

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA Y METALÚRGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



**“INICIO DE OPERACIONES DE MINA DE ORO A
TAJO ABIERTO”**

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

**PRESENTADO POR:
CESAR AUGUSTO MAMANI LEON**

**Lima - Perú
2012**

DEDICATORIA

Este Trabajo va dedicado en Primer Lugar a la memoria de mi Sr. Padre Don. Buenaventura Mamani Flores, Quien con Infinito Amor, Esfuerzo y Honradez, supo guiarnos por buenos caminos e inculcarnos perseverancia y esfuerzo a fin de alcanzar nuestras Metas y Objetivos.

Hoy que está en el Cielo sé que desde lo alto guía el camino de sus hijos a fin de que estos logren la felicidad.

Así mismo va dedicado a mi Señora madre Doña Facunda León Lipe de Mamani, que gracias a su dedicación, esfuerzo, amor y fe. Logró inculcar en mí lo importante que es Dios y la familia para lograr cumplir las metas propuestas en mi vida.

De igual manera con todo el amor, Dedico este trabajo a mi Esposa Doña Sara Elvira Soto Elguera, a mis Hijos Adriana Mamani Soto y Sergio Ventura Mamani Soto, Quienes son los pilares de Mi Vida, que gracias a su apoyo y amor he alcanzado mis objetivos hasta este momento.

AGRADECIMIENTO

En forma muy especial Agradezco a los miembros de la Familia que conforma esta Gran casa de estudios que es la UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA, a sus Autoridades, Profesores y Empleados, quienes siempre dieron un ejemplo a seguir, gracias a sus enseñanzas y principios que impartieron en mí desde el momento que llegue a esta casa de estudios.

De igual manera a las personas e instituciones que confiaron en mí a fin de aportar y poner en práctica lo estudiado y aprendido es la Universidad Nacional de ingeniería - UNI, haciendo especial el agradecimiento a los Ing. Luis Esteban Ingaroca y Héctor Campos Girón quienes fueron las personas que impulsaron mi desarrollo a un mundo profesional y competitivo.

RESUMEN

El presente informe trata del inicio de operaciones de una Mina de Oro a Tajo Abierto, los diferentes parámetros de operación necesarios para el arranque de la mina, las diferentes modificaciones en el proceso de minado hasta alcanzar los parámetros actuales, así mismo la identificación de los aspectos ambientales significativos con la finalidad de minimizar los impactos al ambiente y protección del mismo, los parámetros usados en el Proceso Metalúrgico.

Un breve Resumen alcanzado en los ajustes de los parámetros de operación y cuidado al ambiente son, El adecuado manejo ambiental en cada actividad del proceso de minado, los cuales son reflejados en los monitoreos participativos con la medición y control de la calidad del agua que se realiza en la quebrada el cedro, el cual se encuentra debajo de la operación (tajo) y en el cual se encuentran tres estaciones de monitoreo de influencia directa a la operación.

El monitoreo participativo es realizado con la presencia de representantes

de la Administración Local, la Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental de la Región, Autoridades de los Caseríos de la Zona de influencia Directa.

Los resultados obtenidos de las 4 estaciones de monitoreo para aire controladas mensualmente están por debajo de lo indicado en el Decreto Supremo D.S. 074 – 2001.

En referencia a lo operativo son las mejoras como producto final de nuestro minado, colocar en el PAD material con una fragmentación 80% debajo de 10" producto de la voladura sin chancado previo.

Comparando al ejecutado en el año 2010 en el cual se uso detonadores pirotécnicos al 100%; versus el ejecutado 2011, hasta la fecha con el uso de detonadores electrónicos en un 65% de total, se tuvo una reducción del P80 en 18% y factor de potencia de un 19%:

Los rendimientos de las excavadoras PC600 se incrementaron en un 10% debido a la mejora de la fragmentación por el uso de los detonadores electrónicos.

La malla de perforación tuvo un incremento en su espaciamiento y burden del 7%. Con la implementación de las cámaras de aire en los taladros de producción; se está proyectando un ahorro de explosivo en el año 2011 de \$310.000

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
RESUMEN	iv
CAPITULO I - ASPECTOS GENERALES	1
1.1 VISIÓN	1
1.2 MISIÓN	1
1.3 POLÍTICAS	3
1.4 UBICACIÓN	4
1.5 ACCESIBILIDAD	5
1.6 RESEÑA HISTÓRICA	5
CAPITULO II - GEOLOGÍA REGIONAL	8
2.1 GEOLOGÍA REGIONAL	8
2.2 GEOLOGÍA LOCAL	13

CAPITULO III - OPERACIONES MINA	17
3.1 ACTIVIDADES DE OPERACIÓN	17
3.1.1 PERFORACIÓN Y VOLADURA	17
3.1.2 CARGUÍO, ACARREO Y SERVICIOS AUXILIARES	22
3.2 CONTROLES EN OPERACIONES MINA PARA EL CONTROL DE LOS ASPECTOS AMBIENTALES SIGNIFICATIVOS	24
3.2.1 PERFORACIÓN Y VOLADURA	24
3.2.1.1 PERFORACIÓN	24
3.2.1.2 VOLADURA	25
3.2.1.3 CONTROL AMBIENTAL EN LA VOLADURA	28
3.2.2 CUIDADOS AMBIENTALES EN EL MINADO	31
3.2.2.1 CARGUÍO Y ACARREO	31
3.2.2.2 BOTADERO MINA Y PAD DE LIXIVIACIÓN	34
3.2.3 MANEJO DE AGUAS	40
3.2.3.1 BALANCE DE AGUAS	40
3.2.3.2 MANEJO DE ESCORRENTÍAS SUPERFICIAL EN LA OPERACIÓN MINA	41
3.2.4 RESULTADOS	42
3.2.4.1 BOTADERO MINA Y PAD DE LIXIVIACIÓN	42
CAPITULO IV - PROCESO METALÚRGICO	49
4.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO METALÚRGICO	49
4.1.1 CARGUÍO DE MINERAL AL PAD DE LIXIVIACIÓN	50
4.1.2 INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO	52

4.1.3	LIXIVIACIÓN DEL MINERAL Y MANEJO DE SOLUCIONES	55
4.1.4	BOMBEO DE SOLUCIÓN LIXIVIANTE	56
4.1.5	COLECCIÓN DE SOLUCIÓN PREGNANT	57
4.1.6	BOMBEO DE SOLUCIÓN PREGNANT	58
4.1.7	ADSORCIÓN EN COLUMNAS DE CARBÓN ACTIVADO	59
	CONCLUSIONES	62
	RECOMENDACIONES	64
	BIBLIOGRAFÍA	65

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 3.1 - Indicadores de Voladura	22
Tabla 3.2 - Medición de Vibraciones	29
Tabla 3.3 - Balance hídrico para una producción de 20,000 TM/día	41
Tabla 3.4 - Promedio de fragmentación del P80	44
Tabla 3.5 - Comparación del P80, Detonadores electrónicos vs pirotécnicos	44
Tabla 3.6 - Factor de potencia Vs P80	45
Tabla 3.7 - Rendimiento de excavadoras	45
Tabla 3.8 - Burden y espaciamiento	46
Tabla 3.9 - Factor de potencia	46
Tabla 3.10 - Ahorro con el uso de cámaras de aire	47
Tabla 3.11 - Ahorro con el uso de retenedores de energía	48

ÍNDICE DE FOTOS

	Pág.
Foto 3.1 - Perforadora SKF-11	19
Foto 3.2 - Perforadora Sandvik-Tamrock 1500	19
Foto 3.3 - Camión Fabrica de Anfo y Heavy Anfo	20
Foto 3.4 - Accesorios y Agentes de Voladura	21
Foto 3.5 - Análisis de Fragmentación Con el Software Split net	21
Foto 3.6 - Carguío y Acarreo en Minera la Zanja	23
Foto 3.7 - Descarga en el Pad de Lixiviación	24
Foto 3.8 - Tajo San Pedro Sur, Dirección de la voladura hacia el centro del banco	25
Foto 3.9 - Detonadores Electrónicos	28
Foto 3.10 - Uso de Retenedores de Energía	30
Foto 3.11 - Uso de cámaras de aire	31
Foto 3.12 - Instalación de barreras dinámicas	34
Foto 3.13 - Instalación de prismas de monitoreo en Botadero	35
Foto 3.14 - Instalación de prismas de monitoreo en el pad	35

Foto 3.15 - Canal de coronación del botadero de mina	37
Foto 3.16 - Canal de Coronación del pad	38
Foto 3.17 - Instalación del sistema de captación del pad	39
Foto 3.18 - Estimación de fragmentación mediante métodos gráficos	43
Foto 3.19 - Mineral fragmentado en el pad	45
Foto 4.1 - Vista General de Planta	50
Foto 4.2 - Vista panorámica del pad	50
Foto 4.3 - Tendido de mangueras para la lixiviación	53
Foto 4.4 - Vista de pozas de procesos	58

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 3.1 - Secuencia de minado tajo San Pedro Sur	33
Figura 3.2 - Curva de análisis granulométrico para al P80	43
Figura 4.1 - Diagrama general del proceso metalúrgico	54

ÍNDICE DE PLANOS

	Pág.
Plano 1.1 - Ubicación y Accesibilidad	5
Plano 2.1 - Alteración y Mineralización de Geología Regional	12
Plano 2.2 - Litología de geología regional	13
Plano 2.3 - Alteración de geología local	15
Plano 2.4 - Plano litológico de geologia local	16

CAPITULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1 Visión

Minera La Zanja es una empresa minero – metalúrgica, globalmente competitiva.

Somos líderes en términos de seguridad y generación de oportunidades para el desarrollo integral de nuestro equipo humano, así como en rentabilidad y creación de valor para los accionistas.

Estamos plenamente comprometidos con un manejo responsable del medio ambiente y con el desarrollo sostenible de las comunidades en las que operamos.

1.2 Misión

Formar y mantener un equipo humano multidisciplinario con

excelencia empresarial.

Llevar a cabo operaciones minero–metalúrgicas de manera segura y eficiente aplicando los más altos estándares de la industria.

Promover el crecimiento y el desarrollo orgánico, principalmente a través de las exploraciones y la investigación metalúrgica.

Propiciar nuestra asociación con empresas afines de primer nivel en el mundo. Adquirir y desarrollar activos mineros en Iberoamérica.

Diversificar nuestra producción a otros metales o minerales industriales.

Mantener el contacto y la transparencia con nuestros accionistas, las autoridades y demás grupos de interés (stake holders).

Aplicar las mejores prácticas de Gobierno Corporativo.

Lograr excelencia ambiental en nuestras operaciones y exploraciones.

Desarrollar y promover alianzas estratégicas con las comunidades donde operamos, participando activamente en favor de su desarrollo sostenible.

Lograr un ambiente de trabajo que promueva el desarrollo humano y profesional en todos los ámbitos de la empresa.

1.3 Políticas

Minera La Zanja, Es una empresa minero metalúrgica, productora de minerales y metales.

La persona humana es el eje de la empresa.

Nuestras Actividades se rigen por la práctica de los siguientes valores:
Laboriosidad, honestidad, lealtad, Respeto y transparencia.

Los Actos de Minera la Zanja se fundamentan en los siguientes compromisos.

Alcanzar nuestros objetivos y metas de seguridad y salud ocupacional, medio ambiente, calidad y relaciones comunitarias en concordancia con la visión y misión de la empresa.

