forma simultánea mediante el uso de sistemas neumáticos de proyección. En la mina San Cristóbal se realiza el sostenimiento por las dos vías, tanto seca como húmeda, los espesores a colocar son de: 2" – 3" – 4" o de acuerdo al requerimiento que el terreno presente.

Así se crea una capa que retrasa el movimiento natural del macizo por los esfuerzos, permite trabajar y transitar de manera más segura.

2.8. DESARROLLO DE OPERACIONES MINA:

La mina San Cristóbal produce en promedio 4350 TCS/día con leyes estimadas de 6.42% de Zn, 1,01% de Pb, 0.15% de Cu y 4 Onzas de Ag. El mineral de cobre es enviado a la Planta concentradora de la mina Andaychagua para su concentración, el resto de los minerales es procesado en la Planta concentradora de Victoria y Mahr Tunel. La mina emplea dos métodos de explotación, el método de hundimiento de subniveles cortos y el

¹⁵Ibdm p.107

de corte y relleno ascendente, sea la estructura Veta, Manto o Cuerpo; para rellenar las aberturas dejadas por la extracción del mineral, se utiliza el relave proveniente de la planta concentradora previa clasificación en los ciclones, también se utiliza el desmote proveniente de sus desarrollos y exploraciones. Para la aplicación de estos métodos se emplea equipos mecanizados, la perforación se realiza con Jumbo electro hidráulico, el acarreo con Scooptram y el transporte se realiza Dumper y camiones volvo; el sostenimiento se realiza en un 80% en forma mecanizada empleando equipos robotizados.

2.9. LABORES DE DESARROLLO Y PREPARACION:

2.9.1. RAMPA DE PRODUCCIÓN:

Estas labores intercomunican el nivel superior con el inferior, tienen gradiente promedio de 12% con sección de 4x4 mts, están normalmente diseñadas en roca dura (*volcánica de RMR 45-55*) fuera del cuerpo mineralizado, de estas salen accesos a los horizontes de trabajo. Estas rampas nos sirven para el paso de los equipos y los volquetes que van a transportar el mineral desde interior mina a la cancha de mineral situado en superficie.

2.9.2. GALERIAS DE TRANSPORTE Y SERVICIO:

Son aberturas subterráneas paralelas a la inclinación de la estructura principal de la veta.

“Es una obra horizontal de ingeniería, de un ancho y alto definido (sección de la galería), y corrida sobre estructura mineralizada¹⁶”.

Estas galerías son los niveles propiamente dichos y se preparan para que se utilicen tanto como servicio como de transporte.

¹⁶ Universidad Nacional de Ingeniería...Op.Cit p.12

Imagen N° 07: "Volquete trasladando material"



Fuente: El autor

2.10. METODO DE EXPLOTACION:

El método aplicado es el Corte y Relleno Ascendente Mecanizado con relleno hidráulico, la perforación es en Breasting y Vertical. Primero, se corren 02 rampas de 4 x 4.5 m con una gradiente de 12% (-) en las rectas y en las curvas de 6% distantes unos 600 m, luego se corre un bay pass de 4 x 4 m, por la caja techo paralelo a la veta dejando un pilar de unos 30 mts hacia la veta, luego a cada 50 mts se entran con ventanas horizontales de 3.5 x 3.0 m hacia la veta, luego aprovechar estas ventanas para hacer los primeros cortes hasta que la gradiente sea 15% (+), los posteriores cortes se realizan con accesos de 3.5 x 3.0 mts desde la rampa principal.

2.11. PROGRAMA DE DESARROLLO Y EXPLOTACION:

El termino desarrollo se refiere a la abertura de labores mineras a través de un filón virgen, en general en el desarrollo de minas se ejecutan cortadas en forma horizontal con cierta pendiente positiva (...) ¹⁷

¹⁷ LLANQUE MADERA, Oscar, NAVARRO TORRES, Vidal y Otros... EXPLOTACION SUBTERRANEA, Edit. Peru Offset, Puno, 1999, p.55

2.11.1. PROGRAMA DE PRODUCCIÓN:

Para el año 2012 se tiene el siguiente programa de producción mensual promedio de 4300 toneladas en los primeros meses y luego se irá aumentando progresivamente la producción según como se muestra en el siguiente cuadro, haciendo un total de 1'603,250 toneladas:

Cuadro N° 06: "Programa de Producción"

Datos	Ene-12	Feb-12	Mar-12	Abr-12	May-12	Jun-12
Prod. T.	135,000	128,500	135,000	132,500	135,000	132,500
Cu %	0.15	0.15	0.16	0.15	0.15	0.15
Pb %	0.65	0.99	1.00	1.03	0.98	0.99
Zn %	5.65	6.32	6.33	6.39	6.42	6.42
Ag Onz.	122.5	120.2	121.7	119.9	116.7	117

Datos	Jul-12	Ago-12	Set-12	Oct-12	Nov-12	Dic-12	TOTAL-2012
Prod. T.	135,000	135,000	132,500	135,000	132,500	135,000	1'603.250
Cu %	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Pb %	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.01
Zn %	6.46	6.46	6.46	6.46	6.46	6.46	6.42
Ag Onz.	116	116	116	116	116	116	117.77

Fuente: Jefatura de Planeamiento – Mina San Cristóbal

2.12. INSTALACIONES DE MANEJO DE RESIDUOS:

2.12.1. DEPOSITO INTEGRADO DE RELAVES:

En la actualidad el relave de flotacion es depositado en el Deposito de Relaves N° 06, la presa de relave N° 06 es del tipo "Linea central" ha sido construido de material de prestamo y se encuentra en la margen izquierda del rio Yauli. Y ocupa un area de 8.82 Ha. su capacidad de almacenamiento total proyectada es de 1'642 766.07 m². El deposito cuenta con un canal perimetral, un canal de coronacion al pie de la cantera de material morrenico y un sistema de

drenaje y sub drenaje, tanto el sistema de drenaje y sub drenaje descargan en la poza de decantación de concreto armado en la zona exterior; allí todas las aguas se decantan y se envían al punto de vertimiento autorizado.

2.12.2. BOTADEROS DE DESMONTE:

La mina San Cristóbal cuenta con 22 depósitos de desmonte, están ubicados en áreas cercanas a las bocaminas básicamente en la parte alta de la microcuenca de Yauli; en los alrededores de la quebrada Ayamachay. El área que ocupa cada depósito de desmonte es variable, en muchos casos es de centenares de metros cuadrados y otras en el orden de varios miles de metros cuadrados, se encuentran emplazados sobre depósitos glaciares y otros en roca filita.

2.13. POLITICA DE SEGURIDAD, SALUD OCUPACIONAL, MEDIO AMBIENTE Y CALIDAD:

VOLCAN COMPAÑÍA MINERA S.A.A. es una empresa dedicada al beneficio de minerales de Plomo, Plata y Zinc; consciente de su misión y responsabilidad social, considera que la Seguridad, la Salud Ocupacional, el Medio Ambiente y la Calidad (*SSOMAC*), son elementos significativos de su existencia empresarial. Por esta razón nos comprometemos a:

1. Prevenir enfermedades, lesiones, contaminación ambiental y fallas en los procesos continuos en todas nuestras actividades y en los mecanismos del Sistema de Gestión.
2. Nos esforzamos en conocer y mejorar continuamente la salud, seguridad ocupacional y la calidad, así como la situación ambiental generada por nuestras actividades, productos o servicios, realizando consultas en forma

continúa a todas las partes interesadas, e implementando un Sistema de Gestión que cumpla con los requisitos de la especificación OHSAS 18001 y las normas ISO 14001 e ISO 9001.

3. Cumplir las leyes, reglamentos locales aplicables, los requisitos de los clientes así como otros requisitos relacionados. Crear un Comité de Gestión SSOMAC que conduzca la fiel aplicación de esta política y proporcione el marco para establecer, cumplir los objetivos y metas.
4. Ejecutar continuamente programas educativos de capacitación y entrenamiento en materia de gestión de seguridad, salud, medio ambiente y calidad, con el fin de elevar el nivel de conciencia y participación de nuestros trabajadores, proveedores y comunidades.
5. Sensibilizar con nuestras acciones a todas las partes involucradas sobre la protección de la seguridad, la salud, el medio ambiente y la mejora de la calidad, mediante la permanente difusión de esta política.

CAPITULO III

METODOLOGIA DE ESTUDIO

Los trabajos de perforación y voladura son las operaciones unitarias más importantes en la operación de la mina y que requiere de especial atención en la organización y control de las diferentes actividades, empleando modernas formas de organización y control de trabajo. Una adecuada organización y dirección técnica de los trabajos de perforación y voladura está orientada a:

- Contar con suficiente material roto en los frentes de minado.
- Obtener una fragmentación homogénea del material volado.
- Optimización de las operaciones de perforación y voladura.
- Reducción de costos en el consumo de explosivos.

Por lo que, la perforación y voladura conlleva a un gran impacto en la productividad y economía de la mina, por este motivo si el proceso de voladura produce un pobre resultado entonces el carguío es más difícil y la productividad

de la sección se ve reducida. Es por ello que, reduciendo el consumo de los explosivos en el Nivel 730 – By pass 02 – Acceso 03 de la mina San Cristóbal se obtendrá una granulometría óptima en la voladura de rocas.

3.1. IDENTIFICACION DE LOS PRINCIPALES PROBLEMAS EN LA VOLADURA Y SUS CONSECUENCIAS:

Se dice que una voladura básicamente es mal realizada cuando:

- Se obtiene material con granulometría muy fina.
- El tonelaje de material producto del disparo es inferior a lo esperado.
- El avance por disparo (*metros de avance por disparo*) es inferior a lo esperado, y trae como consecuencia que el rendimiento de los equipos de acarreo y transporte como scoops y volquetes disminuya porque al trasladar mucha carga de material volado el factor de llenado de los equipos de transporte disminuye, y se afecta a la programación de trabajo de los equipos.

Trayendo todo esto como consecuencia que los costos unitarios de perforación y voladura, y de todo el ciclo de minado aumente. Lo explicado constituye un problema generalizado principalmente en el Nivel 730 – By pass 02 – Acceso 03 motivo de estudio. Como consecuencia de los problemas mencionados el costo de voladura se incrementa debido a la sobre voladura que se debe realizar, siendo para el caso de la mina que mensualmente entrega a planta un promedio de 4350 TCS/día con leyes estimadas de 6.42% de Zn, 1,01% de Pb, 0.15% de Cu y 4 Onzas de Ag.

