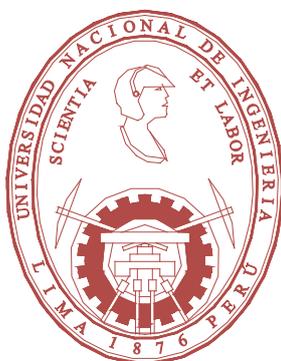


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA Y METALURGICA**



**MEJORAMIENTO CONTINUO EN LA PERFORACION**  
**MINA TOQUEPALA**

**INFORME DE INGENIERIA**

Para optar el Título Profesional de :

**INGENIERO DE MINAS**

Presentado por:

**JOSE MARTIN ROJAS MORENO**

PROMOCION 99-I

Lima – Peru

2004



**MEJORAMIENTO CONTINUO EN LA PERFORACIÓN  
MINA TOQUEPALA**

**José Martín Rojas Moreno**  
Southern Perú – Toquepala

*Toquepala, Mayo del 2004*

## **INDICE GENERAL**

<b>ITEM.....</b>	<b>pag</b>
<b>INTRODUCCION .....</b>	<b>- 5 -</b>
<b>OBJETIVO .....</b>	<b>- 6 -</b>
<b>CAPITULO 1.....</b>	<b>- 7 -</b>
<b>1.1 INFORMACION GENERAL SOUTHERN PERU COPPER CORPORATION- 7 -</b>	
1.1.1 MINA CUAJONE .....	- 7 -
1.1.2 MINA TOQUEPALA .....	- 7 -
1.1.3 LIXIVIACION .....	- 7 -
1.1.4 FUNDICION .....	- 7 -
1.1.5 REFINERIA.....	- 7 -
1.1.6 MEDIO AMBIENTE .....	- 7 -
1.1.7 SEGURIDAD .....	- 7 -
1.1.8 BIENESTAR SOCIAL .....	- 7 -
1.1.9 COMUNIDADES Y DESARROLLO SOSTENIBLE.....	- 7 -
1.1.10 COMERCIALIZACION .....	- 7 -
1.1.11 INVERSIONES .....	- 7 -
<b>1.2 INFORMACION GENERAL MINA TOQUEPALA .....</b>	<b>- 34 -</b>
1.2.1 UBICACIÓN Y ACCESOS .....	- 34 -
1.2.2 CICLO OPERATIVO. ....	- 35 -
1.2.3 MODELO GEOLOGICO E ÍNDICE DE DUREZA (RHI) .....	- 38 -
1.2.4 CARACTERISTICAS GEOMECAICAS DELA ROCA.....	- 38 -
1.2.5 PROGRAMA DE PERFORACION ANUAL .....	- 39 -
1.2.6 PRESUPUESTO ANUAL DE PERFORACION .....	- 39 -
<b>1.3 ESTANDARES DE PERFORACION .....</b>	<b>- 40 -</b>
1.3.1 PROYECTO DE PERFORACION .....	- 40 -
1.3.2 DETERMINACION DE COORDENADAS DE LOS TALADROS .....	- 41 -
1.3.3 UBICACIÓN DE TALADROS .....	- 42 -
<b>1.4 PERFORADORAS .....</b>	<b>- 44 -</b>
1.4.1 REGISTROS.....	- 45 -
1.4.1.1 DEL EQUIPO.....	- 45 -

1.4.1.2 DE LOS TALADROS .....	- 46 -
1.4.2 RENDIMIENTO DE BROCAS .....	- 47 -
1.4.3 REPORTES .....	- 48 -
1.5 PROGRAMA DE MANTENIMIENTO .....	- 48 -
CAPITULO 2.....	- 49 -
2.0 MEJORAMIENTO DE LA PERFORACION EN MINA TOQUEPALA.....	- 49 -
2.1 VELOCIDAD DE PENETRACION .....	- 49 -
2.1.1 PULL DOWN Y ROTACION .....	- 49 -
2.2 DISPONIBILIDAD Y UTILIZACION .....	- 50 -
2.3 EVALUACION Y CONTROL DE CALIDAD DE ACCESORIOS .....	- 50 -
2.3.1 ESTANDARIZACION DE LA COLUMNA DE PERFORACION.....	- 52 -
2.4 ENTRENAMIENTO.....	- 53 -
2.4.1 DISMINUCION DE TIEMPOS MUERTOS .....	- 53 -
2.5 PRODUCTIVIDAD Y COSTOS .....	- 54 -
2.5.1COSTO OPERATIVO.....	- 54 -
2.5.2COSTO DE MANTENIMIENTO.....	- 55 -
2.5.3COSTO TOTAL DE OPERACION .....	- 56 -
2.5.4 ANALISIS COMPARATIVO .....	- 56 -
CONCLUSIONES .....	- 59 -
RECOMENDACIONES.....	- 61 -
ANEXOS .....	- 61 -
ÍNDICE DE GRAFICOS.....	- 61 -
CICLO OPERATIVO.....	- 61 -
MODELO GEOLOGICO .....	- 61 -
MAPA DE DUREZA .....	- 61 -
REPORTE DE ESTABILIZADORES .....	- 61 -
REPORTE DE BROCAS .....	- 61 -
REPORTE DE BARRENOS.....	- 61 -
BROCAS DESECHADAS .....	- 61 -
COLUMNA DE PERFORACION.....	- 61 -
REFERENCIAS .....	- 71 -

## **INTRODUCCION**

Actualmente en SPCC todos nos encontramos comprometidos en la continua búsqueda de reducir los costos en cada uno de los procesos productivos. La perforación no puede quedar excluida de dicho objetivo.