Cumplir con la legislación aplicable, requisitos y compromisos asumidos por la empresa relacionados con la seguridad y salud ocupacional, además de los aspectos de calidad, los ambientales y sociales.

Prevenir las lesiones y enfermedades de nuestros colaboradores y visitantes, así como los impactos ambientales y sociales adversos que pudieran ser generados por nuestras actividades y productos.

Desarrollar un proceso permanente de mejora continua del sistema de gestión seguridad y salud ocupacional, medio ambiente, calidad y relaciones comunitarias.

Trabajar respetando las costumbres locales promoviendo la identidad y el desarrollo sostenible de nuestro entorno local.

Utilizar las mejores prácticas y tecnologías económicamente factibles para asegurar la calidad de nuestras actividades procesos y productos.

1.4 Ubicación

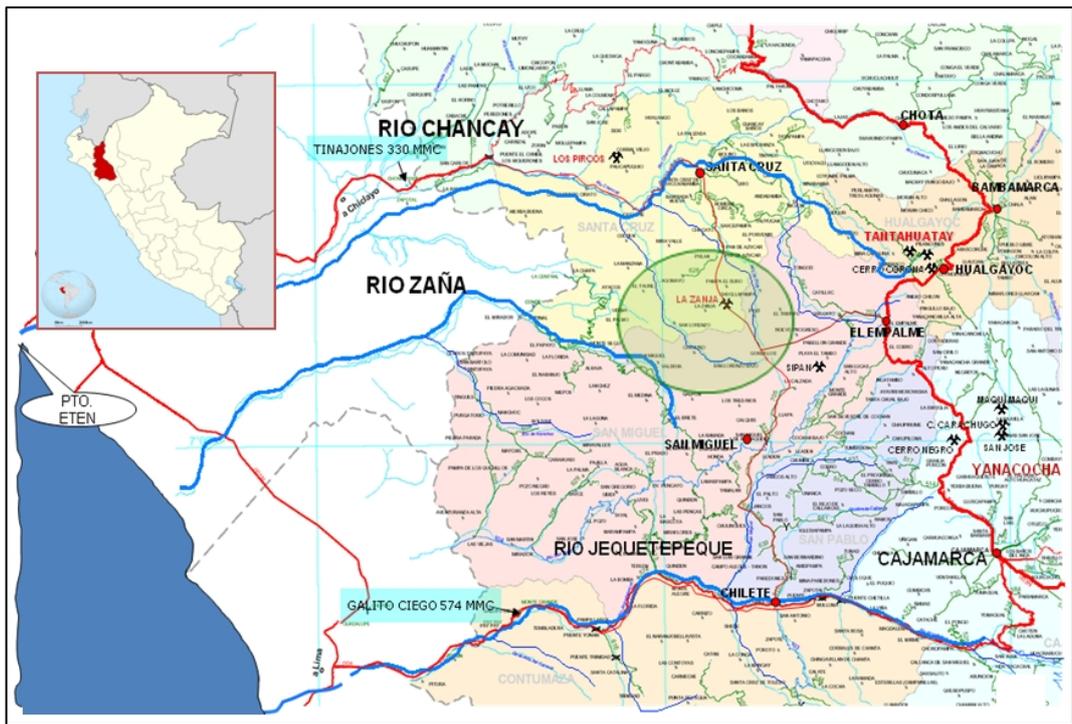
El Proyecto La Zanja, está ubicado en el caserío La Zanja (también denominado La Redonda), en el distrito de Pulán, provincia de Santa Cruz de Succhabamba, departamento de Cajamarca.

El área del proyecto comprende las zonas altas de este distrito, a una altitud que varía entre los 2 800 y 3 811 m y la zona limítrofe con los distritos de Catache (de la misma provincia de Santa Cruz) y Calquis y Tongod (provincia de San Miguel de Pallaques).

1.5 Accesibilidad

Desde Cajamarca, se llega al Proyecto La Zanja pasando por Cajamarca – El Empalme – Proyecto (102 Km). El tramo Cajamarca - El Empalme (70 Km) está afirmado mientras el tramo El Empalme - Proyecto (32 Km) está parcialmente afirmado. También se puede llegar desde el desvío (DV) Chilete – San Miguel – Proyecto. El tramo DV Chilete – San Miguel (53,50 Km) es afirmado mientras el tramo San Miguel - Proyecto (35 Km) es una trocha carrozable.

Plano 1.1 - Ubicación y Accesibilidad



Fuente: EIA de Minera la Zanja.

1.6 Reseña Histórica

En 1991 Buenaventura Ingenieros S.A. (BISA) realizó un

reconocimiento geológico inicial en el área de La Zanja a través de imágenes satelitales. A partir de este reconocimiento, se identificaron áreas con alteración hidrotermal en ambientes volcánicos favorables para la Mineralización. Entre 1993 y 1998, Newmont Perú Limited desarrolló trabajos de exploración a escala distrital que incluyeron muestreo de rocas (afloramientos y trincheras), cartografiado 1/5 000, geofísica terrestre y aérea, así como sondajes de perforación diamantina y de circulación reversa. Estos trabajos permitieron identificar áreas con potencial de mineralización.

Entre 1999 y 2006, los trabajos realizados primero por Compañía de Minas Buenaventura S.A.A. (CMBSSA) y posteriormente por Minera La Zanja, se concentraron en la exploración detallada de los prospectos más importantes (San Pedro Sur y Pampa Verde). Para ello se efectuó el cartografiado de detalle (escala 1/1.000), muestreo de rocas en trincheras, labores de reconocimiento, sondajes diamantinos (malla de perforación 50m x 50m) y pruebas metalúrgicas en laboratorios especializados. Durante el año 2006 se completó el programa de confirmación de recursos geológicos, así como diversas investigaciones metalúrgicas. El 7 de setiembre de 2005 se inscribió la transferencia de los derechos mineros del proyecto efectuada por Buenaventura en favor de Minera La Zanja. Mediante escrito N° 1563371 de fecha 14 de octubre de 2005, CMBSAA informa al Ministerio de Energía y Minas que Minera La Zanja será el nuevo

titular del proyecto.

Mediante Resolución Directoral N°528-2005- MEM/AAM de fecha 13 de diciembre de 2005, Minera La Zanja asume las obligaciones y compromisos del proyecto.

CAPITULO II

GEOLOGÍA

2.1 Geología Regional

Substrato Pre Terciario

El substrato del arco volcánico Cenozoico está conformado por unidades estratigráficas mesozoicas de origen marino, continental y volcánico. En la parte Noroeste el substrato también lo conforma el Batolito de la Costa compuesto de granodioritas y tonalitas, Las unidades cretácicas corresponden al relleno de la Cuenca Mesozoica Occidental del Norte del Perú, la cual Wilson (2000) divide en las sub cuencas menores de Cajamarca, Santa, y Churín. En el área de estudio el arco volcánico del terciario se encuentra sobre un substrato Cretácico,

Correspondiente al límite de la Cuenca Cajamarca y la Cuenca Cretácica Oriental. La estratigrafía entre ambas cuencas es

coincidente, variando sólo en espesores La Cuenca Cajamarca del Cretácico, presenta orientación E-W, limitada al norte por el Sistema de Fallas Transformantes Hualgayoc y por el Sur por el Sistema de Fallas Transformantes Trujillo. Estas fallas transformantes juegan un papel importante en la metalogénia de yacimientos minerales, La estratigrafía del Cretácico es conformada por el Grupo Goyllarisquizga dividido en cuatro formaciones:

La Formación Chimú que consiste de cuarcitas con estratos de conglomerados con clastos de cuarzo, sobre este se tiene a la Formación Santa que está compuesta por lutitas negras (Wilson 2000). Las Formaciones Carhuaz y Farrat no se han identificado aunque son mencionadas por Wilson (2000). Luego se pasa a una sedimentación marina carbonatada del Cretácico medio a superior, la cual es representada por la Formación Inca constituida por areniscas ferruginosas, las cuales son restringidas a la Cuenca Cajamarca, sobre esta se tiene a la Formaciones Chulec/Pariatambo compuesta por 1500 m de calizas, lutitas y areniscas calcáreas. 13,5 Ma Edad de Mineralización (Noble y McKee, 2000).

El Arco Volcánico Cenozoico (Magmatismo Calipuy)

El Arco volcánico Cenozoico, conforma la Cordillera Occidental del Norte del Perú tiene orientación, NW-SE, y se ha emplazado a lo largo de grandes accidentes estructurales andinos que presentan la misma

orientación. Debido a la actividad del arco volcánico se han depositado en discordancia, angular sobre el substrato cretácico unidades estratigráficas de origen volcánico continental, denominadas por Cossio (1964) y Cobbing et al. (1981) como Grupo Calipuy, luego Wilson (1985) reconoció dos unidades, separadas por una discordancia angular dentro del Grupo Calipuy a las que les denominó Formación Llama y Formación Porculla. El Grupo Calipuy tiene un espesor aproximado de 2.000 m, y es conformado por conglomerados con clastos de naturaleza volcánica y sedimentaria, los cuales se encuentran subredondeados, luego en la parte media se encuentran mayormente lavas de composición ácida a intermedia, con intercalaciones de limos y lutitas rojas, la parte superior es compuesta por niveles de tobas con intercalaciones de lavas. Dentro del Grupo Calipuy es muy difícil determinar centros volcánicos debido que estos se encuentran erosionados, sin embargo no se puede descartar la posibilidad de que este volcanismo haya podido tener un origen fisural aprovechando sistemas estructurales regionales, por ejemplo, el corredor Neestructural San Pablo-Porculla. Sobre el Grupo Calipuy yace en discordancia una secuencia piroclástica conocida como Formación Huambos.

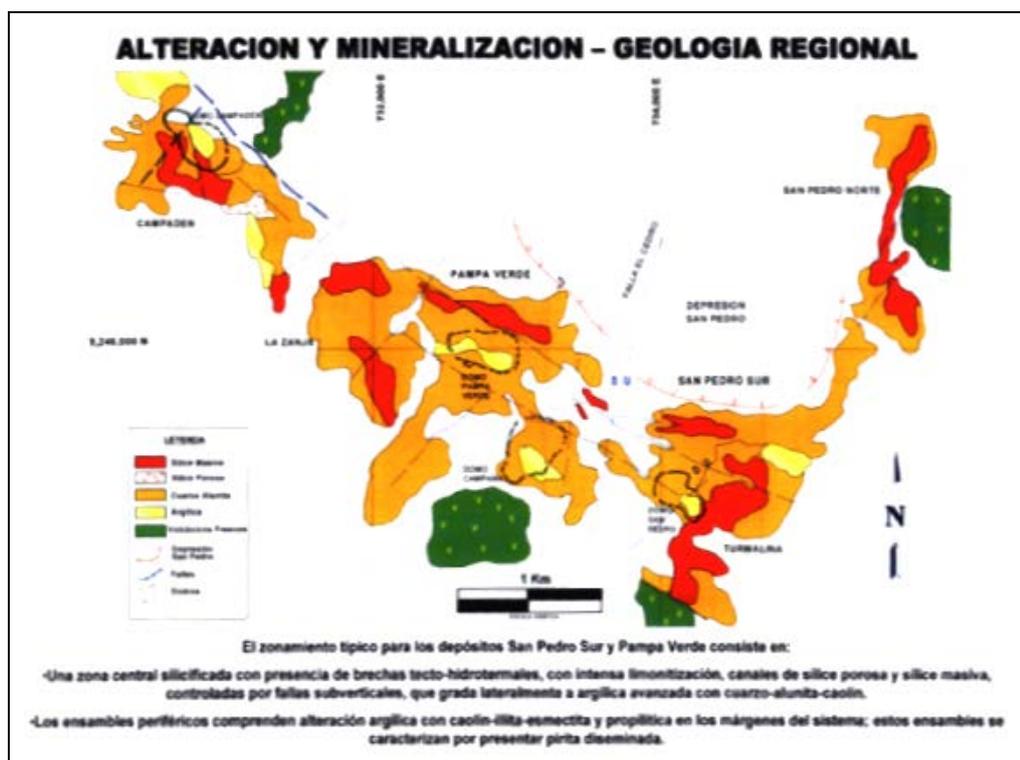
Corredor Estructural San Pablo - Porculla