3.2. PROBLEMAS DETECTADOS EN LA PERFORACIÓN Y VOLADURA:

Entre los principales problemas detectados en las operaciones unitarias de perforación y voladura en el Nivel 730, se menciona a continuación:

- Incumplimiento del **Diseño de malla de perforación**, se tiene un diseño para diferentes tipos de roca, y sobre el cual se ha realizado el presupuesto, sin embargo no se cumple éste.
- **Inadecuada columna explosiva**, se detectó que a los taladros se les cargaba a más 75% de la columna explosiva llegando incluso al 100% de la columna. Esto lo realizaban creyendo que así “*se aseguraba obtener un buen disparo*”, y por la falta de conocimiento por parte de la supervisión encargada. Siendo lo adecuado cargar en promedio las 2/3 partes de la columna explosiva, es decir el 66.6%.

Imagen Nº 08: “Uso excesivo de explosivos en el carguio”



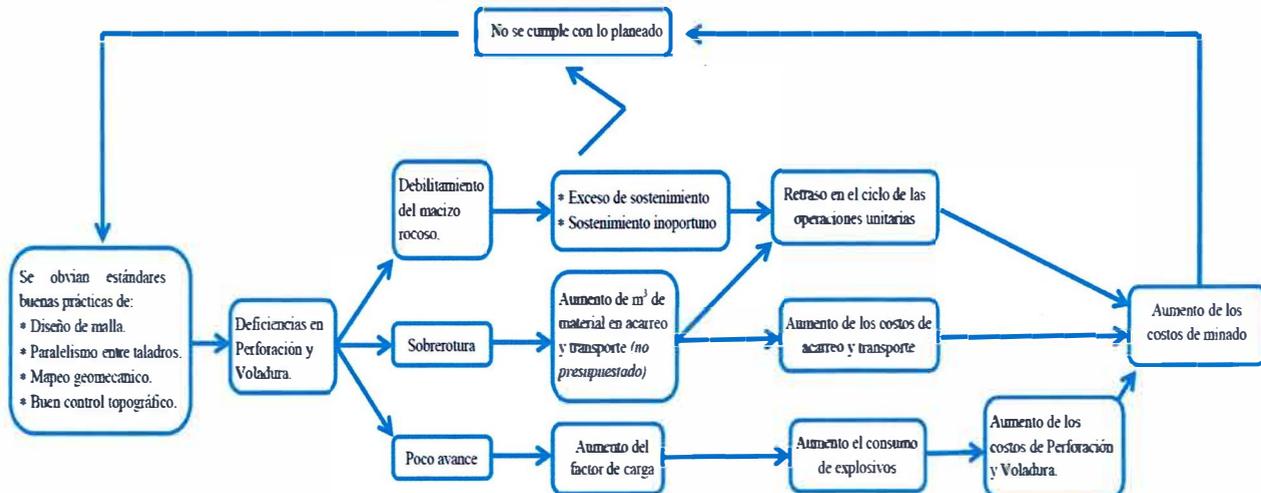
Fuente: Perforación, Voladura y Ventilación en minería subterránea

- Deficiencias en el **Secuenciamiento de los tiempos de retardo en la malla de voladura**, el secuenciamiento de los tiempos de retardo en los faneles debe iniciarse siempre desde la cara libre y en orden progresivo

hasta el último grupo de taladros que explotará. Del mismo modo es importante resaltar que el orden del secuenciamiento de las filas de los taladros que explotaran, debe ser realizado con un amarre en “V” de los faneles, esto permitirá obtener un montículo central del material roto producto del disparo.

➤ **Mala Distribución de la carga explosiva en Mina.** El problema comenzaba desde que el supervisor realizaba o generaba el vale de pedido de explosivos siempre con las mismas cantidades y no analizaba u observaba detalladamente la malla de perforación y/o voladura que se dispararía. Sumado a esto se detectó un inadecuado despacho de explosivos en los polvorines, ya que los bodegueros no despachaban la cantidad específica de explosivos para una determinada voladura sino que repartían el explosivo redondeando la cantidad a un valor mucho mayor, que se materializaba en el despacho de cajas de explosivos (*cajas con su valor completo de explosivos directo de fábrica*).

Imagen Nº 09: “Diagrama de implicancias repetitivas por una mala perforación y voladura”



Fuente: El autor

3.3. PROBLEMA EN ESTUDIO:

Durante mi permanencia en la mina San Cristóbal, al estar en contacto con la **Zona III** (*comprende los niveles 630, 730, 780 y 820*) por ser la de mayor producción en la mina y al realizar su explotación sobre vetas y cuerpos, donde laboraba permanentemente, particularmente en el Nivel 730 – By pass 02 – Acceso 03 razón motivo de estudio; presencie que en los frentes de producción de mineral se estuvo empleando el uso excesivo de explosivos en el carguío de voladura, lo cual genera un incremento significativo en los costos de voladura.

Por tal razón, al aplicar la parte ingenieril al problema razón de estudio ubicado en el nivel 730 hago mención de cómo se tiene que aplicar los patrones en el carguío de explosivos en los taladros y como se debe distribuir los taladros en el diseño de malla de un frente a disparar con el fin de reducir costos en la voladura y aprovechar al máximo el metro lineal de avance que la compañía Volcan paga a las contratadas por explotar parte de su propiedad al menor costo de inversión por parte de las mismas.

3.4. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS:

- **Burden:** Es la distancia entre un taladro cargado con explosivos a la cara libre de una malla de perforación. El burden depende básicamente del diámetro de perforación, de las propiedades de la roca y las características del explosivo a emplear.
- **Cara libre o taladro de alivio:** Permite que las ondas de compresión producto de la voladura se reflejen contra ella, originando fuerzas de tensión que permiten producir la fragmentación de la roca.

- **Carga explosiva:** La Distribución de la carga explosiva es la cantidad de explosivo y accesorios de voladura que se reparten del polvorín a las diferentes labores de trabajo previo una generación del vale de salida de explosivos.
- **Costos operativos o de producción mina:** Los costos de operación se definen como aquellos generados en forma continua durante el funcionamiento de una operación minera y están directamente ligados a la producción, pudiéndose categorizarse en costos directos e indirectos.
- **Equipos loading- hauling-dumping (LHD):** Son los equipos de carguío, transporte y descarga empleados en minería subterránea y que permiten obtener una alta productividad en las operaciones.
- **Espaciamiento:** Es la distancia entre taladros cargados con explosivos de una misma fila o de una misma área de influencia en una malla de perforación.
- **Frente o frontón:** Es el lugar en donde se emplaza personal y máquina de perforar para realizar el avance de una galería o crucero, mediante perforación y voladura.
- **Gases:** Fluidos sin forma que ocupan cualquier espacio que esté disponible para ellos, emitidos por los equipos diesel, explosivos y fuentes naturales.
- **Granulometría:** Tecnología que se encarga de dictar normas correspondientes para determinar las dimensiones y las formas de los fragmentos de los materiales detríticos.
- **Macizo rocoso:** Es el conjunto de los bloques de matriz rocosa y de las discontinuidades.

- **Malla de Perforación:** Es la forma en la que se distribuyen los taladros de una voladura, considerando básicamente la relación de burden y espaciamiento y su dirección con la profundidad de taladros.
- **Perforación:** Es la primera operación en la preparación de una voladura. Su propósito es el de abrir en la roca huecos cilíndricos destinados a alojar al explosivo y sus accesorios iniciadores, denominados taladros.
- **Perno Split set:** Es un tipo de perno que trabaja a fricción, consiste en un tubo de acero con una ranura longitudinal, de diámetro algo mayor que la perforación donde se introducirá.
- **Shotcrete:** Es hormigón proyectado, se utiliza principalmente para fines de soporte de rocas y suelos, y es considerada una de las tecnologías más adaptables de fortificación en construcción de túneles y minería.
- **Velocidad de detonación:** Es la característica más importante de un explosivo, mientras más alta sea su velocidad de detonación mayor será su potencia. A la detonación se le entiende como la transformación casi instantánea de la materia sólida que lo compone en gases.
- **Voladura:** De acuerdo con los criterios de la mecánica de rotura, la voladura es un proceso tridimensional, en el cual las presiones generadas por explosivos confinados dentro del taladro perforados en roca, originan una zona de alta concentración de energía que produce dos efectos dinámicos; fragmentación y desplazamiento.

CAPITULO IV

ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS

El proceso de desarrollo de este trabajo de investigación obtuvo en principio un diagnóstico de la situación actual de las operaciones unitarias de minado y su respectiva repercusión en los costos operativos de la empresa, el primer paso fue la revisión de los estándares y costos del presupuesto, procedido por el monitoreo en campo de las principales operaciones unitarias de minado que son la perforación y voladura y de los siguientes procesos de extracción que son consecuencias directas, limpieza-acarreo y sostenimiento.

Esta primera etapa in situ permitió detectar deficiencias en las operaciones de perforación y voladura, se observa también una serie de deficiencias, empezando por un consumo excesivo de explosivos y una mala administración de los mismos, este problema operativo de Mina se origina por una supervisión que genera vales

de pedido de explosivos sin ningún criterio técnico, y sin haber analizado a detalle la malla de voladura que se disparará en el Nivel 730 – By pass 02 – Acceso 03.

4.1. PARAMETROS Y EFICIENCIAS EN PERFORACION Y

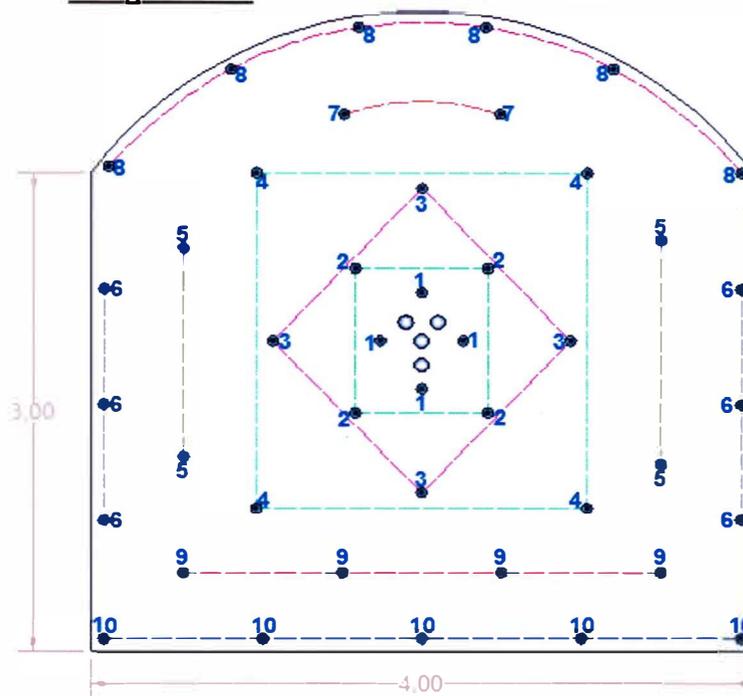
VOLADURA: REAL Y PROGRAMADO

4.1.1. RENDIMIENTO EN PERFORACION Y VOLADURA: REAL

❖ PARAMETROS TECNICOS:

- Sección: 4.0 x 4.0 mts²
- Tipo de roca: Semidura
- Tipo de Material: Mineral en Pirita
- Densidad: 3.8 Ton/m³
- Equipo: Jumbo Atlas Copco Boomer S1D
- Barra: 12 pies

Imagen N° 10: “Diseño de malla - sección 4 x 4”



Fuente: El autor

➤ PERFORACION:

- *Nº de tal. Perf. (2" Φ) = 43 tal.
- *Nº de tal. Rimad. (3 1/2" Φ) = 4 tal.
- *Nº total de taladros = 47 tal.