En ese sentido, el presente trabajo muestra de una manera práctica y objetiva los esfuerzos que se viene realizando en la etapa de perforación a fin de contribuir a la reducción de los costos globales de la operación.

Es importante mencionar que, en Mina Toquepala, para realizar cualquier trabajo de mejoramiento u optimización se considera los aspectos de seguridad y conservación del medio ambiente.

A partir de los modelos geológicos del yacimiento, preparados con información de perforación diamantina y corroborados con el minado nos ha permitido obtener un RHI (rock hardness index) para la litología existente en el yacimiento, lo cual nos permite elaborar un programa y presupuesto de perforación bastante confiables.

Mencionaremos los aspectos en los cuales se viene trabajando para la optimización de la perforación. Entre las herramientas valiosas con que se cuenta, para este propósito, tenemos el software "MIMS" para el control y evaluación de costos, Mine Sight utilizado para el diseño y preparación de las mallas de perforación y el Truck Dispatch el cual nos proporciona información en tiempo real. Nuestra flota de 03 perforadoras rotativas cuentan con el sistema GPS (global positional system) de alta precisión para

navegación, mediante el cual se hace la transferencia de las mallas de perforación desde el control a cada perforadora, cálculo de disponibilidades y utilización, así mismo se obtiene toda la información posible de un taladro para poder evaluar constantemente los parámetros de perforación y mejorar la velocidad de penetración; que es uno de los factores determinantes en la reducción de los costos de perforación. El llevar estadísticas de los accesorios de perforación ha contribuido a controlar nuestros rendimientos y a mejorarlos.

Finalmente resaltaremos que, una correcta perforación incide significativamente en los propósitos de obtener buenos resultados en la siguiente fase; la voladura.

### **OBJETIVO**

Nuestro objetivo es mostrar como se trabaja la perforación en mina Toquepala a fin de reducir costos de operación sin afectar la seguridad y el medio ambiente.

## **CAPITULO 1**

### **1.1 INFORMACION GENERAL SOUTHERN PERU COPPER CORPORATION**

Southern Peru Copper Corporation, en adelante Southern Peru o SPCC, es una compañía que transforma recursos naturales, es un productor integrado de cobre y la compañía minera más grande del Perú. A nivel mundial, Southern Peru está entre las diez principales productoras privadas de cobre.

Fundada el 12 de Diciembre de 1952 por cuatro compañías de los Estados Unidos de Norteamérica, Southern Peru opera en el país desde 1956 y entre sus principales productos destacan el cobre, el molibdeno y la plata. La producción de cobre de la empresa representa las dos terceras de la producción nacional del referido metal, aportando al país en promedio el 10% de las divisas por exportaciones.

La misión de la compañía es obtener los mejores resultados económico-financieros con el uso eficiente de sus activos, mediante un crecimiento sostenido y observando altos niveles corporativos de cumplimiento en los aspectos ambiental, cívico y social.

Actualmente, su participación accionaria está conformada por:

Southern Peru Holdings Corporation (63.1%)

Cerro Trading Company, Inc. (16.6%)

Phelps Dodge Overseas Capital Corporation (16.3%)

Accionistas comunes (4.0%)

Southern Perú cuenta con un equipo de trabajo de primer nivel, conformado por 3,566 personas al 31 de diciembre del 2003 que laboran en Tacna (Toquepala), Moquegua (Cuajone e Ilo) y Lima.

En la Sede Principal de la Compañía, funciona la oficina de la Presidencia y otras dependencias administrativas. Allí se realiza la mayoría de las transacciones comerciales para la adquisición de materiales necesarios para la producción, así como las ventas de los productos de Southern Perú al mercado internacional.

#### **1.1.1 MINA CUAJONE.**

Está ubicada en la provincia de Mariscal Nieto, distrito de Torata. Aquí, funciona una mina, una concentradora y la planta de lixiviación. Para el año 1976 producía su primera tonelada de mineral, hasta la fecha ha acumulado alrededor de 1,708 millones de toneladas movidas, de las cuales 521 millones han pasado por la planta concentradora con leyes de 0.92% de

cobre, obteniendo al final del proceso leyes de hasta 27%, posteriormente en fundición el cobre es procesado al 99.99%. En la Mina laboran 235 trabajadores, en dos guardias durante los 365 días del año.

El tajo abierto, con dimensiones de 2km de norte a sur y 2 Km. de este a oeste, espera que en el futuro alcance 2.8Km x 2.5Km, el punto más alto de la mina es de 3850m y el más profundo es de 3130m. Con reservas de mineral de 1,200 millones de toneladas que poseen leyes de 0.66%, los trabajos de explotación están diseñados hasta el año 2042, dependiendo de las decisiones de crecimiento que tome la empresa hacia futuro.

La producción diaria para cumplir el plan de minado es de 250 000 toneladas de material, sin embargo en lo que va del año procesan un promedio de 283 000 toneladas, 6 millones de toneladas por encima de la producción programada. El mineral destinado a planta concentradora es de 31 millones de toneladas, y el complemento está representado por sulfuros de baja ley, desmontes u óxidos, estos últimos se procesan en los pads de lixiviación.