Uno de los rasgos estructurales comunes entre los yacimientos estudiados es que las estructuras mineralizadas principales tienen

orientación principal NW-SE y están controladas por fallas de la misma dirección, que complementado con el alineamiento regional de yacimientos con similares características metalogénicas nos inducen a proponer un corredor estructural al que hemos denominado Corredor estructural San Pablo-Porculla. Este, presenta una orientación promedio de N30°W y aproximadamente en la zona de estudio tiene 20 Km de ancho por 120 Km de largo. Este corredor estructural estaría conformado por un sistema de fallas de compleja morfología aún no estudiada totalmente. A lo largo de este corredor se puede observar fallas que han tenido diferente comportamiento cinemático, es decir, que algunos sectores puede tener movimientos compresión y en otros de distensión, provocando de esta manera zonas de debilitamiento cortical que facilitan el desarrollo de sistemas volcánicos emergentes relacionados con fases de mineralización hidrotermal. Estas estructuras probablemente profundas han controlado el emplazamiento de pequeños cuerpos sub volcánicos y un intenso flujo hidrotermal relacionado al magmatismo Calipuy, en cuyo eje se formaron los edificios volcánicos principales. Entre Los Pircos y Comuche, se ha reconocido y cartografiado este sistema estructural, donde se puede observar un corredor limitado por las fallas Cirato y Los Pircos-Catache que controla la ubicación de los yacimientos Los Pircos y Lucero (Achiramayo). la morfología del sistema de fallas es anastomosada donde forman bloques romboédricos en cuyos vértices se han formado estructuras tipo

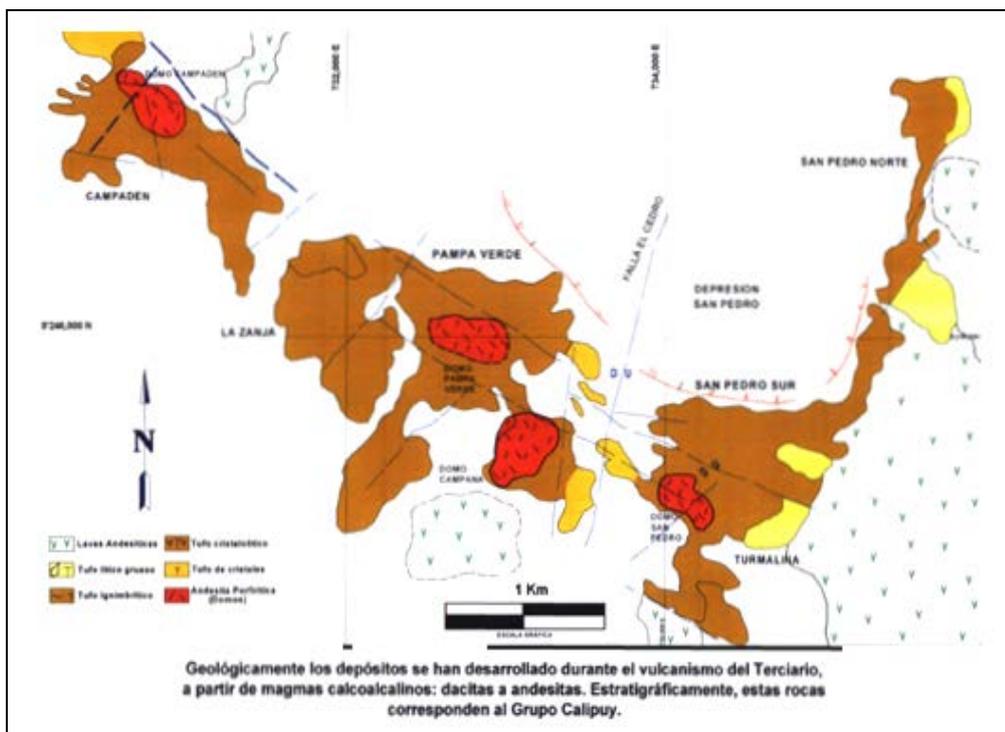
abanicos imbricados o “cola de caballo” que son favorables trampas estructurales para la ubicación de zonas de bonanza, como es el caso de la veta Diana en Los Pircos (Enríquez y Rodríguez, 2005). Otro rasgo estructural también observado en los yacimientos ubicados en este corredor es la presencia de estructuras menores de orientación NE-SW, con importantes contenidos metálicos. Estos rasgos probablemente están relacionados a las fallas transformantes que corrobora el carácter segmentado de las fallas transformantes de dirección anti-andina.

Plano 2.1 - Alteración y Mineralización de Geología Regional



Fuente: Estudio de geología regional Newmont (1997).

Plano 2.2 - Litología de geología regional



Fuente: Estudio de geología regional Newmont (1997).

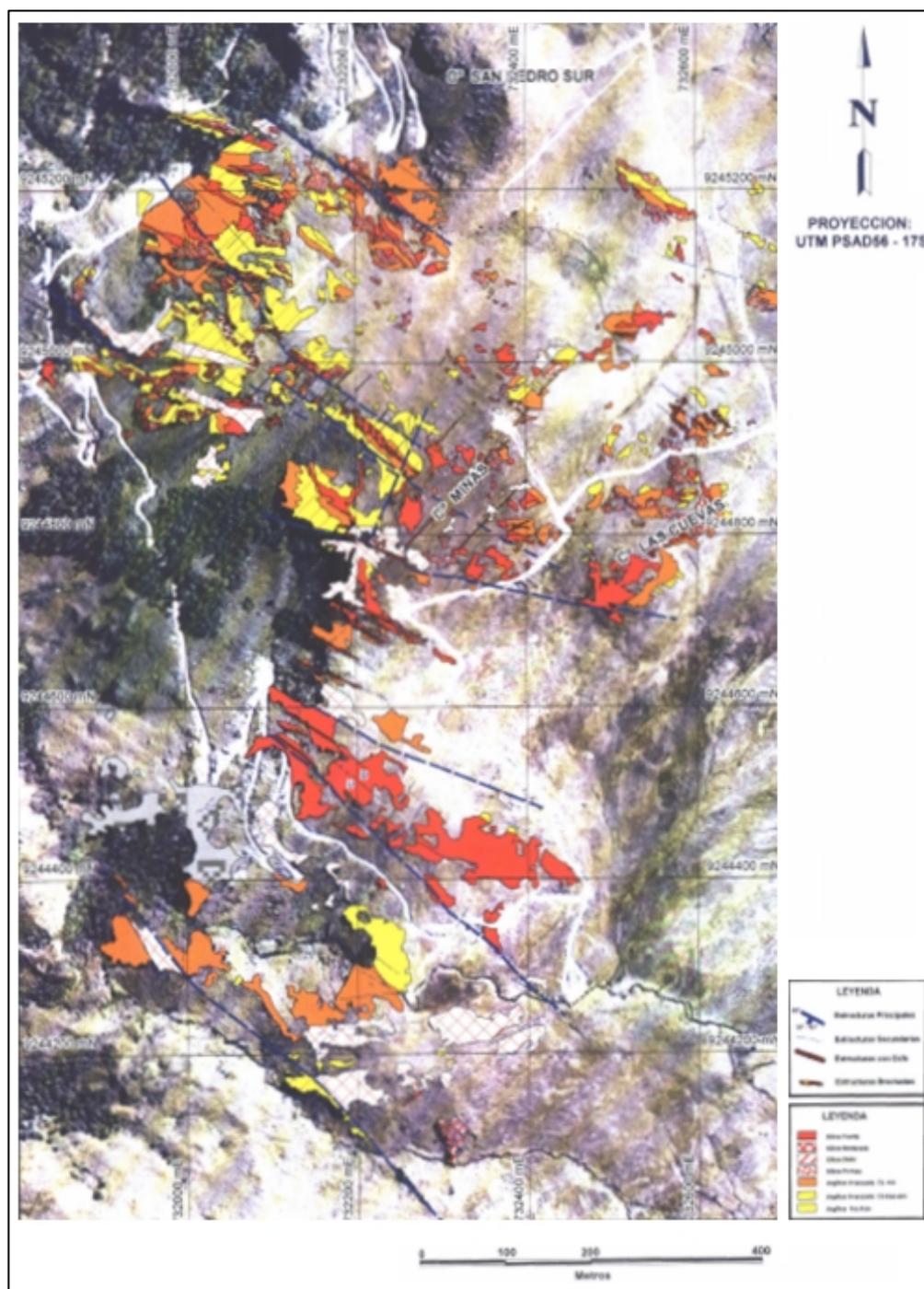
2.2 Geología Local

En el área del proyecto afloran rocas de origen volcanoclástico, consistentes en una secuencia de tufos, tobas y lavas, de naturaleza andesítica, dacítica y riolítica, pertenecientes a las formaciones Llama, Porculla y Volcánicos Huambo. Las edades geológicas de estas rocas

Varían desde el Eoceno Superior al Mioceno Superior y Plioceno tardío. En los alrededores del área del proyecto, se presentan también cuerpos subvolcánicos asociados con un evento volcánico–magmático contemporáneo a los depósitos piroclásticos. Sobre la secuencia volcanoclástica, e influenciada por los cuerpos subvolcánicos, se ha identificado mineralización de valor económico, como es el caso de