* Longitud del Barreno (12') = 3.66 mts.

* Tiempo de Perforación = 2.6 hr.

➤ **VOLADURA:**

* Semexsa 65% (1 ½" x 12") = 0.368 Kg/Cart.

* Semexsa 60% (7/8" x 7") = 0.080 Kg/Cart.

Cuadro Nº 07: "Kilogramos de explosivo por cartucho"

	Nº de cartuchos	P. Neto (Kg)	Kg/ cartucho
Semexsa 65% (1 ½" x 12")	68	25	0.368
Semexsa 60% (7/8" x 7")	312	25	0.080

Fuente: El Autor

Cuadro Nº 08: "Distribución de los explosivos en los taladros y consumo de explosivos"

DISTRIBUCION DE TALADROS (secuencia de salida)	TALADROS		Cartuchos por Taladro	Cartucho de Dinamita / Taladro		Explosivo Total Usado	Explosivos usados (Kg)
	Cargados	Vacíos		Semexsa 65 (1½"x12")	Semexsa 60 (7/8"x7")		
(1) Arranque	4	4	11	44	0	44	16.176
(2) 1ª Ayuda	4	0	9	36	0	36	13.235
(3) 2ª Ayuda	4	0	8	32	0	32	11.765
(4) 3ª Ayuda	4	0	8	32	0	32	11.765
(5) Ayuda cuadra.	4	0	8	32	0	32	11.765
(6) Cuadradores	6	0	6	36	0	36	13.235
(7) Ayuda Corona	2	0	9	0	18	18	6.618
(8) Corona	6	0	10	0	60	60	4.808
(9) Ayuda arrastre	4	0	9	0	36	36	2.885
(10) Arrastre	5	0	9	45	0	45	16.544
TOTAL	43	4	87	257	114	371	108.80

Fuente: El autor

Cuadro Nº 09: "Long. de Perf. – Taco - Espaciador"

	Longitud de Perforación	Taco (m)	Espaciador (m)	Cart. por taladro
Arranque	3.41	0.06		11
1º Ayuda	3.36	0.62		9
2º Ayuda	3.37	0.93		8
3º Ayuda	3.38	0.94		8
Ayuda cuadrad.	3.35	0.91		8
Cuadradores	3.34	1.51		6
Ayuda Corona	3.34	1.74		9
Corona	3.36	0.22	0.15	10
Ayuda Arrastre	3.38	1.78		9

Arrastre	3.35	0.61		9
----------	------	------	--	---

Fuente: El autor

➤ **ACCESORIOS DE VOLADURA:**

- * Exsanel = 43 psz. *(Puede ser Fanel, Excel)*
- * Pentacord = 33 mts.
- * Mecha lenta = 6 mts.
- * Mecha rápida = 1 mt.
- * Tacos de arcilla = 43 und.
- * Tubos PVC (½" x 3mts) = 6 und.

➤ **EFICIENCIAS:**

- * Avance por disparo = 3.05 mts/disparo *(promedio)*
- * Long. Perf. Efectiva = 3.36 mts/taladro *(promedio)*
- * Eficiencia en Perforación = 92 %
- * Eficiencia en Voladura = 91 %
- * Factor de Perforación = 51.84 m perf./m avance
- * Factor de carga = 2.41 Kg/m³
- * Factor de potencia = 0.63 Kg/ton.

Imagen Nº 11: "Granulometría muy fina"



Fuente: El autor

➤ **COSTOS DE VOLADURA:**

Implica el gasto que se realiza por conceptos de explosivos y accesorios de voladura en un disparo.

Cuadro N° 10: "Costo de Explosivos y Accesorios"

Explosivos y Accesorios	Costo de Explosivo (\$ / und)	Cantidad utilizada	Costo Total (\$)
Semexsa 65% (1½"x12")	0.75	257 und	\$ 192.75
Semexsa 60% (7/8"x7")	0.31	114 und	\$ 35.34
Exsanel	1.70	43 pzs	\$ 73.01
Pentacord	0.23	33 mts	\$ 7.46
Mecha lenta	1.57	6 mts	\$ 9.44
Mecha rápida	0.29	1 mt	\$ 0.29
Tacos de arcilla	0.20	43 und	\$ 8.60
Tubos PVC (½" X 3 mts)	1.20	6 und	\$ 7.20
<i>Fuente: El autor</i>			TOTAL \$ 334.10

➤ **COSTO DE MANO DE OBRA:**

En el costo de mano de obra se incluyen lo que viene a ser las leyes sociales, tanto para el Maestro cargador que percibe S/ 70 por guardia como su Ayudante cargador que percibe S/ 55 por guardia.

Cuadro N° 11: "Mano de obra"

	Sueldo/Guardia	Sueldo/Disp.
Maestro cargador	\$ 24.91	\$ 12.46
Ayudante cargador	\$ 19.57	\$ 9.79
<i>Fuente: El autor</i>	TOTAL	\$ 22.24

❖ **COSTO TOTAL DE VOLADURA:**

El costo total de voladura en un disparo será de \$ 364.26 y el costo por disparo por metro lineal es de \$ 113.83.

4.2. APLICACIÓN DE LA PARTE INGENIERIL AL PROBLEMA EN ESTUDIO:

4.2.1. RENDIMIENTO EN PERFORACION Y VOLADURA: PROGRAMADO

❖ PARAMETROS TECNICOS:

- **Sección:** 4.0 x 4.0 mts²
- **Tipo de roca:** Semidura
- **Tipo de Material:** Mineral en Pirita
- **RMR:** 63
- **Densidad:** 3.8 Ton/m³
- **Equipo:** Jumbo Atlas Copco Boomer S1D
- **Barra:** 12 pies

➤ CALCULO DEL NUMERO DE TALADROS:

* **Calculo del Área de la Sección:** $A_T = (\text{Base} \times \text{Altura}) \times 92.5\%$

$$A_T = (4 \times 4) \times (92.5/100)$$

$$A_T = 14.8 \text{ mts}^2$$

Cuadro N° 12: "Clasificación de la roca según el RMR"

ROCA	TIPO	RMR	K	S
Dura	I	81 – 100	1.0	0.50
Semidura	II	61 – 80	1.13	0.55
Intermedia	III A	51 – 60	1.25	0.60
	III B	41 – 50	1.38	0.63
Intersuave	IV A	31 – 40	1.50	0.65
	IV B	21 – 30	1.75	0.68
Suave	V	0 – 20	2.00	0.70

Fuente: Manual de Voladura Exsa

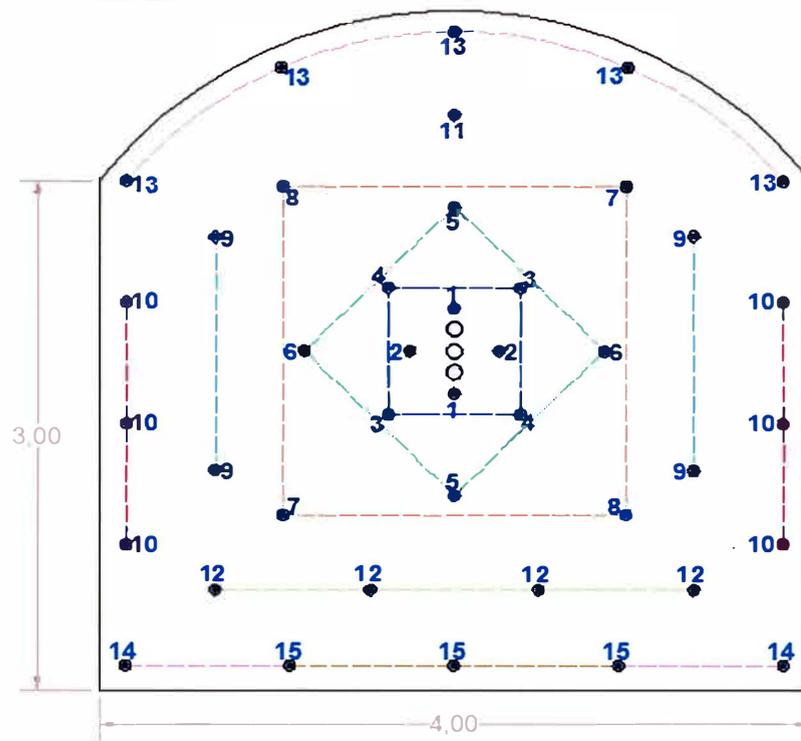
* **Numero de Taladros:** $N_{\text{de Tal.}} = \frac{4 \times \sqrt{A}}{S} + K \times A$

$$N_{\text{de Tal.}} = [(4 \times \sqrt{14.8}) / 0.55] + (1.13 \times 14.8)$$

$$N_{\text{de Tal.}} = 27.9 + 16.72$$

$$N_{\text{de Tal.}} = 44.62 \approx 45$$

$$N_{\text{de Tal.}} = 45 \text{ tal.}$$

Imagen Nº 12: "Diseño de malla - sección 4 x 4"

Fuente: El autor

➤ **PERFORACION:**

- * Nº de tal. Perf. (2" Φ) = 41 tal.
- * Nº de tal. Rimad. (3 1/2" Φ) = 3 tal.
- * Nº total de taladros = 44 tal.
- * Longitud del Barreno (12') = 3.66 mts.
- * Tiempo de Perforación = 2.5 hr.

➤ **VOLADURA:**

- * Semexsa 65% (1 1/2" x 12") = 0.368 Kg/Cart.
- * Semexsa 60% (7/8" x 7") = 0.080 Kg/Cart.