Cuajone cuenta con equipos de gran capacidad, la perforación se realiza con dos perforadoras P&H 120 – A y una perforadora P&H 100-XP, para el proceso de carguío cuentan con palas P&H con capacidades entre 20 y 60 toneladas por cucharón, además de poseer el cargador frontal más grande del país (Le Tourneau LT-1800) con capacidad de 50 toneladas.

Dentro del equipo de acarreo cuentan con 18 volquetes Dresser-830 de 240 toneladas cortas y 8 camiones CAT - 793C con capacidad para cargar 255 t/c, asimismo poseen dos tolvas de transferencia con capacidad de 2mil toneladas c/u, que representan la interconexión entre los volquetes y los trenes que van a concentradora, además cuentan con 6 convoyes conformados por 01 locomotora y 17 vagones, cada tren tiene capacidad de transportar 1,450tn. Tanto las perforadoras como los trenes son operados a control remoto.

La tecnología empleada para operar los equipos es el sistema GPS de alta y baja precisión instalado en 1999, convirtiéndose en la segunda mina en el mundo en aplicar el sistema de Truck Dispatch. Normalmente para monitorear los volquetes se emplea el sistema GPS de baja precisión, mientras que las palas y perforadoras se controlan con el sistema GPS de alta precisión. El despacho de trenes está controlado por una Central de Control de Trenes – CTC, el equipo auxiliar consta de 5 tractores de oruga, 3 moto niveladoras 16 H, 3 cargadores frontales y tanques de agua para el control de polvo.

La producción de Cuajone aumentó en 1.9% en el 2002, a 370.8 millones de libras de cobre, debido principalmente a una mayor ley de mineral. La producción de la concentradora de Cuajone para el año fue de 29.8 millones de toneladas de mineral molido que dio como resultado 651 mil toneladas de concentrados de cobre.

### **1.1.2 MINA TOQUEPALA.**

Está situada en la provincia de Jorge Basadre, distrito de Ilabaya. El desbroce en la mina se realizó en 1957 y la producción de mineral en 1959. La producción histórica al 31 de diciembre de 2001 en Toquepala, es de 1,941 millones de toneladas métricas, de los cuales 553 millones de toneladas métricas fueron mineral con ley de 1.02 % de cobre total y 1,014 MT de lixiviable con una ley de 0.22 % de cobre.

Geológicamente, Toquepala constituye un yacimiento porfirítico de cobre molibdeno diseminado, donde la mineralización está subordinada a una chimenea de brecha y a un intrusivo de Dacita, ambos genéticamente relacionados a la actividad intrusiva hidrotermal calco alcalina, datada de fines del Cretáceo superior - Terciario inferior. El yacimiento de Toquepala junto con Quellaveco y Cuajone pertenecen al Metalotecto denominado Sub Provincia Cuprífera del Pacífico que tiene dirección NW-SE en Perú y N-S en Chile.

Toquepala beneficia, sulfuros de cobre como Calcopirita, Calcosita y en menor proporción Bornita, por concentración, a un CUT-Of. de 0.4% Cu y para lixiviación material entre 0.1% y 0.4% Cu. Secundariamente beneficia Molibdenita como un subproducto de la concentración del cobre. El depósito se trabaja a cielo abierto, siendo las dimensiones del Pit actual 2.6 kilómetros Este/Oeste, por 2.0 kilómetros Norte/Sur y una profundidad de 720 metros.

Las reservas de Toquepala reconocidas por el SEC, actualmente son de 658 millones de toneladas métricas de mineral a una ley de 0.74 % Cu, 1,014 millones de toneladas métricas de lixiviable a una ley de 0.22 % Cu y 968 millones toneladas métricas de desmonte. Con un ritmo de 60,000 tmpd, la vida de la mina es de 31 años.

La flota actual en Toquepala incluye tres palas P&H 4100A (56 yd<sup>3</sup>), cuatro P&H 2100BL (15 yd<sup>3</sup>), una pala Bucyrus 495BI ( 56 yd<sup>3</sup>), un cargador Le Tourneau LT-1400, 4 volquetes Komatsu 930E (320t), diecisiete volquetes Komatsu 830E (218 t), cinco volquetes CAT ( 231 t), nueve volquetes Titan ( 181 t) y diez Dresser 445E (113 t), una perforadora P&H 120A, dos perforadoras 100XP y una Bucyrus 49RIII.

El control de las operaciones se realiza a través del Truck Dispatch, este sistema interactúa con todos los equipos que operan en la mina desde el proceso de perforación, voladura, carguio, y acarreo. Recientemente se realizo el upgrade del sistema Dispatch con la implementación de GPS de alta precisión para palas y perforadoras y baja precisión para volquetes. Para el control del transporte de trenes se utiliza el CTC, ( Central de Control de Trenes).