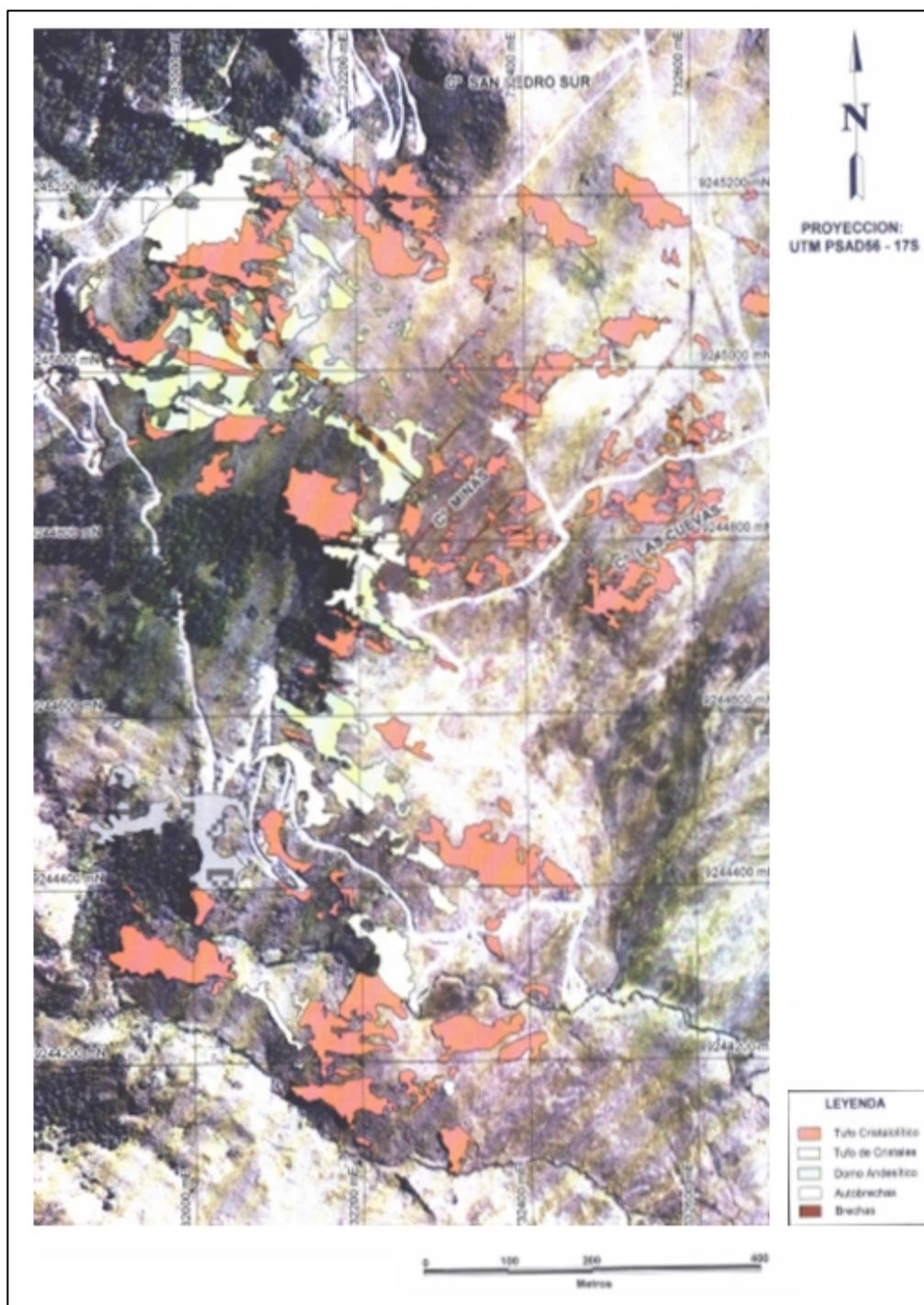
San Pedro Sur y Pampa Verde, correspondiente a procesos epitermales de alta sulfuración. Este tipo de yacimiento se caracteriza por presentar una alteración hidrotermal claramente zonificada, con presencia de silicificación en la parte central y una graduación a rocas argílicas hacia los bordes.

Plano 2.3 - Alteración de geología local



Fuente: Informe de geología local Minera La Zanja (2003).

Plano 2.4 - Plano litológico de geología local



Fuente: Informe de geología local Minera La Zanja (2003)

CAPITULO III

OPERACIONES MINA

3.1 Actividades de operación

3.1.1 Perforación y voladura

Las operaciones unitarias del minado se realiza mediante tercerización que está a cargo de la E.E consorcio Zanja que es un Joint Venture entre Graña y Montero con la empresa australiana Stracon, para los taladros de producción se usan perforadoras SKF con diámetro de perforación de 6 3/4" con martillo de fondo, el pre-corte y perforación amortiguada se realiza con una perforadora Sandvik Tamrock pantera 1500 con diámetro de 5", la altura de banco para la explotación es de 6 m la altura de perforación en los bancos es de 6,5 m y 7 m dependiendo de la calidad del macizo rocoso, actualmente se están explotando dos zonas sector sur y norte del Tajo San Pedro.

Con la Información existente, de características geomecánicas de los dos sectores se establecieron los parámetros de perforación para las mallas que se usan actualmente son mallas triangulares equiláteras de 4,5 x 5,2 m y 4,9 x 5,6 m.

Con respecto a la voladura se utiliza Anfo Pesado para todos los disparos en la zona sur que es la que presenta mayor tenacidad y fracturamiento se utiliza la mezcla 50/55, la granulometría requerida en el pad de lixiviación es el 80% por debajo de 10 pulgadas.

Equipos y Parámetros de Perforación.

Equipo de perforación: 01 SKF -11

01 PANTERA 1500

Diámetro de perforación: Producción: 6 3/4 pulgadas

Recorte: 5 pulgadas

Sistema de perforación: DTH (Martillo de Fondo)

Pull Down: 500 – 700 PSI

Diámetro de Barra: 4,5 pulgadas

Velocidad de penetración: 45 m/hora

Malla de perforación: Triangular equilátera

Espaciamiento: 5,40 m (Dureza 3)

5,60 m (Dureza 1-2)

Burden: 4,70 m (Dureza 3)
4,87 m (Dureza 1-2)

Toneladas/taladro: 361

Densidad de roca: 2,374 t/m³

Foto 3.1 - Perforadora SKF-11



Fuente: Informe de operaciones mina 2011, Minera la Zanja

Foto 3.2 - Perforadora Sandvik-Tamrock 1500



Fuente: Informe de operaciones mina 2011, Minera la Zanja.

Equipos, Accesorios y Agentes de Voladura

Sistema mecanizado de carga: Camión Fabrica Quadra

Explosivo: Anfo Pesado 30/70 - 45/55

Sistema de iniciación: No eléctrico

Sistema silencioso de voladura.

Reducción del burden teórico

Secuencia de salida: taladro por taladro

Factor de Potencia: 0,34 Kg/Ton.

Foto 3.3 - Camión Fabrica de Anfo y Heavy Anfo



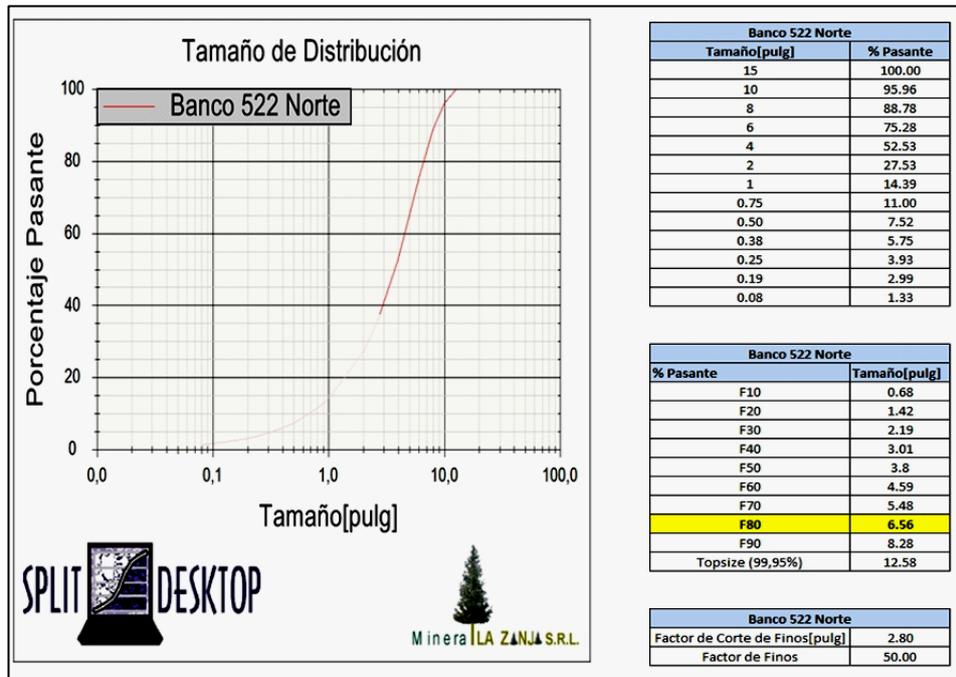
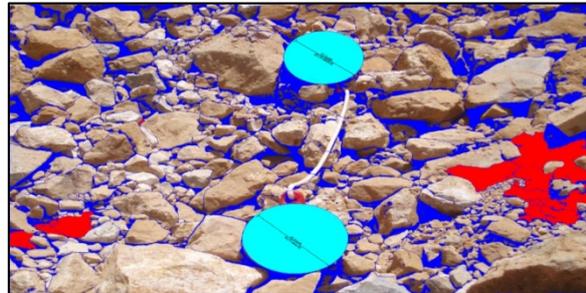
Fuente: Informe de operaciones mina 2011, Minera la Zanja.

Foto 3.4 - Accesorios y Agentes de Voladura



Fuente: Informe de operaciones mina 2011, Minera la Zanja.

Foto 3.5 - Análisis de Fragmentación Con el Software Split net



Fuente: Informe de operaciones mina 2011, Minera la Zanja.

Tabla 3.1 - Indicadores de Voladura

Indicadores	Ud	Plan	Actual	Plan/Actual
Factor de potencia	Kg/Ton	0.33	0.30	100%
Fragmentación (P80<10")	Pulg	10"	6.38	100%

Fuente: Informe de operaciones mina 2011, Minera la Zanja.

3.1.2 Carguío, Acarreo y Servicios Auxiliares

El carguío y acarreo, actualmente se realiza con equipos menores:

- 02 Excavadoras de 4,5 m³.
- 20 Volquetes de 33 Ton.

Equipos auxiliares para apoyo:

- 01 Cisterna de 8.000 galones.
- 01 Motoniveladora 14H.
- 01 Retroexcavadora de 0,4 m³

Las características de minado:

- Angulo de talud promedio 45°.
- Pendiente máxima de rampas 10%.
- Ancho libre de rampas 10 m.
- Ancho de bermas 6,4 m.
- Altura de banco 6 m. (65°)

La producción diaria de mineral es de 20.000 TM/día, y desmonte de 14.000 lo cual lleva a una relación mineral/desmonte de 0,7,

con referente al carguio este se realiza con 02 excavadoras Komatsu Pc 600 de 4,5 m³ de capacidad de cuchara y una excavadora en Stand By, cuyo rendimiento esta en promedio de 900 TM/hr,

El transporte se realiza con volquetes de 20 m³ de capacidad de tolva cuya distancia promedio de acarreo en el primer año de operación es de 1,7 Km el ancho de vías es de 13,5 m y el efectivo de vía es de 12 m. El material transportado al pad es llevado directamente del tajo sin chancado previo por ello es de vital importancia el obtener una fragmentación producto de la voladura por debajo del P (80).

Para los servicios auxiliares de operaciones tales como empuje de material en el pad y botadero se cuenta con 02 tractores Caterpillar D8T, para el mantenimiento de vías se cuenta con dos motoniveladoras (01 Cat 140H y 01 Cat 14H), 01 rodillo de 15 t.

Foto 3.6 - Carguío y Acarreo en Minera la Zanja



Fuente: Informe de operaciones mina 2011, Minera la Zanja.

Foto 3.7 - Descarga en el Pad de Lixiviación



Fuente: Informe de operaciones mina 2011, Minera la Zanja.

3.2 Controles en operaciones mina para el control de los aspectos ambientales significativos

- Objetivo.

Mitigar los impactos ambientales identificados en el proceso de minado; cumpliendo los compromisos asumidos y la mejora constante en nuestros resultados operativos.

3.2.1 Perforación y Voladura.

3.2.1.1 Perforación

Nuestra perforación de producción se realiza con brocas tricónicas en zonas suaves y martillo de fondo en zonas duras. En esta actividad los proyectos de perforación son diseñadas para una determinada secuencia de minado y evitar que las rocas productos de la voladura y minado impacten el bosque.