Cuadro Nº 13: "Kilogramos de explosivo por cartucho"

	Nº de cartuchos	P. Neto (Kg)	Kg/ cartucho
Semexsa 65% (1 1/2" x 12")	68	25	0.368
Semexsa 60% (7/8" x 7")	312	25	0.080

Fuente: El Autor

Cuadro № 14: "Distribución de los explosivos en los taladros y consumo de explosivos"

DISTRIBUCION DE TALADROS (secuencia de salida)	TALADROS		Cartuchos por Taladro	Cartucho de Dinamita / Taladro		Explosivo Total Usado	Explosivos usados (Kg)
	Cargados	Vacíos		Semexsa 65 (1½"x12")	Semexsa 60 (7/8"x7")		
(1-2) Arranque	4	3	10	40	0	40	14.706
(3-4) 1ª Ayuda	4	0	9	36	0	36	13.235
(5-6) 2ª Ayuda	4	0	8	32	0	32	11.765
(7-8) 3ª Ayuda	4	0	8	32	0	32	11.765
(9) Ayuda cuadra.	4	0	7	28	0	28	10.294
(10) Cuadradores	6	0	6	36	0	36	13.235
(11) Ayu. Corona	1	0	10	0	10	10	3.676
(13) Corona	5	0	9	0	45	45	3.606
(12) Ayuda arras.	4	0	8	0	32	32	11.765
(14-15) Arrastre	5	0	8	40	0	40	14.706
TOTAL	41	3	83	244	87	331	108.75

Fuente: El autor

Cuadro № 15: "Long. de Perf. – Taco - Espaciador"

	Longitud de Perforación	Taco (m)	Espaciador (m)	Cart. por taladro
Arranque	3.41	0.36		10
1º Ayuda	3.36	0.62		9
2º Ayuda	3.37	0.93		8
3º Ayuda	3.38	0.94		8
Ayuda cuadrad.	3.35	1.22		7
Cuadradores	3.34	1.51		6
Ayuda Corona	3.34	1.56		10
Corona	3.36	0.28	0.18	9
Ayuda Arrastre	3.38	1.96		8
Arrastre	3.35	0.91		8

Fuente: El autor

➤ **ACCESORIOS DE VOLADURA:**

*Exsanel = 41 psz. (Puede ser Fanel, Excel)

*Pentacord = 28 mts.

*Mecha lenta = 5 mts.

*Mecha rapida = 0.5 mt.

*Tacos de arcilla = 41 und.

*Tubos PVC (½" x 3mts) = 5 und.

➤ **EFICIENCIAS:**

- * Avance por disparo = 3.06 mts/disparo (promedio)
- * Long. Perf. Efectiva = 3.36 mts/taladro (promedio)
- * Eficiencia en Perforación = 92 %
- * Eficiencia en Voladura = 91 %
- * Factor de Perforación = 48.37 m perf./m avance
- * Factor de carga = 2.40 Kg/m³
- * Factor de potencia = 0.63 Kg/ton.

Imagen Nº 13: "Granulometría óptima"



Fuente: El autor

➤ **COSTOS DE VOLADURA:**

Implica el gasto que se realiza por conceptos de explosivos y accesorios de voladura en un disparo.

Cuadro Nº 16: "Costo de Explosivos y Accesorios"

Explosivos y Accesorios	Costo de Explosivo (\$ / und)	Cantidad utilizada	Costo Total (\$)
Semexsa 65% (1½"x12")	0.75	244 und	\$ 183.00
Semexsa 60% (7/8"x7")	0.31	87 und	\$ 26.97
Exsanel	1.70	41 pzs	\$ 69.62
Pentacord	0.23	28 mts	\$ 6.33
Mecha lenta	1.57	5 mts	\$ 7.87

Mecha rápida	0.29	0.5 mt	\$ 0.15
Tacos de arcilla	0.20	41 und	\$ 8.20
Tubos PVC (½" X 3 mts)	1.20	5 und	\$ 6.00
<i>Fuente: El autor</i>			TOTAL \$ 308.14

➤ **COSTO DE MANO DE OBRA:**

En el costo de mano de obra se incluyen lo que viene a ser las leyes sociales, tanto para el Maestro cargador que percibe S/ 70 por guardia como su Ayudante cargador que percibe S/ 55 por guardia.

Cuadro № 17: "Mano de obra"

	Sueldo/Guardia	Sueldo/Disp.
Maestro cargador	\$ 24.91	\$ 12.46
Ayudante cargador	\$ 19.57	\$ 9.79
<i>Fuente: El autor</i>	TOTAL	\$ 22.24

❖ **COSTO TOTAL DE VOLADURA:**

El costo total de voladura en un disparo será de \$ 330.38 y el costo por disparo por metro lineal es de \$ 103.24.

4.3. DIFERENCIA DE COSTOS DE VOLADURA: REAL Y PROGRAMADO

Cuadro № 18: "Costo de Explosivos y Accesorios"

EXPLOSIVOS Y ACCESORIOS	COSTO REAL	COSTO PRESUPUESTADO	DIFERENCIA (Δ)
Semexsa 65% (1½" x 12")	\$ 192.75	\$ 183.00	\$ 9.75
Semexsa 60% (7/8" x 7")	\$ 35.34	\$ 26.97	\$ 8.37
Exsanel	\$ 73.01	\$ 69.62	\$ 3.40
Pentacord	\$ 7.46	\$ 6.33	\$ 1.13
Mecha lenta	\$ 9.44	\$ 7.87	\$ 1.57
Mecha rápida	\$ 0.29	\$ 0.15	\$ 0.15
Tacos de arcilla	\$ 8.60	\$ 8.20	\$ 0.40
Tubos PVC (1/2" X 3.5 mts)	\$ 7.20	\$ 6.00	\$ 1.20
TOTAL	\$ 334.10	\$ 308.14	\$ 25.97

Fuente: El Autor

4.4. RESULTADOS:

4.4.1. RESULTADO DE LA HIPOTESIS:

Como se observa en la tabla, la diferencia que se obtiene en la labor del nivel 730 – By pass 02 – Acceso 03; de sección 4 x 4 m² es de 25.97 dólares por avance, lo cual es recomendable efectuar con esta nueva estructura de diseño y con una productividad eficiente.

El resultado de la hipótesis se confirma después de haber realizado alrededor de 20 pruebas, en el tiempo de tres meses aproximadamente desde que se enfatizó en reducir el consumo de explosivos en el Nivel 730 – By pass 02 – Acceso 03 de la mina San Cristóbal, Unidad Yauli, Volcan Compañía Minera S.A.A. con la finalidad de obtener la optimización de la granulometría en la voladura de rocas, durante el periodo de Marzo a Diciembre del año 2013.

4.4.2. LOGRO DE LOS OBJETIVOS:

Con la demostración de la hipótesis se logra obtener la optimización de la granulometría en el Nivel 730 – By pass 02 – Acceso 03, se reduce los costos de voladura minimizando el daño al macizo rocoso, se evita la sobre rotura (*over break*) de los hastiales de la labor producto del frente disparado y por ultimo; se determina los parámetros de Perforación y Voladura en el Nivel 730 motivo de estudio.

CONCLUSIONES

1. Si fue posible reducir el costo por consumo de explosivos en el Nivel 730 – By pass 02 – Acceso 03 de la mina San Cristóbal, obteniendo la optimización de la granulometría en la voladura de rocas.
2. Se debe emplear el consumo adecuado de explosivos para fracturar la roca, el tipo de explosivo deberá ser aquel que tenga un menor costo por metro cubico de roca volada.
3. La roca debe tener granulometría deseada, esto se refiere a los tamaños de los fragmentos de roca que muchas veces limitados por ciertos factores tales como: La clase y el tamaño de equipo de excavación y acarreo, o simplemente por el uso que se le va a destinar al material.
4. Fue posible utilizar el análisis granulométrico para pronosticar la fragmentación y evaluar el diseño de malla de perforación y voladura para determinar dicho diseño si era el ideal.
5. Para que el diseño de malla de perforación sea el ideal debe de tener como minino un 95% pasante de fragmento roto para un determinado tamaño característico de roca.

RECOMENDACIONES

1. Para obtener un buen resultado en la voladura se debe conocer el método de aplicación más indicado para cada clase de trabajo obteniendo así una máxima eficiencia, lo cual se traduce en menor costo operativo. Generalmente los resultados óptimos en voladuras se adquieren a través de la experiencia y el uso de insumos de primera calidad.
2. Cuando un explosivo se usa adecuadamente, consume mayor parte de su energía en forma útil, ya sea fracturando la roca o moviéndola de lugar para evitar uniones entre sus fragmentos. Sin embargo, el resto de la energía se consume inútilmente proyectando rocas, lo cual es muy peligroso.
3. En los diseños de mallas de perforación se debe tener en cuenta las áreas de influencia por cada taladro y el orden de salida en que detonan los taladros cargados de explosivos.
4. Para obtener un análisis de fragmentación más realista se deberá de calcular el análisis de fragmentación, para los taladros del arranque, las tres ayudas, ayuda de los cuadradores, Corona y Ayuda de la corona.
5. Utilizar los datos requeridos correctamente para obtener buenos resultados y no asumirlos, como por ejemplo la resistencia de la roca o mineral.