La producción de la mina Toquepala aumentó en 2.2% en el 2002 a 276.5 Millones de libras de cobre debido a una mejor recuperación y aumento en la producción en el año. La concentradora de Toquepala, con su expansión de capacidad terminada en setiembre del 2002, molió 17.6 millones de toneladas de mineral. En conjunto, las dos minas produjeron 3.7 18.3

millones de libras de molibdeno, como subproducto. La concentradora de Toquepala procesa 60,000 TM por día de mineral sulfurado de Cobre proveniente de la mina. El contenido de Cobre en el mineral tiene en promedio 0.75% de Cu y 0.030% de Mo. La planta consta de etapas de chancado primario, secundario y terciario para obtener un tamaño de mineral adecuado en la alimentación a la molienda. En la molienda se dispone de molinos de barras y bolas en la planta convencional y un molino de bolas en la expansión, en esta etapa se produce una pulpa adecuada para la flotación donde después de las etapas primarias y de limpieza, se produce un concentrado Bulk de Cobre y Molibdeno. Este concentrado es alimentado en una siguiente etapa a la planta de Molibdeno donde por flotación inversa se deprime el Cobre y se flota el Mo, que será limpiado posteriormente hasta en 8 etapas. El relave de esta planta constituye el concentrado final de Cu con una pureza de aprox. 27.5% el cual después de ser espesado, secado y filtrado es enviado a Ilo en el Ferrocarril Industrial. La Concentradora de Toquepala alcanza a la fecha recuperaciones de Cu de aprox. 90% y Molibdeno de aprox. 68%.

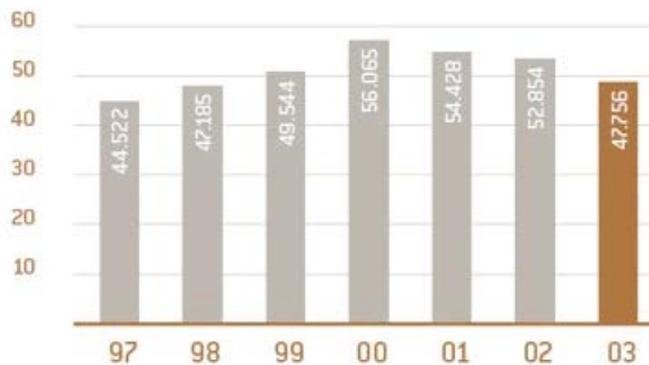
La expansión de la planta culminada recientemente incorporó equipos modernos a la operación, entre los que destacan tenemos una tercera línea de chancado secundario y terciario, un molino de bolas de 12000 TMSPD de capacidad, celdas de flotación de gran volumen (130 y 60 m<sup>3</sup> de capacidad), un filtro de presión de Cu de 500 TMPD, un espesador de relaves de la planta de 43 m de diámetro y 20000 TMPD de capacidad,

además se encuentran operando compresoras para aire de servicio e instrumentación.

### 1.1.3 LIXIVIACION

La planta SX/EW en Toquepala produce cobre refinado a partir de soluciones obtenidas al lixiviar material de baja ley almacenado en las minas de Toquepala y Cuajone. La planta produjo 52,900 toneladas en el 2002, en comparación con las 54,400 toneladas del 2001. Esto representa 3.5 millones de libras menos de cobre producido con respecto a la producción del 2001. La disminución se debió principalmente a una menor solución de lixiviación cargada (PLS).

**PRODUCCION DE SX/EW**  
(MILES DE TONELADAS)



*Grafico Producción de cátodos de cobre*

Mediante lixiviación se recupera cobre del material de baja ley acumulado en los botaderos de las minas de Toquepala y Cuajone. A través de un proceso de electro deposición, se obtiene cátodos de cobre de 99.999% de pureza, que cuentan con reconocimiento internacional. La producción proveniente de la planta de SX/EW disminuyó a 105.3 millones de libras de cobre, una disminución del 9.7% con respecto al año anterior debido a una disminución en la ley de la PLS.

#### **1.1.4 FUNDICIÓN**

La Fundición de Cobre de Southern Peru Copper Corporation (SPCC), se encuentra ubicada en Ilo, recibe como materia prima los concentrados de Cuajone y Toquepala, así como otros adquiridos a terceros.

Opera con un proceso convencional de fusión-conversión, para lo cual consta con dos hornos de fusión tipo reverbero, un convertidor Teniente (CMT), siete convertidores Peirce Smith y dos plantas de moldeo. La capacidad actual de fusión es de 1,115,000 toneladas métricas secas de concentrado por año para una producción de 295,000 toneladas métricas de cobre ampoloso al año. La fundición opera, además, una planta de ácido sulfúrico y una planta de oxígeno.

El producto final de la fundición son los llamados *blisters*, placas gruesas de cobre con un 99.3% de pureza. En preparación de minerales, los operadores reciben el concentrado, toman muestras y preparan las camas para las unidades de fusión: los hornos reverberos y el convertidor Teniente.

El concentrado recepcionado en las tolvas de los hornos es alimentado por los operadores de los tolvines ubicados en los techos de los hornos. El concentrado es fundido a más de 1200°C manteniendo parámetros óptimos, donde los operadores mantienen una combustión eficiente, obteniendo de la fusión escoria de descarte, extraída por los operadores mediante carros y locomotoras, y mata de cobre extraída por ollas y carros,

El convertidor Teniente es de tipo carga húmeda, con una capacidad de fusión de 1180 toneladas métricas secas de concentrado por día. Los operadores del convertidor Teniente alimentan el concentrado húmedo, el cual es fundido de manera semi autógena con la adición de aire enriquecido con oxígeno y mata, obteniendo como producto metal blanco y escoria que es retornada a los hornos reverberos.