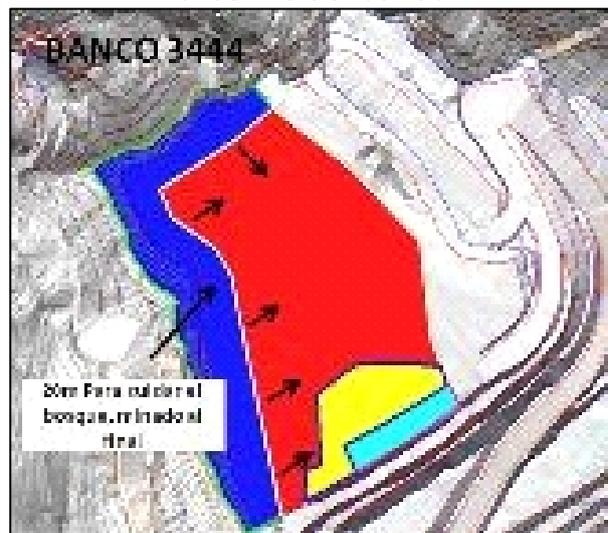
Para ello se ha tomado varias previsiones como:

- Uso del colector de polvo y sistema de inyección de agua

permanente.

- Perforación en el medio del banco de minado para una secuencia de minado y generación de cara libre.
- Las crestas de los bancos colindante a los bosques son perforados al final de todo el banco; utilizando para ello diámetro de 5 pulgadas. Así mismo para los taladros de recorte como amortiguamiento a los taludes.
- Perforación a una altura de banco de 6 m con la perforadora SKF con 6 3/4 pulgadas de diámetro.

Foto 3.8 - Tajo San Pedro Sur, Dirección de la voladura hacia el centro del banco



Fuente: Informe de operaciones mina 2011, Minera la Zanja.

3.2.1.2 Voladura

El tajo se ubica muy cerca a una extensa zona de bosques, cuya vegetación y fauna merecen un especial cuidado para preservarlo. En tal sentido, se está realizando controles

estrictos en la voladura de producción para no alterar el medio ambiente y cumplir con los compromisos asumidos con las comunidades vecinas.

Los métodos secuenciales más notables son:

a. Zonificación según tipo de dureza

De acuerdo a la dureza se ha zonificado el Tajo San Pedro Sur de la siguiente manera:

Dureza 1: Suave (Argílico): 75 MPa

Dureza 2: Media (Argílico avanzado): 125 MPa

Dureza 3: Duro (Silicificación): 260 MPa

b. Parámetros de voladura.

Los parámetros de voladura son los siguientes:

01 Camión Fabrica Quadra

Capacidad: 8 toneladas de emulsión

6 toneladas de nitrato de amonio

Sistema de iniciación:

Electrónica en un 65% (voladura inalámbrica)

No eléctrico en un 35% (voladura silenciosa)

Tipo de explosivo:

Anfo Pesado vaceable 45/55 en taladros secos

Anfo Pesado bombeable 60/40 en taladros en agua

Nitrato de amonio de baja densidad

Emulsión Matriz

Booster de 1 lb

Accesorios:

Detonador no eléctrico 800 ms

Retardo de superficie 17 ms

Retardo de superficie 42 ms

Retardo de superficie 67 ms

Detonador electrónico

Secuencia de salida:

Taladro por taladro

Diseño de malla de perforación:

Triangular equilátera

Espaciamiento (suave) = 6,2 m

Espaciamiento (medio) = 6,0 m

Espaciamiento (duro) = 5,9 m

Burden (suave) = 5,39 m

Burden (medio) = 5,22 m

Burden (duro) = 5,13 m

Diseño de carga:

Altura de Taladro = 6,70 m

Carga de fondo = 3,70 m

Taco inerte = 3,00 m

3.2.1.3 Control ambiental en la voladura

Con el cuidado del medio ambiente, se ha tomado en cuenta controles necesarios para no impactar los bosques y zonas intangibles cercanas a la operación. Logrando alcanzar un equilibrio entre manejo ambiental y resultados de fragmentación; minimizando el impacto al medio ambiente y logrando una fragmentación de 80% debajo de 10 pulgadas para una mejor recuperación en nuestro proceso de lixiviación.

Para esto se ha implementado el uso de detonadores electrónicos.

Foto 3.9 - Detonadores Electrónicos



Fuente: Informe de operaciones mina 2011, Minera la Zanja.

Logros:

- Direccionamiento de la voladura hacia el medio del tajo.
- Minimización de la proyección y caída de rocas a los bosques.

- Eliminación de bolonería en las crestas.
- Eliminación de ruido de los detonadores de superficie que existían con los pirotécnicos.
- Fragmentación promedio en 6 pulgadas con respecto a los 10" (P80) que se tuvo al inicio de la operación.
- Cero tiro cortados.
- Reducción de las vibraciones y onda aérea; de acuerdo a los límites permisibles.

Tabla 3.2 - Medición de Vibraciones

Modelo de Vibraciones		
Data con detonadores electrónicos		
Distancia al monitor (m)	Carga (Kg)	PPV (m m/s)
78.04	125	30.20
45.05	130	61.15
99.32	125	22.39
47.48	123	55.36
42.54	131	65.97
60.37	127	41.93
54.61	126	47.24
46.69	125	57.09
62.34	131	41.07
55.41	132	47.76
65.51	135	39.35
45.01	128	60.63
Promedio PPV Promedio (m m/s)		47.51
Modelo de Vibraciones		
Data con pirotécnicos		
Distancia al monitor (m)	Carga (Kg)	PPV (m m/s)
60.10	135	59.42
33.40	127	118.54
92.30	132	34.42
76.40	130	43.11
62.50	126	54.24
55.50	125	62.54
35.80	128	109.30
68.90	123	47.35
59.30	131	59.30
58.40	129	59.87
61.20	128	56.22
43.50	133	87.91
Promedio PPV Promedio (m m/s)		66.02
Reduccion vibraciones en:		28%

PPV	=	$K (d/w^{1/2})^{\alpha}$
α	=	- 1.24
K	=	336

PPV	=	$K (d/w^{1/2})^{\alpha}$
α	=	- 1.26
K	=	456

Fuente: Informe de operaciones mina 2011, Minera la Zanja.

- Ampliación de malla de perforación en un 5% en roca media-dura y en un 9% en roca suave.
- Ahorro mensual en consumo de explosivo en un 9% con respecto a los pirotécnicos.

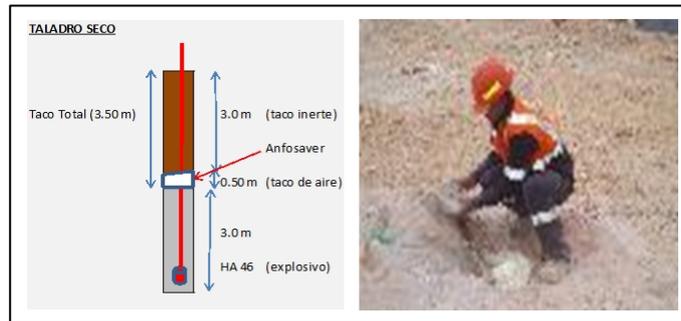
Logros:

- Reducción en el nivel de ruidos, ya que se ha eliminado en su totalidad el uso del cordón detonante.
- Detonación taladro a taladro.
- Eliminación de fulminantes en superficie en taladros cargados.
- Uso de retenedores de energía y cámaras de aire.

Foto 3.10 - Uso de Retenedores de Energía

Fuente: Informe de operaciones mina 2011, Minera la Zanja.

Foto 3.11 - Uso de cámaras de aire



Fuente: Informe de operaciones mina 2011, Minera la Zanja.

Logros:

- Reducción de la onda aérea y proyección de rocas a los bosques y al ambiente.
- Reducción de la emisión de polvo.
- Mejoramiento en la distribución de la energía en el taladro sin afectar a las zonas aledañas.
- Mejoramiento en el uso de explosivo sin impactar en el área de influencia a la voladura.

3.2.2 Cuidados ambientales en el minado.

3.2.2.1 Carguío y Acarreo.

Las tareas críticas que se han tomado en cuenta para esta actividad son:

Controlar y mitigar los impactos ambientales que se pudieran ocasionar al bosque de la quebrada el Cedro, el cual se encuentra en la parte Inferior del tajo SPS, la secuencia de

minado se realiza hacia el centro de la plataforma de cada banco, dejando bermas de 20 m de ancho en las crestas que están colindantes al bosque para ser minadas al final de cada banco. Así mismo se han construido pozas de 30x30x3m de ancho, largo y profundidad respectivamente, dichas pozas se ejecutan en cada plataforma a fin de captar las aguas de escorrentías en cada banco, para luego ser bombeadas al dique de mina para su tratamiento respectivo en la planta de tratamiento de aguas acidas, una vez tratadas dichas aguas son usadas en el riego de vías y/o uso industrial.

El material orgánico de aproximadamente 0,30 m de espesor es primeramente retirado de las zonas a minar para luego ser llevado a depósitos diseñados específicamente para dicho material, el cual será usado en el cierre progresivo y final del tajo SPS.

Las vías de acarreo son lastradas con material no generador de acidez provenientes de las mismas zonas de explotación, dicho material es identificado por el departamento de geología en los taladros de producción mediante pruebas de NCV (net carbonate value) para determinar su potencial generación de aguas acidas por contacto con las guas de escorrentías.

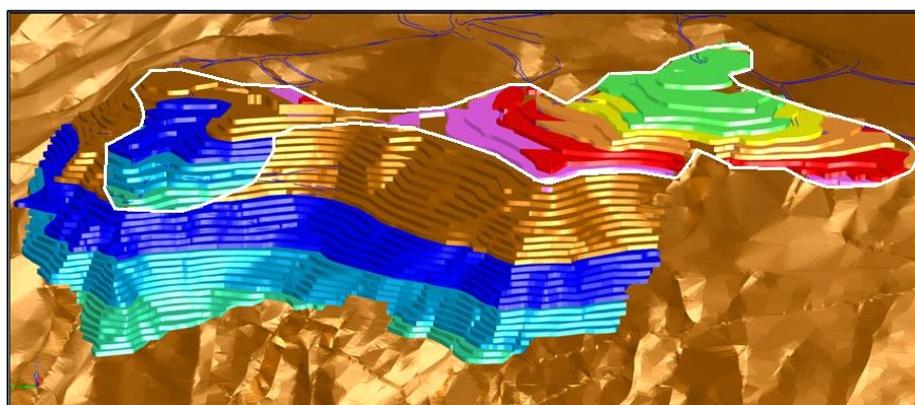
Para la generación de polvo se usa agua producto de las

escorrentías el cual se tiene acumulada en la poza de sedimentación colíndate al tajo.

Dichas prácticas nos permiten controlar y mitigar los impactos al ambiente producto de nuestras operaciones, con lo cual hemos logrado certificar la norma ISO 14001:2004 referida al tema del cuidado al ambiente.

Para minimizar el impacto de caída de rocas a la quebrada el cedro y hacia el bosque colindante al tajo; ya sea por voladura, carguío, limpieza de plataformas de perforación; se ha construido en el perímetro del tajo que da hacia el bosque y quebrada barreras dinámicas los cuales evitan que las rocas pasen.

Figura 3.1 - Secuencia de minado tajo San Pedro Sur



Fuente: Informe de operaciones mina 2011, Minera la Zanja.