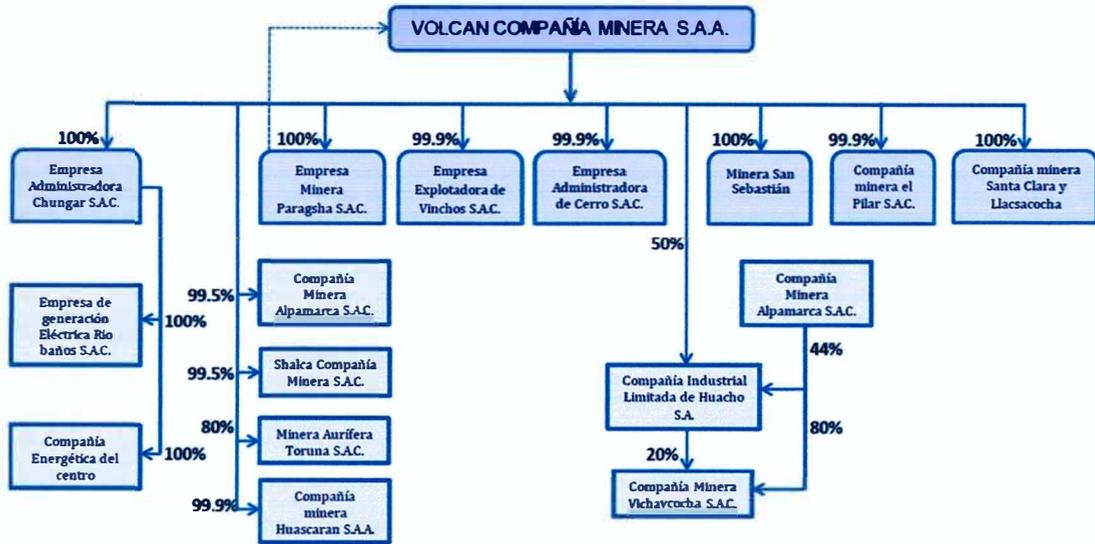
BIBLIOGRAFIA

- ❖ Lopez Jimeno... *“Manual de Perforación y Voladura de rocas”* (1994), Edit. Instituto GeoMinero de España, Madrid – España, 2da Edición.
- ❖ EXSA – MANUAL PRÁCTICO DE VOLADURA.
- ❖ Optimización de factores en perforación y voladura de frentes – vinchos.
- ❖ Informe técnico - mina san juan coricancha.
- ❖ Tesis – *“Control de costos de una Operación Minera mediante el método del Resultado Operativo”*
- ❖ Tesis – *“Reducción de los costos Operativos en Minas, mediante la Optimización de los Estándares de las Operaciones Unitarias de P&V”*
- ❖ Optimización en carguío de taladros minas Paula.pdf
- ❖ Perforación y Voladura - San Cristobal.ppt
- ❖ Curso de explosivos - EXSA
- ❖ <http://www.slideshare.net/irreligious6/operacion-de-voladura-subterranea>
- ❖ RODRIGUEZ SANCHEZ Augusto y VALDEZ ROZAS, Gustavo... COMPENDIO DE GEOLOGIA GENERAL, Universidad Nacional de Ingeniería, Segunda Edición, Lima, 2004, Capítulo I, p.15
- ❖ NAUPARI ALVAREZ, Abraham... Op.Cit. p.22
- ❖ P. BILLINGS, Marland... GEOLOGIA ESTRUCTURAL, Edit Eudeba, Impreso en Argentina, Cuarta Edición, 1974, p.2
- ❖ LLANQUE MAQUERA, Oscar... EXPLOTACION SUBTERRANEA, método y casos prácticos, puno 1999, Perú offset editores, p.17
- ❖ AGREDA, Carlos... OPERACIONES MINERAS UNITARIAS DE PERFORACION Y VOLADURA DE ROCAS, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Junio, 1996, p.16

- ❖ CLEMENTE YGNACIO, Tomas y CLEMENTE LAZO, José... ANALISIS DE OPERACIÓN EN MINERIA SUBTERRANEA Y EVALUACION DE PROYECTOS MINEROS, Edición Grafica Industrial, Huancayo, 1° edición, Enero 2009 p.25
- ❖ Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía... MANUAL DE GEOMECANICA APLICADA A LA PREVENCION DE ACCIDENTES POR CAIDA DE ROCAS, Perú, Junio, 2004, p.100
- ❖ LLANQUE MADERA, Oscar, NAVARRO TORRES, Vidal y Otros... EXPLOTACION SUBTERRANEA, Edit. Peru Offset, Puno, 1999, p.55

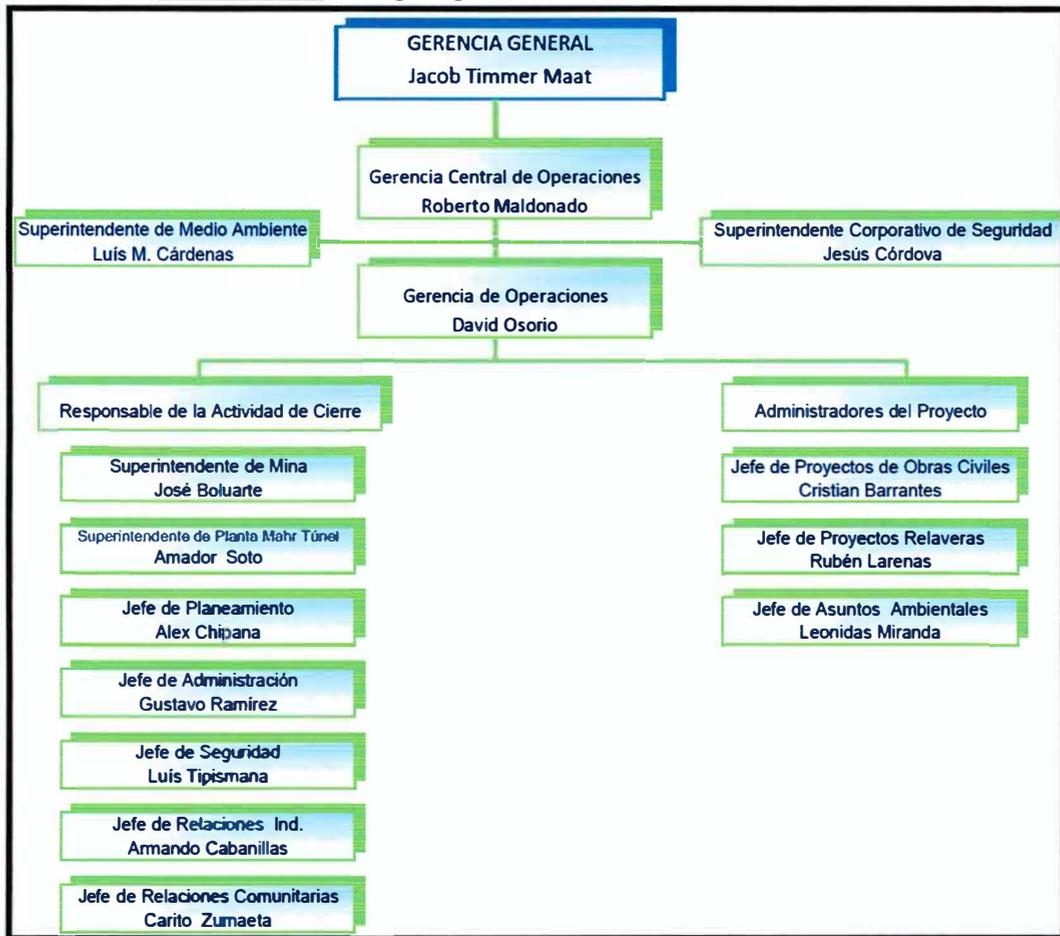
ANEXOS

Anexo Nº 01: "Estructura Corporativa"



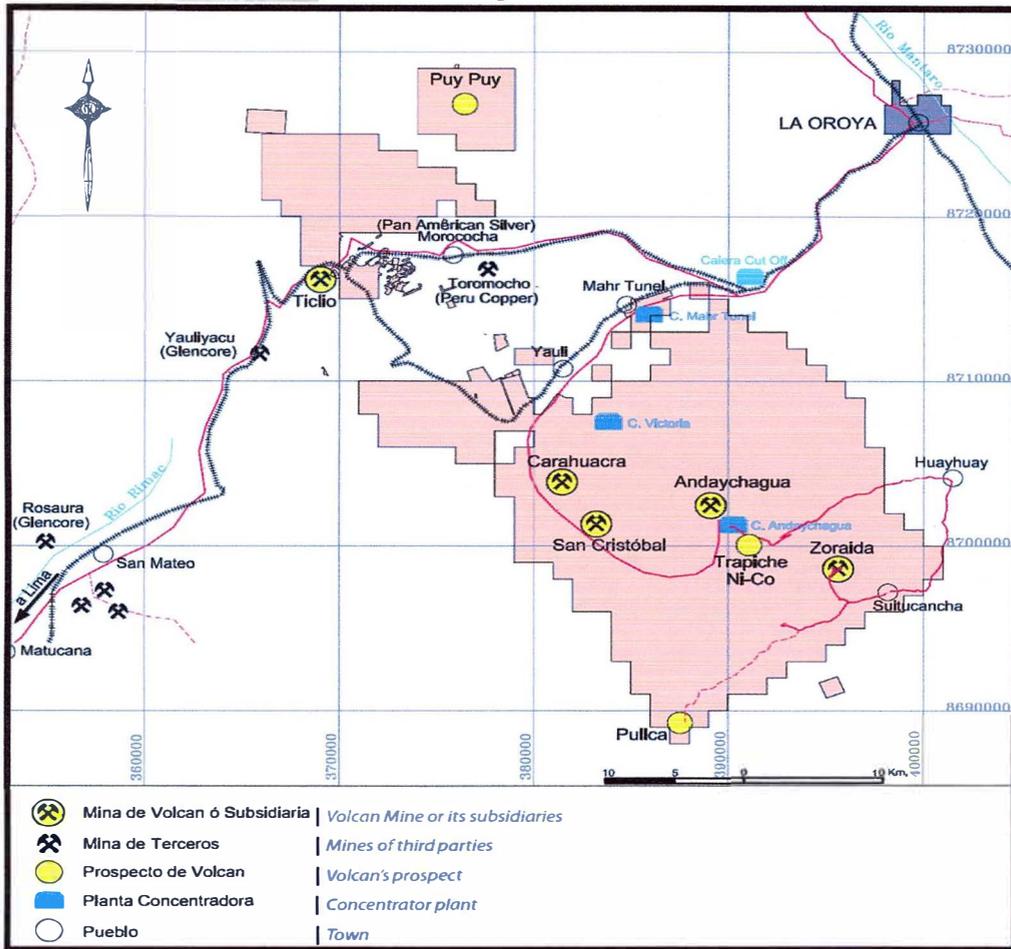
Fuente: Memoria Anual 2012 – Volcan Cia. Minera S.A.A.

Anexo Nº 02: "Organigrama de la U.E.A. San Cristóbal"



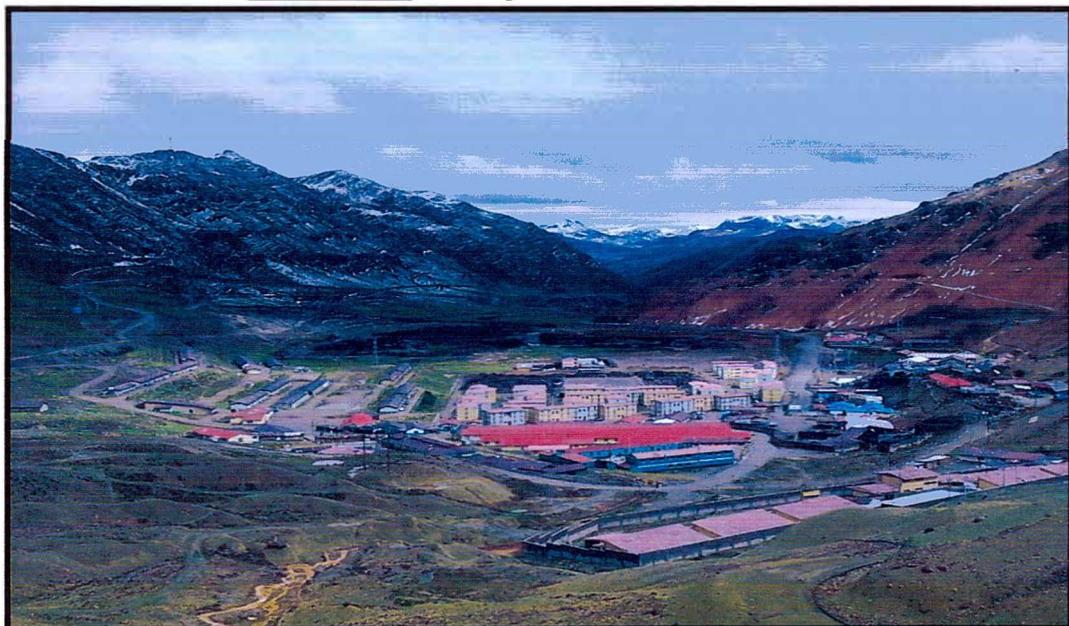
Fuente: Volcan Cia. Minera S.A.A.