La mata obtenida de los hornos reverberos y el metal blanco de el Teniente es transportada mediante grúas a los convertidores Peirce Smith, donde los operadores inyectan aire y controlan la operación bajo parámetros establecidos.

La sección de planta de ácido y oxígeno opera una planta de ácido sulfúrico de simple contacto, la cual trata los gases sulfurosos producidos en el CMT produciendo 1005 toneladas métricas de ácido sulfúrico por día. Los residuos líquidos y sólidos producidos en la planta de ácido sulfúrico son

tratados en una planta de efluentes asociada a ésta. Además, esta sección opera una planta de oxígeno de 273 toneladas métricas de oxígeno por día, la cual suministra oxígeno gaseoso de alta pureza para enriquecer el aire de soplado del CMT, de los convertidores, y el aire de combustión de los hornos reverberos.

Así mismo, la Fundición de Ilo tiene como plantas auxiliares una planta de preparación de camas, una planta de chancado de sílica y una planta de producción de cal.

La fundición de Ilo procesó 1.18 millones de toneladas de concentrados, igual que en el 2002. La fundición de los concentrados de SPCC aumentó en 8.0% mientras que la fundición de concentrados de terceros disminuyó en 87,639 toneladas. Como resultado, la producción de blister disminuyó a 314,900 toneladas en el 2003 en comparación con las 316,500 en el 2002.

**PROYECTO DE MODERNIZACIÓN.** La empresa cuenta con un proyecto de ampliación y mejora de la fundición que implicaría una inversión de entre US\$600 millones y US\$900 millones. La ampliación llevaría a la fundición hasta una capacidad de 1.83 millones de TM anuales y permitiría la captura de 95% del anhídrido sulfúrico emitido por la planta.

En 1995, la fundición modificó su proceso productivo incluyendo la operación del CMT y de la planta de ácido sulfúrico, que inicialmente trataba

el 60% del total de gases producidos en el CMT. En esta primera etapa de modernización, la Fundición de Ilo logró reducir sus emisiones sulfurosas en 18%. En marzo de 1998 se puso en funcionamiento la ampliación de la planta de ácido, la cual permitió la captura total de gases del CMT, reduciendo las emisiones sulfurosas en 30%

Dentro del proyecto de modernización de la fundición se compró tres acarreadores diesel Kamag que tiene una capacidad de transporte de ollas de 725 pies<sup>3</sup>, vehículos que van a eliminar el uso de las locomotoras. La principal ventaja de estos tractores es que pueden subir una pendiente de hasta 5%, lo que permitirá tirar las escorias tierra adentro y que no tengan contacto con el mar.

#### **1.1.5 REFINERIA.**

Considerada como una de las mejores refinerías del mundo, la refinería de Ilo se encuentra ubicada a 9Km al norte del puerto. Esta dotada de tres plantas: la planta de ánodos, electrolítica y de metales preciosos y una planta desalinizadora que genera agua destilada a razón de 900 a 1000 t/día, para compensar las pérdidas por evaporación en los circuitos de ánodos y la planta electrolítica. Considerada como una de las mejores refinerías del mundo, la refinería de Ilo se encuentra ubicada a 9Km al norte del puerto. Esta dotada de tres plantas: la planta de ánodos, electrolítica y de metales preciosos y una planta desalinizadora que genera agua

destilada a razón de 900 a 1000 t/día, para compensar las pérdidas por evaporación en los circuitos de ánodos y la planta electrolítica.

La capacidad actual es refinación es de 280,000 tn/año, prácticamente a punto de duplicar su producción inicial de 150,000 tn/año de cátodo.

La materia prima final proveniente de fundición, el cobre blister de 99,3% de pureza, es recepcionada en la refinería y cargada en dos hornos Maerz de 400 t de capacidad cada uno, en donde se obtiene el ánodo de 99,7% de pureza de cobre en una rueda de 26 moldes a una capacidad de moldeo de 70 tn/h, materia prima para la planta electrolítica. En las celdas electrolíticas se implanta el ánodo nuevo y un cátodo inicial para obtener un producto final de 99,99% de pureza.

La fundición provee de materia prima a la refinería. El cobre blister producido por la fundición excede la capacidad de procesamiento de la refinería, y este exceso es vendido a otras refinерías alrededor del mundo.

Alrededor del 90% de la producción de "blister" es enviada a la refinería en Ilo, donde es vuelta a fundir. Luego, mediante un sistema electrolítico se convierte en cátodos de cobre de 99.99% de pureza, aproximadamente. Este proceso se realiza en la refinería que fue comprada por Southern Peru al Estado Peruano, en 1994. Esta adquisición convirtió a Southern Peru en un productor integrado y disminuyó el costo en efectivo de la Compañía para producir cobre.