Foto 3.12 - Instalación de barreras dinámicas



Fuente: Informe de operaciones mina 2011, Minera la Zanja.

3.2.2.2 Botadero mina y pad de lixiviación.

Se han instalado en el botadero desmonte mina, dos prismas de monitoreo P-4 y P-6 en los niveles 3.568 y 3.555, a la fecha se viene recopilando información para definir su condición de deformabilidad.

Foto 3.13 - Instalación de prismas de monitoreo en Botadero



Fuente: Informe de operaciones mina 2011, Minera la Zanja.

Se han instalado en el pad tres prismas de monitoreo P-1, P-2 y P-3 en el nivel 3.559; se continuara recopilar mayor data, para definir su condición de deformabilidad.

Foto 3.14 - Instalación de prismas de monitoreo en el pad



Fuente: Informe de operaciones mina 2011, Minera la Zanja.

En el botadero se tiene las consideraciones del diseño entre otros se contempla una capa impermeabilizándola; este revestimiento de suelo (también llamado Soil Liner o SL) estará compuesto de suelos de baja permeabilidad (grava, arena, limo y arcilla) y será colocado con un espesor mínimo

de 300 mm. El requerimiento más importante de este material es que presente una permeabilidad máxima de 1×10^{-6} cm/s.

Las filtraciones por agua de lluvia; las cuales son captadas por medio de drenajes y las aguas subterráneas por medio de subdrenajes para ser almacenadas en las pozas de sedimentación partes del diseño del botadero y luego ser bombeada a la planta de tratamiento de aguas ácidas a un caudal máximo de 30 l/s. También se ha diseñado el canal de coronación para captar aguas de escorrentías y evitar el ingreso al botadero ocasionando más generación de aguas ácidas y la inestabilidad de la misma.

El material con potencial generador de aguas ácidas es depositado en áreas preparadas para ser encapsulada e impermeabilizarla y evitar exponer al medio ambiente.

Foto 3.15 - Canal de coronación del botadero de mina



Fuente: Informe de operaciones mina 2011, Minera la Zanja.

En el PAD dentro de las especificaciones de diseño contempla un sistema de revestimiento. El sistema de revestimiento de la plataforma de lixiviación consiste en una capa de suelo de baja permeabilidad de 300 mm de espesor, denominada revestimiento de suelo o Soil Liner (SL). Sobre esta capa se colocará una geomembrana de 1,5 mm de espesor (60 mil, que representa 60 milésimo de pulgada), la cual será cubierta por un material de protección de grano fino de 300 mm de espesor, denominado capa de protección o Protective Layer (PL).

El sistema de revestimiento de la plataforma de lixiviación ha sido diseñado de tal forma que cumpla con normas internacionalmente aceptadas para el diseño de este tipo de estructuras. En el caso particular del diseño de la plataforma de lixiviación en pilas San Pedro Sur, se ha tomado como

referencia el cumplimiento de los requerimientos de diseño de la División de Protección Ambiental de Nevada (Nevada Division of Environmental Protection o NDEP, por sus siglas en inglés). Estos criterios sugieren una capa de revestimiento de suelo con una permeabilidad máxima de 1×10^{-6} cm/s cubierta por una geomembrana con una permeabilidad máxima de 1×10^{-11} cm/s.

También el canal de coronación para evitar que ingrese más agua y sólidos a la solución rica el cual altera los valores obtenidos; también por estabilidad del PAD.

Foto 3.16 - Canal de Coronación del pad



Fuente: Informe de operaciones mina 2011, Minera la Zanja.

Foto 3.17 - Instalación del sistema de captación del pad



Fuente: Informe de operaciones mina 2011, Minera la Zanja.

Partiendo de la lixiviación del mineral de los Pads, una vez almacenado en ellos el mineral extraído de los tajos a un tamaño fragmentado de 4 a 6 pulgadas y acondicionados con la cal necesaria para lograr un PH adecuado para la mejor recuperación de los metales. La lixiviación se hace con una solución cianurada y alcalina que atrapa a los metales al percolar por el pad.

La solución discurre por tuberías que colocadas en el fondo del Pad sobre geomembrana de protección la trasladan a la poza de solución rica (Pregnant) y desde allí es bombeada a la planta donde se encuentran las columnas de carbón activado que recolecta el oro contenido en la solución, que luego es pasado a otra poza de solución pobre (Barren) la cual es repotenciada y bombeada nuevamente hacia los Pads para

iniciar una nueva etapa de lixiviación, como se nota esto completa un circuito cerrado, que no emana nada de solución al medio ambiente.

3.2.3 Manejo de aguas.

3.2.3.1 Balance de aguas.

El requerimiento de agua fresca para la operación de las pilas de lixiviación, es del orden de 11,62 l/s (41,83 m³/h) para el primer y segundo año de operación calculado con datos promedios de precipitación y evaporación.

Para el inicio de la operación, fue necesario contar en la poza de mayores eventos con una cantidad no menor a 46.000 m³ de agua fresca. Para lograr esto, la operación se inició en temporada húmeda y se aprovechó la colección del agua de lluvia a través del pad de lixiviación, sin necesidad de utilizar el agua de la presa bramadero o de otra.

Tabla 3.3 - Balance hídrico para una producción de 20,000 TM/día

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	1er PERIODO
DATOS		
Precipitación media anual	mm	1250
Evaporación media anual	mm	1242
Area Total del pad	m ²	175000
Area superior total pozas	m ²	30282.57
Area de mineral bajo lixiviación	m ²	75000
Area de pila y bermas sin lixiar	m ²	100000
Tonelaje de mineral	tm/día	15000
Humedad promedio del mineral	%	4
Humedad promedio luego de escurrimiento	%	7
Humedad promedio de retención	%	3
Flujo de solución de Lixiviación	m ³ /h	750
Pérdida por riego por aspersión	%	3.7
INGRESO DE AGUA		
Agua de precipitación en el pad	m ³ /h	25.32
Agua de precipitación en las pozas	m ³ /h	4.38
Total ingreso de agua	m ³ /h	29.70
SALIDA DE AGUA		
Evaporación en el Area de mineral bajo lixiviación	m ³ /h	7.55
Evaporación en el Area de pila y bermas sin lixiar	m ³ /h	8.34
Evaporación en el Area de Pozas	m ³ /h	2.18
Almacenamiento de agua por retención en mineral	m ³ /h	18.75
Pérdida por riego por aspersión	m ³ /h	27.75
Total salida de agua	m ³ /h	64.56
BALANCE		
Requerimiento de agua fresca promedio	m ³ /h	-34.86
	l/s	-9.68
Requerimiento con factor de seguridad de 20%	m ³ /h	-41.83
	l/s	-11.62

Fuente: Estudio hídrico en Minera la Zanja (2009)

3.2.3.2 Manejo de escorrentías superficial en la operación mina.

Para el manejo de las aguas de escorrentía superficial se han diseñado y construido canales de derivación y captación.

Canales temporales como permanentes; con la finalidad de:

- Las aguas que se captan fuera del tajo se derivan con canales de coronación.
- Las aguas que se captan dentro del tajo sean colectadas

en pozas sedimentadoras para su posterior tratamiento y aprovechamiento en el proceso de Planta.

El agua colectada en pozas de sedimentación dentro del tajo es bombeada hacia la poza de sedimentación superior cuya capacidad es de 18 000 m³; este bombeo de las pozas en el tajo tiene de caudal promedio de 30 l/s en época de lluvia.

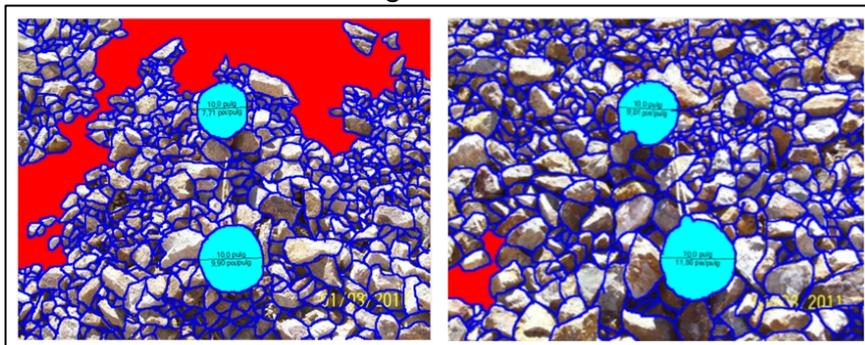
Para las actividades iniciales de pre minado y demás actividades que conlleva movimientos de tierras; se tiene un pre y post control de erosión con el uso de barreras orgánicas (pacas de arroz) y sintéticas (Silt fences de geotextil) con lo que se logra minimizar la generación de sedimentos en áreas disturbadas y expuestas a las precipitaciones, lo cual es de fuerte incidencia durante 8 meses cada año y promedia anualmente 1 200 mm.

3.2.4 Resultados

3.2.4.1 Resultados Operativos

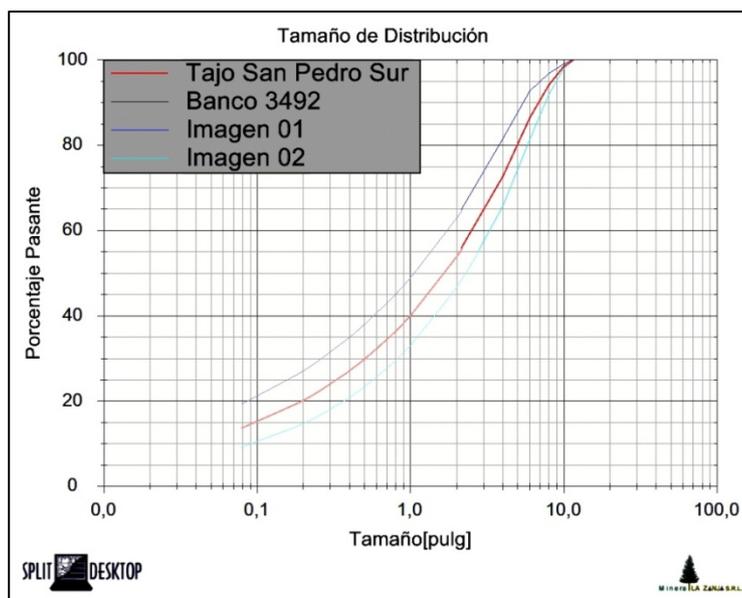
Las mejoras como producto final de nuestra operación es colocar en el pad material con una fragmentación 80% debajo de 10". A continuación los índices obtenidos:

Foto 3.18 - Estimación de fragmentación mediante métodos gráficos



Fuente: Informe de operaciones mina 2011, Minera la Zanja.

Figura 3.2 - Curva de análisis granulométrico para al P80



Fuente: Informe de operaciones mina 2011, Minera la Zanja.

Tabla 3.4 - Promedio de fragmentación del P80

% Pasante	Tajo San Pedro Sur Promedio	Banco 3492	Imagen 01	Imagen 02
	Tamaño[pulg]	Tamaño[pulg]	Tamaño[pulg]	Tamaño[pulg]
F10	0.04	0.04	0.01	0.09
F20	0.19	0.19	0.09	0.37
F30	0.51	0.51	0.26	0.82
F40	0.99	0.99	0.57	1.46
F50	1.68	1.68	1.06	2.29
F60	2.60	2.60	1.75	3.37
F70	3.70	3.70	2.75	4.52
F80	5.20	5.00	3.82	5.81
F90	6.79	6.79	5.35	7.56
Topsize (99,95%)	11.65	11.65	11.42	11.77

Fuente: Informe de operaciones mina 2011, Minera la Zanja.