Anexo № 03: “Plano de Operaciones – Unidad Yauli”



Fuente: U.E.A. San Cristóbal – Unidad Yauli

Anexo № 04: “Campamento San Cristóbal”



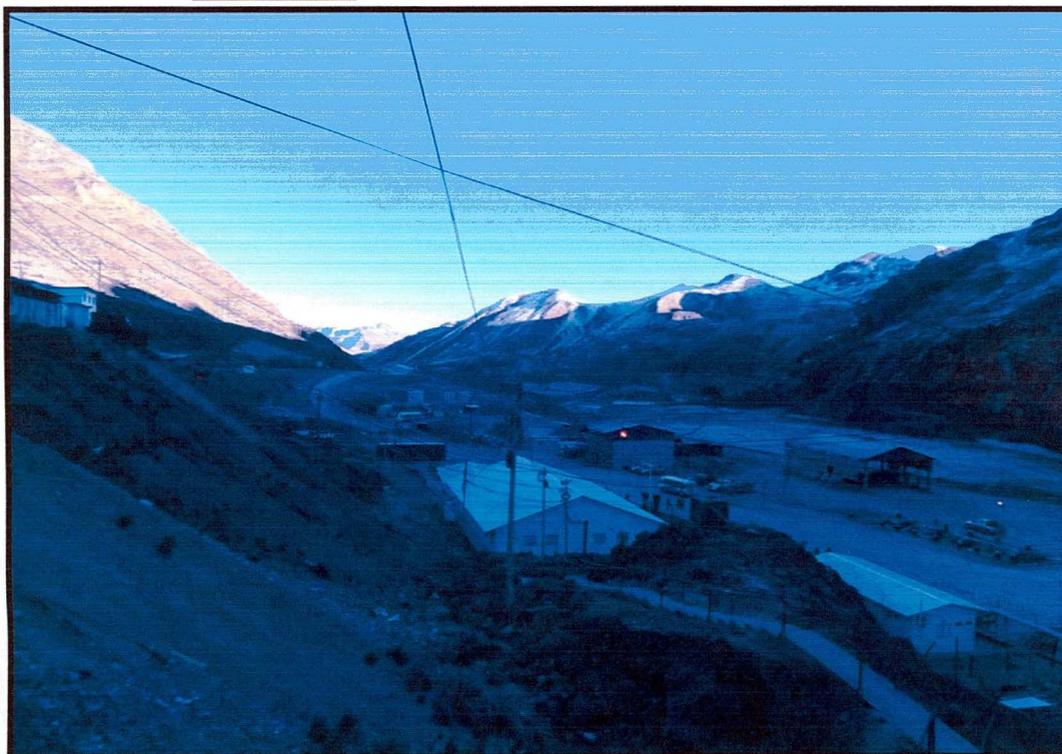
Fuente: U.E.A. San Cristóbal

Anexo Nº 05: "Exteriores de la mina San Cristóbal"



Fuente: Área de Mantenimiento – Huaripampa

Anexo Nº 06: "Exteriores de la mina San Cristóbal"



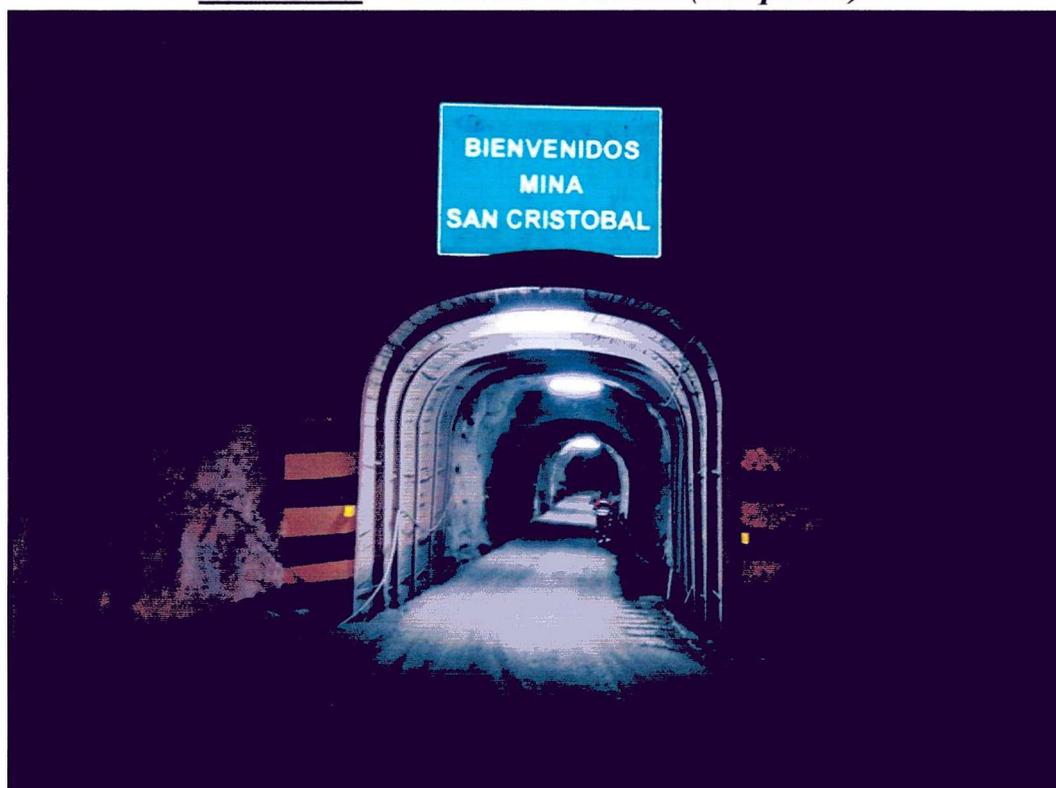
Fuente: Área de Mantenimiento – Huaripampa

Anexo N° 07: “Exteriores de la mina San Cristóbal”



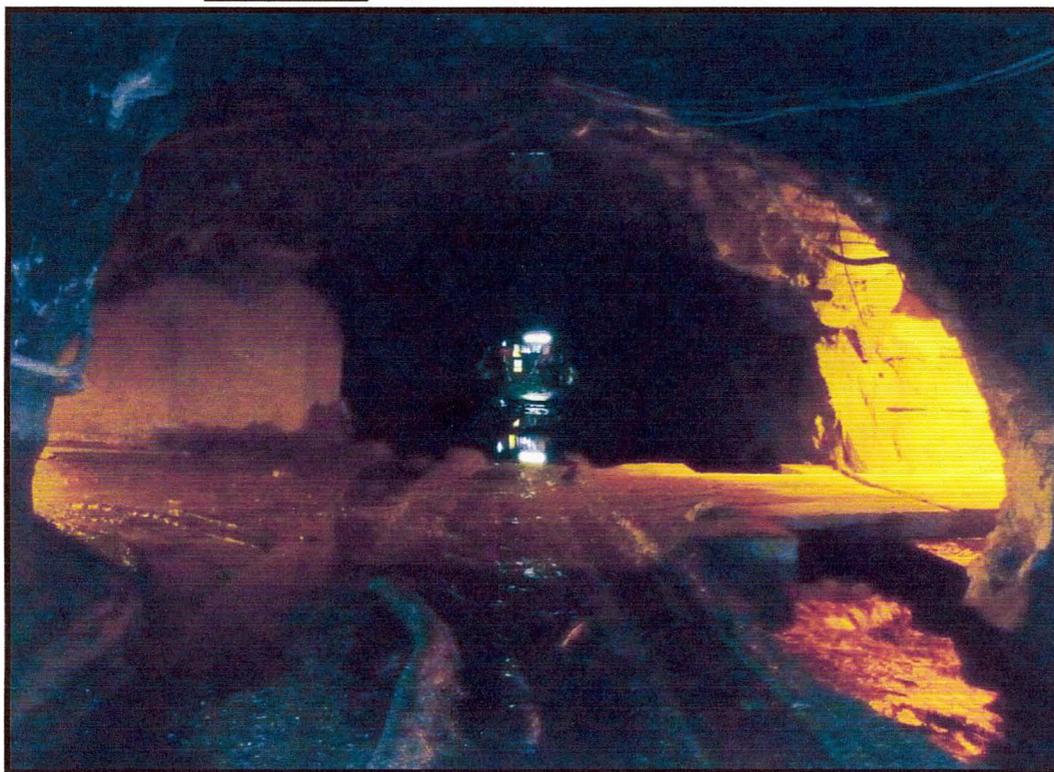
Fuente: Área de Mantenimiento – Huaripampa

Anexo N° 08: “Bocamina de entrada (Rampa 350)”