### PRODUCCION DE REFINERIA

(MILES DE TONELADAS)

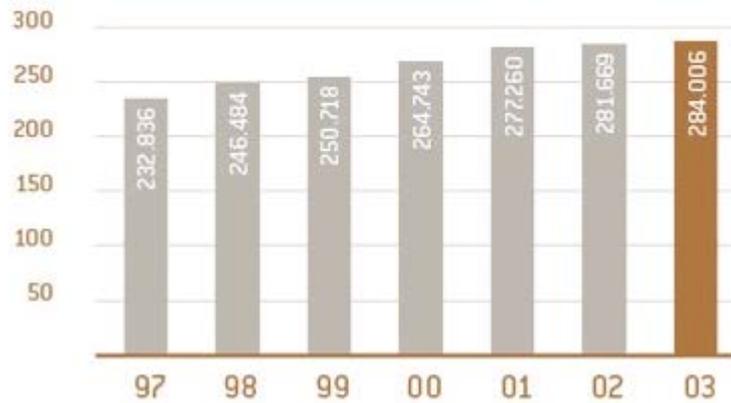


Grafico. Producción de cobre fino

### PRODUCCION DE COBRE

(MILES DE TONELADAS)



Grafico Producción de cobre refinado al 2003

La producción total de cobre refinado de SPCC disminuyó 0.8% a 731.4 millones de libras en el 2003 con respecto a las 737.5 millones de libras en el 2002. La producción de la refinería de Ilo alcanzó las 626.1 millones de libras en el 2003, un incremento de 0.8% con respecto al 2002 debido a que ahora hay una mayor eficiencia en la planta.

#### **1.1.6 MEDIO AMBIENTE**

SPCC es consciente que sus operaciones minero - metalúrgicas modifican el entorno, por ello desde varias años, Southern Peru ha puesto en marcha un vasto programa de control y mitigación ambiental para reducir los efectos de sus operaciones minero- metalúrgicas.

En enero de 1997 el Ministerio de Energía y Minas aprobó el Programa de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA) de Southern Peru., que indica el desarrollo de diversos proyectos a largo plazo para alcanzar estándares ambientales nacionales e internacionales.

Entre las acciones ambientales mas importantes desarrolladas por las empresa se encuentran la instalación de la planta de ácido sulfúrico en ILO, la cual tiene por función capturar la emisiones de gases que genera la fundición convirtiéndolas en ácido sulfúrico, luego de este proceso la emisión resultante esta compuesta fundamentalmente por vapor de agua.

Gradualmente esta planta llegara a capturar el 95% de las emisiones sulfurosas produciendo mas ácido sulfúrico, parte de la producción de ácido sulfúrico se emplea en el proceso de lixiviación de la compañía. El

excedente es comercializado en el mercado nacional e internacional pues se usa principalmente en la minería y procesos industriales

Otra iniciativa desarrollada por la compañía es el Programa de Control Suplementario a través del cual se controla y reduce las emisiones de anhídrido sulfuroso de la fundición. Es a través de una red de monitoreo que se evalúan las condiciones del ambiente en Ilo, si los datos registrados pronostican un potencial nivel de concentración de anhídrido sulfuroso se proceden a cortar gradualmente las operaciones en la fundición para evitar que la concentración alcance los máximos niveles permitidos manteniendo la calidad de aire en la población de Ilo

Quebrada Honda. Con una inversión de 60 millones de dólares, Southern Peru ha construido Quebrada Honda, una colosal represa para depositar los relaves resultantes del proceso de concentración del cobre en las concentradoras de Toquepala y Cuajone. Actualmente el dique tienen 2.5km de longitud y 88m de altura. La capacidad del dique para la cual fue diseñada fue de 600 millones de metros cúbicos de relaves, originalmente fue diseñada para 20 años, pero el incremento en la producción de Cuajone redujo a 14 años de los cuales ya van trabajando 6.

La represa se encuentra ubicada a 1200 msnm, en una zona desértica de escasa vegetación, carente de tierras agrícolas. Las áreas cultivables de cierta significación se encuentran distantes 10 km. al este (río Cinto) y 18 km. al sureste (Locumba) del embalse.

El dique principal del sistema de relaves tiene una forma trapezoidal y se construye bajo el sistema de aguas abajo, que consiste en la elevación de un dique de arranque utilizando el material grueso producido mediante el cicloneo de los relaves. La configuración final del dique principal alcanzará una altura de 130 mts. y una longitud de 3.9 kms.

Así mismo en lo largo del dique existen 19 disómetros, los cuales detectan incrementos de presión del agua.

#### **1.1.7 SEGURIDAD.**

En el campo de seguridad, 10 años atrás adoptaron el sistema proporcionado por DNV, el cual ha sido adecuado por Southern Perú denominándolo PROSESA – Programa de Seguridad y Salud, a partir de ello el personal fue entrenado y capacitado; actualmente vienen desarrollando hasta 20 elementos designando un responsable por cada uno. Las normas y reglas establecidas son ejecutadas por los trabajadores, y uno de sus lemas es “Primero Seguridad y después Producción”, teniendo presente que ambos están interrelacionados. El personal está en constante entrenamiento, desarrollando ocho charlas de seguridad por guardia cada mes. En lo que va del año han registrado 3 accidentes personales leves con tiempo perdido, así como daños leves a equipos.