Para el año 2011, con el uso de los detonadores electrónicos se tuvo una reducción en la fragmentación con respecto a los pirotécnicos en un 18 %:

Tabla 3.5 - Comparación del P80. Detonadores electrónicos vs pirotécnicos

Tajo San Pedro Sur	Unid.	P80 (Pirotécnico)	P80 (Det. Electrónico)
Banco 3486	Pulg	5.80	4.98
Banco 3492	Pulg	5.60	4.40

Fuente: Informe de operaciones mina 2011, Minera la Zanja

Comparando al ejecutado en el año 2010 en el cual se uso detonadores pirotécnicos al 100%; versus el ejecutado 2011 hasta a la fecha con el uso de detonadores electrónicos en un 65% de total se tuvo una reducción del P80 y factor de potencia de:

Tabla 3.6 - Factor de potencia Vs P80

	Factor de potencia (Kg.Expl/Ton)	Fragmentación P80 (Pulg)
Plan	0.30	10.0
Ejecutivo 2010	0.37	6.5
Ejecutivo 2011*	0.29	5.2

Fuente: Informe de operaciones mina 2011, Minera la Zanja.

Foto 3.19 - Mineral fragmentado en el pad

Fuente: Informe de operaciones mina 2011, Minera la Zanja.

Los rendimientos de las excavadoras PC600 se incrementaron debido a la mejora de la fragmentación por el uso de los detonadores electrónicos:

Tabla 3.7 - Rendimiento de excavadoras

Excavadora	Unid.	Pirotécnico	Det. Electrónico
PC600-909	Ton/hr	750	870
PC600-084	Ton/hr	770	890

Fuente: Informe de operaciones mina 2011, Minera la Zanja.

La malla de perforación tuvo un incremento en su espaciado y burden en un 7%:

Tabla 3.8 - Burden y espaciamento

Malla de perforación	Unid.	ROCA SUAVE			ROCA MEDIA-DURA		
		Pirotécnico	Det. Electrónico	Incremento %	Pirotécnico	Det. Electrónico	Incremento %
Espaciamento	m	5.80	6.20	7	5.50	5.90	7
Burden	m	5.04	5.39	7	4.78	5.13	7

Fuente: Informe de operaciones mina 2011, Minera la Zanja.

El factor de potencia tuvo una reducción en un 19%.

Tabla 3.9 - Factor de potencia

Tajo San Pedro Sur	Unid.	P80 (Pirotécnico)	P80 (Det. Electrónico)
SPS Banco 3486	Kg/Ton	0.30	0.23
SPS Banco 3492	Kg/Ton	0.32	0.27

Fuente: Informe de operaciones mina 2011, Minera la Zanja.

La implementación de las cámaras de aire en los taladros de producción; se está proyectando un ahorro de explosivo en el año 2011 de:

Tabla 3.10 - Ahorro con el uso de cámaras de aire

ANALISIS COSTO-BENEFICIO ANFOSAVER			
Descripcion	Uni	Con anfosaver	Sin anfosaver
Ø taladro	pulg	6 3/4	6 3/4
Hcarga	m	3.30	3.80
Taco de aire	m	1.50	0.00
Taco inerte	m	2.00	3.00
Taco Total	m	3.50	3.00
Altura de Taladro	m	6.80	6.80
Anfo pesado	HA	46	46
Kg/m	Kg	35.00	35.00
Kg/tal	Kg	115.50	133.00
Ton/tal	ton	431	431
FP	Kg/ton	0.27	0.31
Anfosaver	pza	1.00	0.00
Costo HA 46	US\$/kg	0.638	0.638
Costo explo/tal	US\$/tal	73.69	84.85
Costo ace/tal	US\$/tal	10.05	6.55
Costo total/tal	US\$/tal	83.74	91.40
Tal/mes	tal	3,300	3,300
Costo explo/mes	US\$/tal	276,339	301,633
Ahorro/mes	US\$/mes	25,295	
Ahorro/anual	US\$/anual	303,534	

Fuente: Informe de operaciones mina 2011, Minera la Zanja.

Así mismo, la implementación de los retenedores de energía (Conigass) en la voladura de acuerdo a las condiciones climáticas y de roca; se está proyectando un ahorro para el año 2011 de:

Tabla 3.11 - Ahorro con el uso de retenedores de energía

ANALISIS COSTO-BENEFICIO CONIGASS			
Descripcion	Uni	Con anfosaver	Sin anfosaver
Ø taladro	pulg	6 3/4	6 3/4
Hcarga	m	3.40	3.80
Taco de aire	m	0.00	0.00
Taco inerte	m	3.40	3.00
Taco Total	m	3.40	3.00
Altura de Taladro	m	6.80	6.80
Anfo pesado	HA	46	46
Kg/m	Kg	35.00	35.00
Kg/tal	Kg	119.00	133.00
Ton/tal	ton	431	431
FP	Kg/ton	0.28	0.31
Conigass	pza	1.00	0.00
Costo HA 46	US\$/kg	0.638	0.638
Costo explo/tal	US\$/tal	75.92	84.85
Costo acce/tal	US\$/tal	9.55	6.55
Costo total/tal	US\$/tal	85.47	91.40
Tal/mes	tal	3,300	3,300
Costo explo/mes	US\$/tal	282,058	301,633
Ahorro/mes	US\$/mes	19,576	
Ahorro/anual	US\$/anual	234,907	

Fuente: Informe de operaciones mina 2011, Minera la Zanja.

CAPITULO IV

PROCESO METALÚRGICO

4.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO METALÚRGICO.

La descripción del procesamiento metalúrgico de todas las instalaciones que comprenden el proyecto.

Parámetros de operación.

Ara de lixiviación : 10.000 m².

Flujo Total en Columnas : 1.000 m₃.

Fuerza de CN : 50 ppm.

Foto 4.1 - Vista General de Planta



Fuente: Informe de operaciones mina 2011, Minera la Zanja.

Foto 4.2 - Vista panorámica del pad



Fuente: Informe de operaciones mina 2011, Minera la Zanja.

4.1.1 Carguío del mineral al Pad de lixiviación.

El mineral procedente de los tajos San Pedro Sur y Pampa Verde con un tamaño de partícula que varía de 4" a 10" (ROM), es transportado hacia las áreas del pad de lixiviación. El pad antes del inicio del apilamiento de mineral será impermeabilizado y

dotado de tuberías corrugadas y perforadas en líneas principales y secundarias para la colección de soluciones enriquecidas de oro y plata y están cubiertos por material de sobre revestimiento constituido por mineral seleccionado que deberán tener alta permeabilidad y cumplir con ciertas especificaciones, para evitar que la geomembrana sufra algún deterioro al momento de descargar el mineral ROM en el pad.

El mineral es apilado en el pad de manera ordenada. Se inicia con la preparación de una rampa de acceso (si no hubiera) y se apila el mineral hasta que el nivel de éste alcance una altura de capa típica de 16 m., a cada nivel y en el talud que se va formando por la descarga de los volquetes se agregará cal en forma sólida (en polvo) con la ayuda de un cargador frontal, con una dosis promedio de 1,5 Kg/TM de mineral. Al descargar el volquete deja montículos altos con mineral que es empujado al borde de la pila en construcción mediante el uso de un cargador frontal ó un tractor de orugas dejando nivelado el mineral a la cota de diseño y controlado topográficamente, terminado el nivel de carga se realiza la remoción de toda el área superior de la pila usando el ripper de un tractor de orugas (Cat D8T) con la finalidad de eliminar el mineral compactado producto del tránsito de volquetes y equipos sobre la plataforma superior de la celda durante su apilamiento, quedando de esta manera lista una celda con una

altura de capa típica de lixiviación de 16 m.

De similar forma se construyen las otras celdas o módulos de lixiviación en las diferentes áreas del pad así como en diferentes niveles según su crecimiento.

No es necesario el apilado de todo el pad para iniciar la lixiviación, el plan de extracción metalúrgica determinará un volumen de apilado, el mismo que ocupa un área al que se le denomina celda o módulo de lixiviación, para este proyecto cada celda deberá tener un área de aproximadamente 6.000 m², el carguío será a un ritmo de producción de 20.000 TM/día.

La construcción de los módulos para riego es responsabilidad del área de Mina hasta dejar el mineral nivelado y ripiado, excepto la dosificación de cal que es responsabilidad del área de Planta así como también del tendido del sistema de riego y todas las operaciones metalúrgicas.

4.1.2 Instalación del sistema de riego

De acuerdo al diseño, se conforman celdas de aproximadamente 50m x 120m (6.000 m²) con sus respectivas líneas de flujo y sistemas de riego por goteo, tomando como inicio la distribución de los manifolds fabricados con tuberías de acero al carbono SCH

40 de 14"D como matriz y con 4 salidas de tuberías de 8". A cada una de estas salidas se conectarán los respectivos sistemas de riego.

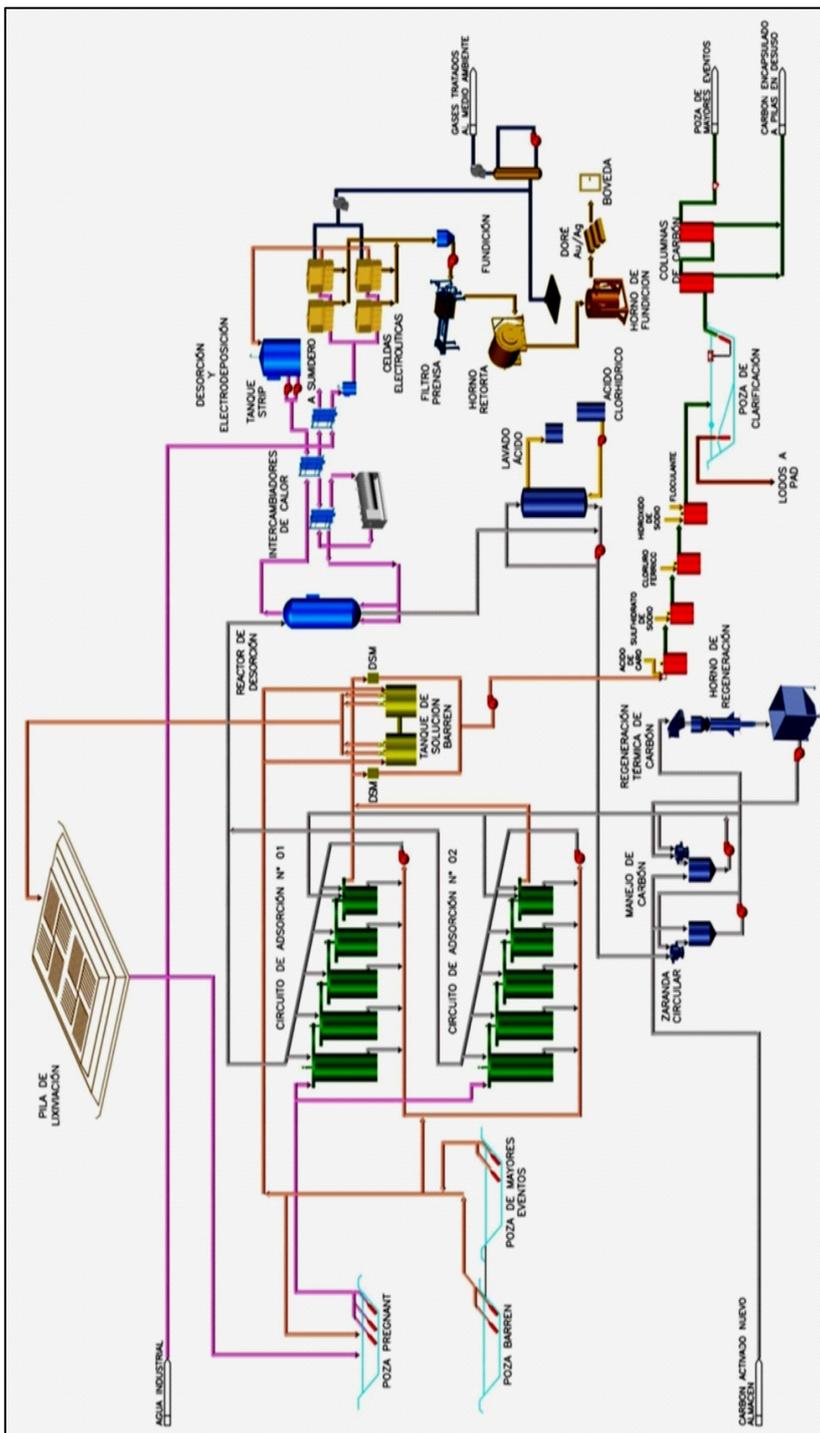
Para el sistema de riego por goteo, se usan tuberías de HDPE de 8"D y mangueras del tipo Lay Flat de 6" donde irán instaladas las mangueras de 16 mm de diámetro con goteros Max Emitter o similar de 4 lph espaciados cada 63 cm, es decir habrá una malla de riego de 63 x 63 cm.