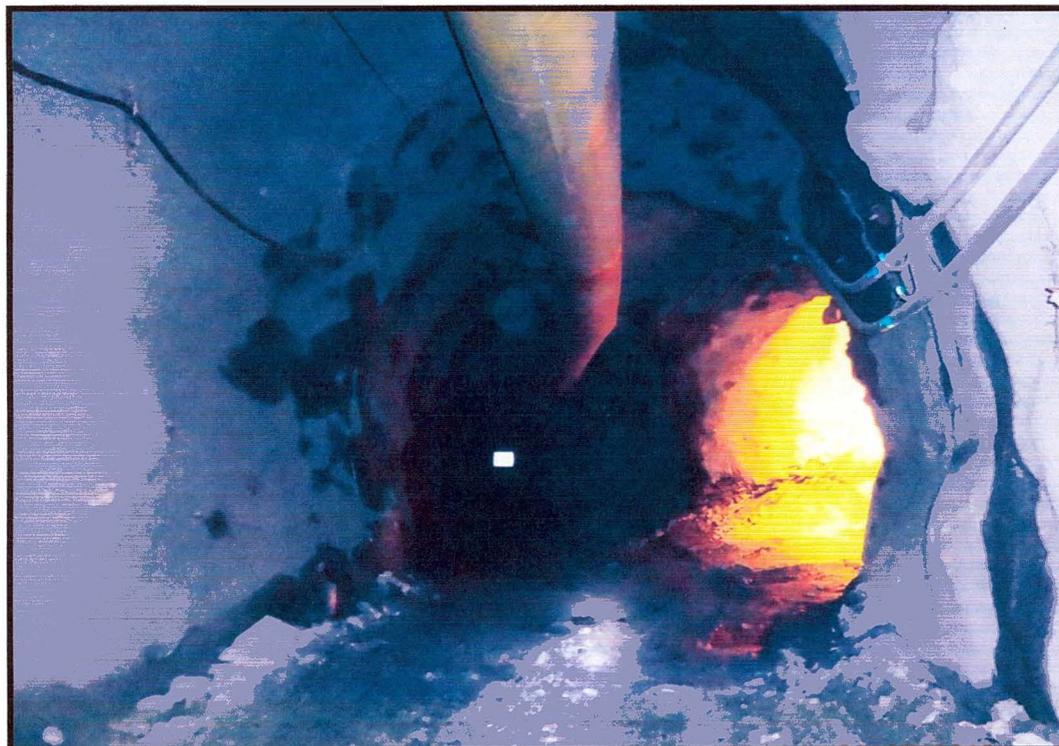
Fuente: U.E.A. San Cristóbal

Anexo N^o 10: "Interior de la Mina San Cristóbal"



Fuente: U.E.A. San Cristóbal

Anexo N^o 11: "Interior de la Mina San Cristóbal"



Fuente: U.E.A. San Cristóbal

Anexo № 12: “Echadero – Raise Boring”



Fuente: U.E.A. San Cristóbal

Anexo № 13: “Chut para el carguío de Troler – Mina San Cristóbal”



Fuente: U.E.A. San Cristóbal

Anexo Nº 14: "Fuente de energía: Sub estación Nº 129"



Fuente: U.E.A. San Cristóbal

Anexo Nº 15: "Sostenimiento con malla metálica"



Fuente: U.E.A. San Cristóbal

Anexo N° 16: “Equipo de Perforación: Jumbo Rocket Boomer 281”



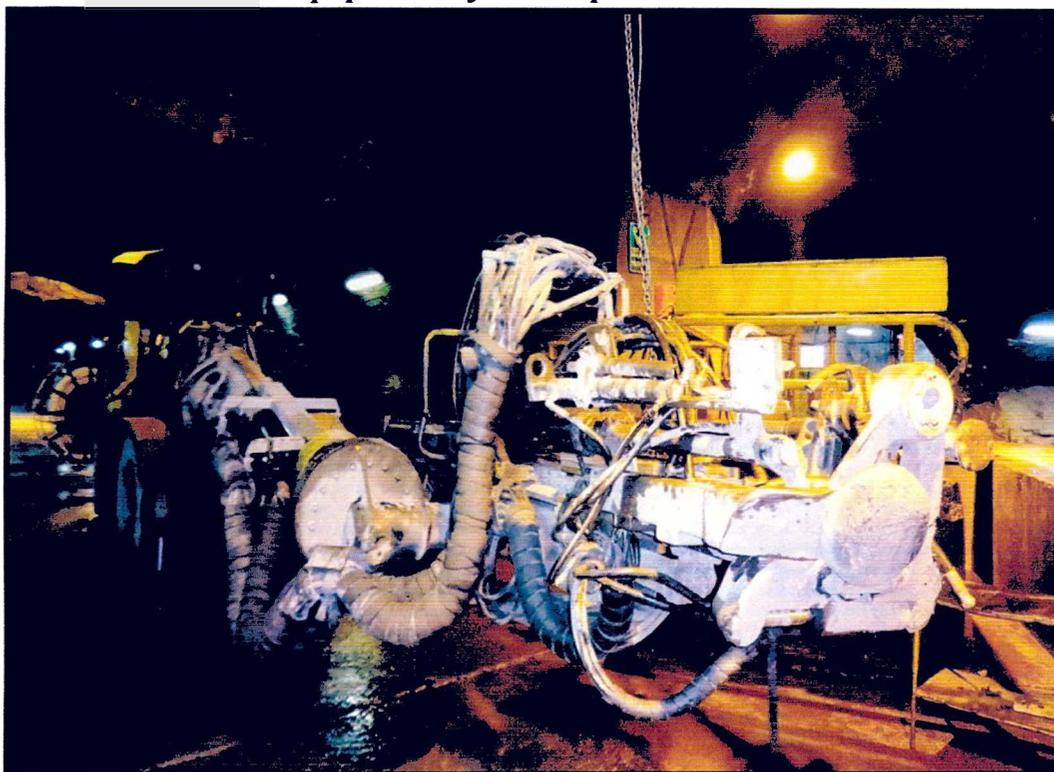
Fuente: Taller de Mantenimiento – Atlas Copco

Anexo N° 17: “Equipo de Perforación de Taladros Largos: Simba S1D”



Fuente: Taller de Mantenimiento – Atlas Copco

Anexo № 18: “Equipo de Perforación para Sostenimiento: Booltec”



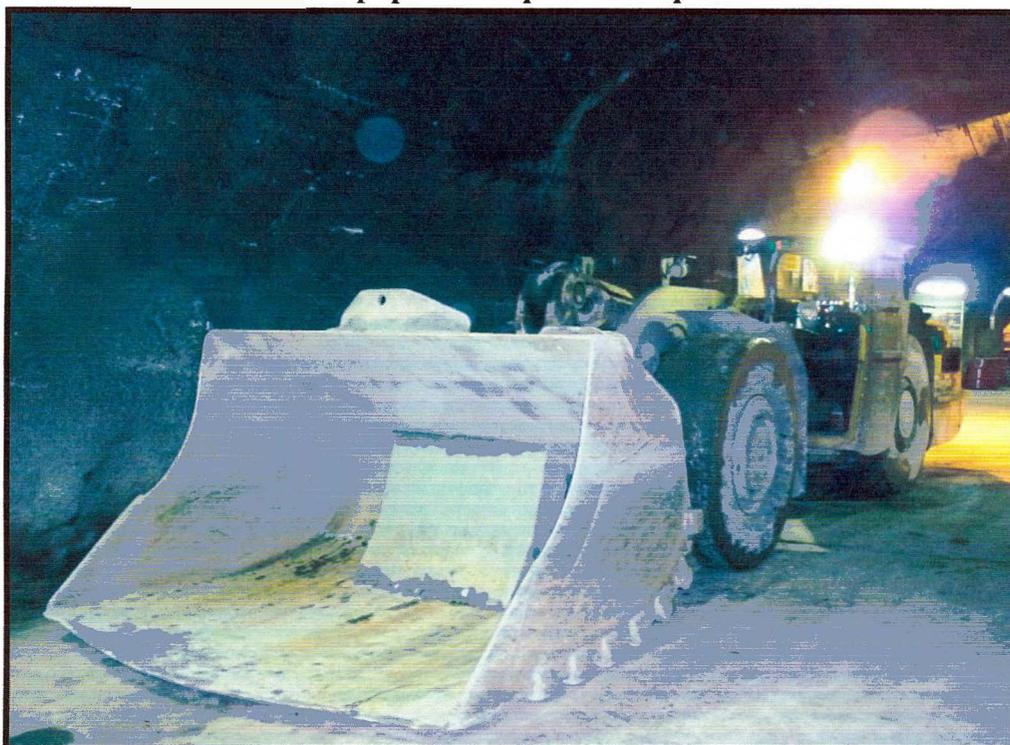
Fuente: Taller de Mantenimiento – Atlas Copco

Anexo № 19: “Equipo para el Desatado de Rocas: Scaler”



Fuente: Taller de Mantenimiento – Atlas Copco

Anexo № 20: “Equipo de Limpieza: Scoop-tram ST1030”



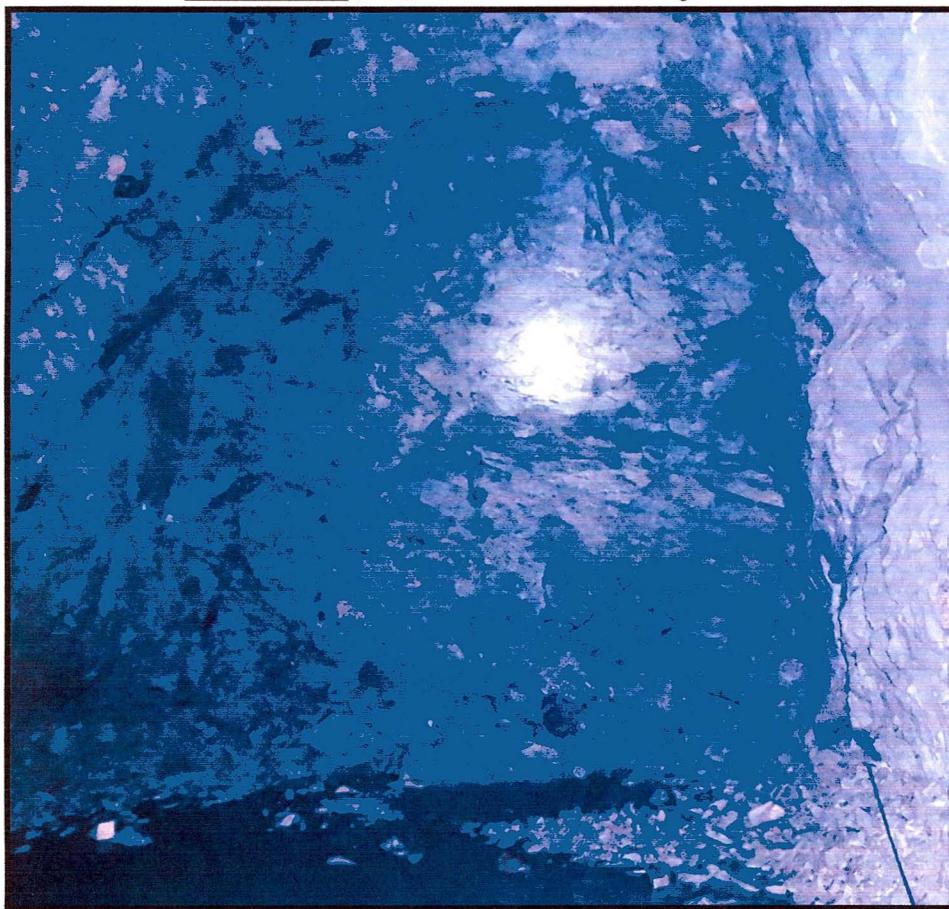
Fuente: Taller de Mantenimiento – Atlas Copco