### 1.1.8 BIENESTAR SOCIAL

Southern Peru cuenta con 3,566 trabajadores entre profesionales, técnicos y obreros, quienes realizan un gran trabajo coordinado para hacer de la Compañía el más grande e importante complejo minero-metalúrgico del país. Al 31 de diciembre del 2003, el número de trabajadores de Southern Peru era el siguiente:



Al 31 de diciembre	2003	2002	2001
Funcionarios	726	724	765
Empleados	1,089	1,075	1,116
Obreros	1,751	1,776	1,845
<b>Total</b>	<b>3,566</b>	<b>3,575</b>	<b>3,726</b>

Durante los cinco últimos años, las relaciones entre la Compañía y la representación de los trabajadores ha sido óptima. El personal es consciente que alcanza mayores beneficios cuando se incrementa la producción. Por esa razón, la Compañía ha implementado un sistema de evaluación de desempeño que trace metas y oriente el desarrollo del personal en las diferentes áreas. Southern Peru es una compañía comprometida con el bienestar de su personal y familiares dependientes. Sus campamentos ofrecen servicios comparables con estándares propios de las ciudades más modernas del país, y sus instalaciones son consideradas una de las mejores de su tipo en

el mundo. Además, la remuneración de sus trabajadores está por encima del promedio nacional.

Los campamentos de Southern Peru, en Toquepala y Cuajone, donde viven los trabajadores y sus familias, cuentan con todos los servicios propios de una ciudad: edificios modernos, viviendas, vías de tránsito, parques, plazas, supermercados, bancos, colegios, parroquias, campos deportivos, clubes de esparcimiento, etc. A fines de 1998, la Compañía transfirió, a sus trabajadores, 1,344 viviendas de su campamento de Pueblo Nuevo (Ilo), y las áreas comunes y sociales fueron integradas a la administración municipal del distrito de Pacocha.

Trabajadores a todo nivel participan frecuentemente en programas de entrenamiento y capacitación que les permiten actualizar sus conocimiento y desplegar al máximo sus potenciales. Así mismo el trabajador de SPCC, vive cómodamente con sus familias en los campamentos mineros, lo cuales cuentan con servicios propios de una ciudad.

SPCC, ofrecen a sus trabajadores programas completos de salud y atención medica cuyos beneficios alcanzan a sus familiares. La compañía cuenta con tres hospitales en Toquepala, Ilo y Cuajone considerados entre los mas modernos en su genero, así mismo fueron los primeros en el país en obtener la Acreditación como centros de salud dedicados ha proporcionar atención eficiente y segura a sus usuarios.

### **1.1.9 COMUNIDADES Y DESARROLLO SOSTENIBLE**

SPCC, mantiene una especial dedicación para sus relaciones con las comunidades de su entorno, relación basada en la comunicación, respeto mutuo y comunión de esfuerzos para compartir recursos y el mismo destino de progreso.

Southern Perú desarrolla una política social de responsabilidad compartida con las comunidades, pues están convencidos que la convivencia pacífica está garantizada por proyectos de desarrollo en los que la comunidad participa activa y responsablemente, anulando criterios filantrópicos, donaciones, u otras manifestaciones de carácter paternalistas con las comunidades; por el contrario ellos son involucrados en proyectos de desarrollo.

Así, la comunidad de Huaytire ha sido beneficiada con proyectos de construcción de servicios higiénicos, servicio de electricidad y agua potable, construcción de centros educativos. Además se ha formado una empresa comunal dedicada a la crianza y comercialización de truchas en la Laguna de Suches, la cual ha generado significativos dividendos para la comunidad; el siguiente paso será la construcción de un restaurante comunal.

La construcción de un vivero a 4 620msnm, en donde se cultivan zanahorias, apio, lechuga, rabanitos, culantro, espinaca, cebolla china, espinaca, coles, y demás verduras, permitirá introducir estas especies en el régimen alimenticio de los pobladores de Huaytire. Asimismo se desarrollan

programas de mejoramiento genético de camélidos sudamericanos y se está incursionando en la crianza del ñandú.

En tanto la comunidad de Torata ubicada a 20 minutos de la mina Cuajone, desarrolla el proyecto de una planta de tratamiento de agua para regar bosques de eucalipto; de otro lado la desviación del Canal de Chilligüas incrementará el caudal de agua en 300 litros por segundo, ampliando la frontera agrícola con riego tecnificado logrando un ahorro de agua de hasta 62%. Con la finalidad de extender la vida de la mina Cuajone, Southern Perú desarrolló la desviación del río Torata mediante un dique, un sistema de túnel, tuberías y canal en un tramo de 8km. Con la participación de empresas especializadas en obras de ingeniería de gran magnitud, el dique de desviación está diseñado para resistir la lluvia más intensa y prolongada que se haya presentado en los últimos 70 años. La inversión empleada en esta obra asciende a US\$75 millones, la altura del dique es de 120m, su capacidad de recepción es de 16 millones de metros cúbicos y de derivación es de hasta 10 mil litros por segundo, con lo que elimina cualquier riesgo de inundación del tajo de la mina Cuajone. Antes de la construcción del dique, en épocas de fuertes lluvias, los terrenos de cultivo eran invadidos por las aguas; mientras que en tiempos secos no contaban con el agua suficiente para el riego. Actualmente se controla el flujo hídrico incrementándose de 350 a 550 metros por segundo durante los meses de mayo a junio, periodo de escasez de agua, permitiendo la ampliación de la frontera agrícola de los pobladores de Torata En cuanto a proyectos de aprovechamiento de agua,

en tres años han invertido alrededor de US\$400 000, solamente en programas de riego tecnificado, asimismo se ha invertido para el cultivo y la instalación de 18 parcelas de orégano US\$3,800 por hectárea, conformándose un comité de productores de esta especie para la posterior instalación de una planta de acopio, secado y comercialización del producto.