Foto 4.3 - Tendido de mangueras para la lixiviación



Fuente: Informe de operaciones mina 2011, Minera la Zanja.

Figura 4.1 - Diagrama general del proceso metalúrgico



Fuente: Ingeniería básica de Head Leaching Consulting 2009, para Minera la Zanja.

4.1.3 Lixiviación del mineral y manejo de soluciones

La lixiviación es un proceso hidrometalúrgico de extracción sólido líquido por disolución. Consiste en hacer pasar una solución diluida de cianuro de sodio (NaCN) a través de la pila de mineral, para que el cianuro pueda disolver las partículas de oro y de plata contenidas en las especies mineralógicas, a fin de obtener una solución enriquecida de lixiviación que será almacenada en una poza llamada de solución enriquecida o pregnant.

Para el procesamiento metalúrgico de 20.000 TM/día de mineral, se ha calculado los caudales de flujo de solución lixivante de acuerdo a los niveles de riego del mineral y los tiempos de lixiviación, un resumen se puede apreciar en el siguiente cuadro:

Periodo Lixiviación (días)	Caudal (m ³ /h)		Área Riego m ²
	Nominal	diseño	
120	1,000	1,200	10,000

El caudal nominal está referido a un ratio de flujo de 10 l/h/m² y el caudal de diseño está referido a un ratio de flujo de 12 l/h/m².

La percolación de la solución lixivante se produce a través del lecho del mineral por efecto de la gravedad, el comportamiento de este descenso estará afectado por las características de la solución tales como la viscosidad, densidad y las del mineral tales como porcentaje de espacio vacío, distribución por tamaños,

porcentaje de finos, afinidad por la solución y aire atrapado. En el momento de la máxima saturación del mineral por efecto del riego, esto permite el drenaje de la pila con afloramiento de soluciones cargadas en oro y plata que son conducidas a la poza pregnant.

Las variables de operación del proceso son: Flujo nominal de lixiviación 1,000 m³/h, concentración de NaCN en la solución de riego 50 ppm, pH de la solución 10.5 a 11, tasa de riego 10 l/h/m² y ciclo de lixiviación 120 días tal como se muestra en el cuadro anterior.

4.1.4 Bombeo de la solución lixivante

Cada circuito de adsorción contará con su tanque barren cuya capacidad es de 63,63 m³ de diseño, la solución de lixiviación preparada a un pH de 10.5 a 11, fuerza de cianuro controlada en 150 ppm y 4 ppm de anti-incrustante, será bombeada de cada tanque usando una bomba de turbina vertical mas una bomba de stand by. Los motores de estas bombas trabajarán con variadores de velocidad, a fin de dar flexibilidad a la operación.

De cada tanque barren salen líneas independientes de 14" diámetro de acero al carbono SCH40 estas dos líneas se juntan a través de un manifold de 20" diámetro de acero al carbono SCH40 esta línea conduce la solución hacia las pilas de lixiviación.

La tubería matriz que llega al pad es de 20"D, esta se bifurca en dos ramales, cada ramal será de 16"D, en estas tuberías se instalarán manifolds de 14"D para instalar el sistema de riego.

La solución que ingresará a cada tanque barren es la que sale de cada circuito de adsorción, esta es compensada con cianuro de sodio a la concentración de operación deseada de 50 ppm de NaCN.

Para mantener el flujo de la solución de proceso en equilibrio, es necesario compensar con agua industrial y/o con solución de la poza barren y/o de la poza de mayores eventos según el requerimiento del proceso, para cada una de estas pozas se ha considerado la instalación de una bomba sumergible de 100 m³/h. con su respectiva línea de flujo.

4.1.5 Colección de solución Pregnant

La solución pregnant que drena de la pila, es colectada en la respectiva poza pregnant que tiene una capacidad de 20.000 m³, donde irán instaladas tres bombas sumergibles inmersas en sus respectivos casing. Dos de las bombas trabajarán en paralelo y la tercera es la de stand by.

Foto 4.4 - Vista de pozas de procesos



Fuente: Informe de operaciones mina 2011, Minera la Zanja.

4.1.6 Bombeo de solución Pregnant

La solución pregnant, es bombeada hacia los dos circuitos de adsorción usando dos bombas sumergibles que trabajan en paralelo y una tercera la cual se encuentra en stand by, cada bomba cuenta con líneas independiente de 14" diámetro de acero al carbono SCH40 las cuales se juntan a través de un manifold a una tubería de 20" diámetro de acero al carbono SCH40, esta se bifurca en dos líneas de 14" las que se conectan a cada circuito de adsorción en columnas.

El caudal de diseño de cada una de estas bombas es de 650 m³/h, y nominal de 500 m³/h que trabajan con variadores de velocidad para ajustar el flujo al requerimiento de la operación.

En el lado de la succión de cada bomba se agrega el anti-incrustante por medio de una bomba dosificadora.

Las bombas sumergibles de solución pregnant esta instaladas en un casing soportada en su parte inferior en una loza de concreto armado así como también en su parte superior.

4.1.7 Adsorción en columnas de carbón activado.

La solución enriquecida producto de la lixiviación en pilas (solución pregnant) es bombeada desde la poza pregnant a dos circuitos de adsorción, diseñado cada uno con capacidad de tratamiento de 500 m³/h, cada circuito está conformado por 5 columnas en cascada que contendrán 6 TM de carbón activado, con la finalidad de que los valores de oro y plata sean adsorbidos. De acuerdo a los criterios de diseño, se ha considerado que el carbón será cargado hasta alcanzar valores alrededor de 2 Kg de oro por tonelada de carbón antes de pasar al siguiente proceso.

La solución pregnant en condiciones de equilibrio tendrá leyes de oro alrededor de 0,28 a 0,34 g/m³ y plata de 1,60 a 1,34 g/m³. Es necesario señalar que al inicio de la operación se tendrán mayores valores así como cuando se lixivía nuevas celdas.

En la línea de ingreso de cada circuito de adsorción está instalado un flujómetro electromagnético para el registro del caudal así como sus respectivos accesorios de control y seguridad.

La solución pobre que sale de cada circuito de adsorción (solución barren) es conducida a una zaranda estacionaria tipo DSM con malla 20 para la separación de partículas de carbón que son arrastrados de las columnas de adsorción, luego del cual caerá a su respectivo tanque barren. En cada tanque se adiciona el anti-incrustante y cianuro de sodio en solución al 25% para reajustar la fuerza en la solución, y luego es bombeada a las pilas de lixiviación, produciéndose de esta manera el circuito cerrado en forma permanente.

Una vez que el carbón activado cargue alrededor de 2 Kg de oro por tonelada en la primera columna, esta se descarga y es enviado a desorción.

El procedimiento de operación para la descarga del carbón es aislando la columna que se va a descargar por medio de válvulas tipo dardo que cortará el ingreso de solución pregnant a la columna, derivando la solución a la columna siguiente con la cual se continua el proceso y el carbón de la columna aislada es descargado mediante el uso de una bomba de impulsor recesado hacia el reactor de desorción.

Cuando la primera columna es descargada (6 toneladas de carbón) ésta cantidad es repuesta con carbón de la segunda

columna, este proceso se logrará con el manejo de carbón en contracorriente, es decir se trasvasará el carbón de columna en columna en sentido contrario al flujo de la solución de adsorción, liberando la última columna para ser cargado con carbón desorbido, regenerado o nuevo.

CONCLUSIONES

- La identificación de los aspectos ambientales en el proceso antes del inicio del mismo es importante para aplicar controles y mitigarlos.
- El control de las proyecciones de rocas hacia los bosques se está realizando orientando la voladura hacia el medio del banco de trabajo, generando primero una voladura en el medio y posteriormente los contornos hacia la cara libre realizada por la primera voladura.
- Durante el proceso del pre-minado se realizaron voladuras con cordón detonante sin embargo se fue modificando a la aplicación de una voladura silenciosa con detonadores no eléctricos reduciendo los ruidos, actualmente se eliminó en su totalidad el uso del cordón detonante.
- La aplicación de cámaras de aire y retenedores de energía ha reducido las proyecciones de roca que se generan en la voladuras,

disminuyendo el impacto de la onda aérea y la generación de polvo.

- Las vibraciones generadas por las voladuras han sido dentro del límite permisible.

- Los monitoreos de Calidad de Agua realizada de manera trimestral y participativa, muestran resultados que cumplen con los establecidos y debajo de los límites máximos permisibles.

- Los resultados obtenidos de la calidad de aire están por debajo de los límites permisibles.

RECOMENDACIONES

- La línea de supervisión de mina prioriza el manejo ambiental, seguridad, salud ocupacional tan igual que la producción; existe la conciencia de los riesgos que conllevarían si estos no son controlados.
- El tajo se ubica muy cerca a una extensa zona de bosques, cuya vegetación y fauna merecen un especial cuidado para preservarlo. En tal sentido, se está realizando controles estrictos en la voladura de producción para no alterar el medio ambiente y cumplir con los compromisos asumidos con las comunidades vecinas.
- Se puede hacer minería responsable en una cabecera de cuenca y demostrar todo lo contrario a los infundados temores de contaminación y escaseo del agua.

BIBLIOGRAFÍA

- Estudio de Impacto Ambiental **Minera La Zanja S.R.L.**

- Informe de diseño: Minera La Zanja S.R.L. Plataforma de Lixiviación en Pilas San Pedro Sur y Estructuras Asociadas; desarrollada por **KNIGHT PIESOLD CONSULTORES S.A.**

- Informes mensuales Área **Medio Ambiente.**

- Informe de Ingeniería básica de Planta desarrollado por **Heap Leaching Consulting S.A.C** para Minera la Zanja.

- Plan de mejora **Mina MLZ** año 2011.

- Resumen mensual del informe de operaciones **Mina MLZ**, enero 2011.