Anexo № 21: “Equipo de Carguío: Dumper minetruck MT2010”



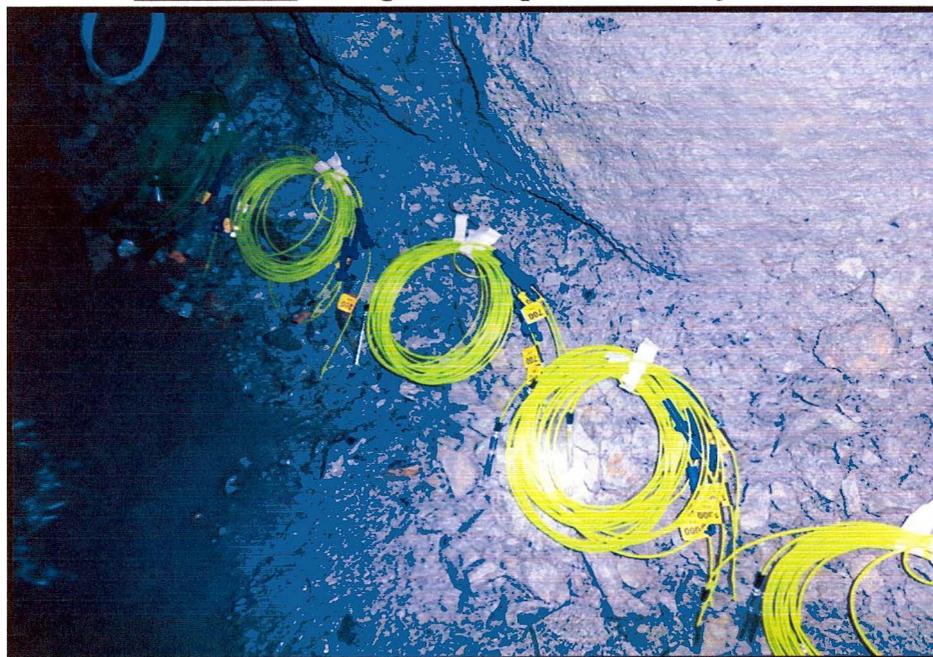
Fuente: Taller de Mantenimiento – Atlas Copco

Anexo N° 22: “Diseño de malla de un frente”



Fuente: U.E.A. San Cristóbal

Anexo N° 23: “Carguío de Explosivos en un frente”



Fuente: U.E.A. San Cristóbal

Anexo № 24: "Certificado de Acreditación en Medio Ambiente: ISO 14001"



Fuente: Volcán Compañía Minera S.A.A. – Unidad Yauli

Anexo № 25: "Certificado de Acreditación en Gestión de la Seguridad y Salud Ocupacional: OHSAS 18001"



Fuente: Volcán Compañía Minera S.A.A. – Unidad Yauli

Anexo Nº 26: “Estadísticas de Seguridad: Mes de Junio”



Fuente: U.E.A. San Cristobal

Anexo Nº 27: “Medidas de Prevención, Control y Mitigación de Impactos Ambientales – U.E.A. San Cristóbal – Etapa de construcción”

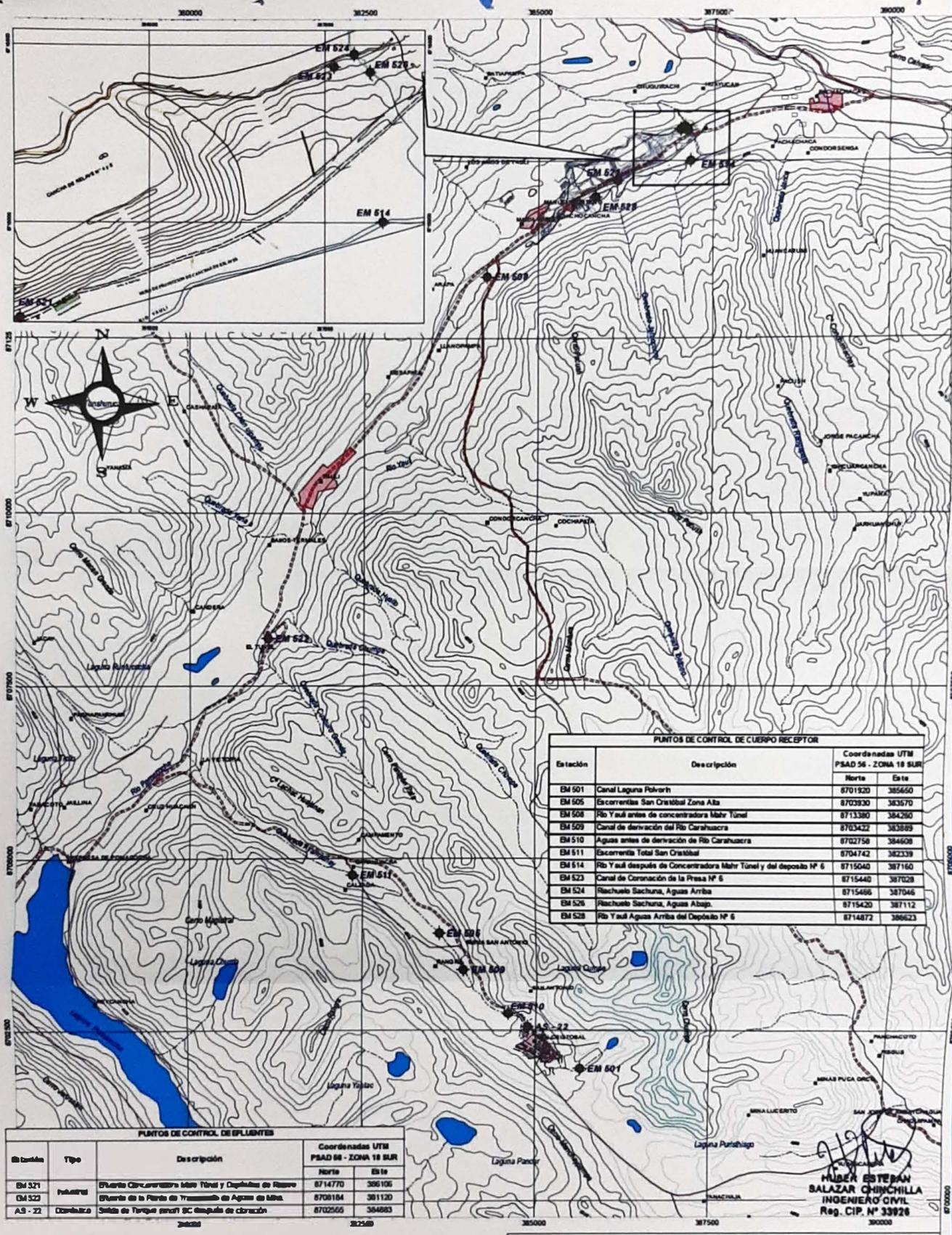
Impacto Ambiental	Medida de Manejo Ambiental
<ul style="list-style-type: none"> * Modificación de la topografía por la construcción e instalación de componentes adicionales. * Posibilidad de derrame de combustibles. * Pérdida de cobertura vegetal por remoción de la misma. 	<ul style="list-style-type: none"> * Minimizar el área a disturbar y nivelación del suelo al finalizar. * Aplicación del Plan de contingencia respectivo. * Minimización del área a disturbar.

Fuente: Modificación del E.I.A. de la Unidad minera San Cristobal

Anexo Nº 28: “Medidas de Prevención, Control y Mitigación de Impactos Ambientales – U.E.A. San Cristóbal – Etapa de operación”

Impacto Ambiental	Medida de Manejo Ambiental
<ul style="list-style-type: none"> * Riesgo de contaminación de suelo / agua por derrames accidentales. 	<ul style="list-style-type: none"> * Capacitación y entrenamiento a todos los trabajadores. * Aplicación del Plan de contingencia respectivo. * Mantenimiento constante de las instalaciones del sistema de tratamiento. * Procedimientos de trabajo seguro para el manejo de efluentes industriales.

Fuente: Modificación del E.I.A. de la Unidad minera San Cristobal



PUNTOS DE CONTROL DE CUERPO RECEPTOR

Estación	Descripción	Coordenadas UTM PSAD 56 - ZONA 18 SUR	
		Norte	Este
EM 501	Canal Laguna Polvorín	8701920	385650
EM 505	Escurrientes San Cristóbal Zona Alta	8700930	383570
EM 508	Río Yauli antes de concentradora Mehr Túnel	8713380	384280
EM 509	Canal de derivación del Río Carahuacra	8703422	383889
EM 510	Agua antes de derivación de Río Carahuacra	8702758	384608
EM 511	Escurrientes Total San Cristóbal	8704742	382339
EM 514	Río Yauli después de Concentradora Mehr Túnel y del depósito N° 6	8715040	387160
EM 523	Canal de Conexión de la Presa N° 6	8715440	387028
EM 524	Reschuelo Sachana, Aguas Arriba	8715466	387046
EM 526	Reschuelo Sachana, Aguas Abajo	8715420	387112
EM 528	Río Yauli Aguas Arriba del Depósito N° 6	8714872	386623

PUNTOS DE CONTROL DE EFLUENTES

Estación	Tipo	Descripción	Coordenadas UTM PSAD 56 - ZONA 18 SUR	
			Norte	Este
EM 521	Industrial	Effluente Concentradora Mehr Túnel y Depósitos de Resaca	8714770	386106
EM 522	Industrial	Effluente de la Planta de Tratamiento de Aguas de Lluvia	8706184	381120
AS - 22	Doméstico	Sifón de Torque smart SC después de cloración	8702555	384883

HUBER ESTEBAN SALAZAR CHINCHILLA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. N° 33926

LEYENDA

PUNTOS DE CONTROL

- Control Poblado
- Cuerpo Receptor
- Efluente
- Carretera
- Río Principal
- Río Secundario
- Lago
- Topografía
- Asfaltado
- Sin Asfaltar
- Troncha y Camino
- Población Urbana

Viveros y Lagunas Vilaverde
BIOLOGO
 C. I. 4385

Modificación del Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Depósito de Relaves N° 8 de Mehr Túnel y Programa de Adecuación y Manejo Ambiental de la U.P. San Cristóbal y sus modificatorias - Plan Integral para la Implementación de LMP de Descarga de Efluentes Minero Metalúrgicos y Adecuación a los ECA para agua

PUNTOS DE CONTROL

ESTACIÓN	FECHA	MLU	APROBADO:	H. B.	PLANO N°
PSAD 56 - 18 S	08/04/11	MLU	Aprobado:	H. B.	R-2
EST. A Y 50.000	08/04/11	MLU	Revisado:	VE	

ADD - 2012