#### **1.1.10 COMERCIALIZACION**

La alta pureza y el confiable servicio de atención y entrega que Southern Peru presta a sus clientes hace que los consumidores, a nivel mundial, demuestren gran interés por sus productos.

La ampliación de la capacidad de la refinería en Ilo ha hecho que la oferta exportable del cobre blister disminuya, teniendo como principal destino la refinería de Union Miniere en Bélgica, con la que se suscribió un contrato a largo plazo, iniciado en 1994, a cambio de un financiamiento facilitado por el grupo belga.

El cobre blister remanente se coloca a través de contratos de compra o venta, de entrega inmediata ("spot"), a distintos lugares del mundo.

Los cátodos SPCC-ILO, calificados como grado "A" de alta pureza, son registrados en la Bolsa de Metales de Londres (LME) y en la Bolsa de Productos de Nueva York (COMEX), son vendidos principalmente a

empresas de reconocido prestigio internacional dedicadas en su mayoría a fabricar alambres y cables de cobre. Los principales destinos de este producto están en el Asia, el norte de Europa, Italia, Sudamérica y Estados Unidos.

Los cátodos SPCC-SX/EW elaborados por Southern Peru son un producto de alta calidad, calificados como grado "A", en la Bolsa de Metales de Londres y en la Bolsa de Productos de Nueva York. Este producto es principalmente vendido a Mitsui, bajo un contrato a largo plazo cuyo destino principal es el sudeste asiático; y un importante tonelaje es vendido en el mercado local a dos empresas fabricantes de cables (INDECO y CEPER).

Los subproductos de Southern Peru son colocados en el mercado internacional y representan una venta anual de US\$ 48 millones. Esta gran demanda muestra el grado de especialización de los técnicos de Southern Peru en el tratamiento de minerales.

Se produce en forma de concentrados de molibdenita y se vende principalmente a plantas tostadoras en Chile y norte de Europa, las que los transforman en óxido de molibdeno y ferromolibdeno.

Se procesa en la refinería de Ilo 3.37 millones de onzas anuales) y se vende en forma de lingotes, a EEUU (49%) y Colombia (25%), principalmente.

Se vende íntegramente al mercado norteamericano en forma de lingotes (12 mil onzas anuales).

Residuos de sulfato crudo de níquel y lodos de segunda liberadora.

Resulta del proceso de control ambiental de la fundición en Ilo y es consumido principalmente por la planta de SX/EW en Toquepala; el resto se comercializa hacia distintos productores de cátodos de cobre SX/EW en el sur del Perú y el norte de Chile.

El cobre producido por Southern Peru es vendido a consumidores de diversos países bajo la modalidad de contratos anuales. Estos contratos consideran embarques mensuales que se realizan desde el muelle industrial de la compañía, en Ilo.

Las ventas netas en el 2002 fueron \$664.6 millones, comparadas con \$657.5 millones en el 2001 y con \$711.1 millones en el 2000. Las ventas aumentaron en el 2002 en \$7.1 millones debido al incremento en el precio del molibdeno y la plata, los más importantes subproductos de la Compañía, a pesar de una leve caída en el precio y el volumen del cobre.

Los precios de venta de los metales de la Compañía se establecen principalmente por referencia a los precios cotizados en la Bolsa de Metales de Londres (LME), la Bolsa de Productos de Nueva York (COMEX) o los publicados en el Platt's Metals Week, para precios promedio de óxidos de distribuidor, en el caso de molibdeno.

	2003	2002	2001
<b>PRECIO PROMEDIO DE METALES</b>			
Cobre (por libra – LME)	\$ 0.81	\$ 0.71	\$ 0.72
Cobre (por libra – COMEX)	\$ 0.81	\$ 0.72	\$ 0.73
Molibdeno (por libra)	\$ 5.32	\$ 3.77	\$ 2.36
Plata (por onza – COMEX)	\$ 4.89	\$ 4.60	\$ 4.36
<b>VOLÚMENES DE VENTAS (EN MILES)</b>			
Cobre (libras)	827,086	805,642	817,128
Molibdeno (libras) (1)	19,953	18,178	18,511
Plata (onzas)	4,192	4,034	3,951

### 1.1.11 INVERSION

Southern Peru lleva a cabo un programa de exploraciones en toda el país, orientado al descubrimiento de recursos, principalmente de cobre y oro, así como de zinc, plata y plomo. Los trabajos se vienen desarrollando en las diferentes franjas metalogenéticas principalmente de sistemas porfiríticos para cobre y cobre-oro, así como en sistemas epitermales para metales preciosos.

Durante el 2003, la Compañía ha continuado con su programa de perforación en el proyecto Los Chancas. Se realizó perforación diamantina

de 27,908 metros de los 27,000 metros proyectados. La segunda y última fase de las pruebas metalúrgicas está en proceso, los resultados indican la existencia de recursos de 200 millones de toneladas de mineral con una ley de cobre de 1.0%, de molibdeno de 0.07% y 0.12 g de oro por tonelada. Estos resultados no representan recursos que han sido determinados como probados ni probables. Este proyecto está en su etapa final. Durante el 2004 se iniciará un estudio de pre-factibilidad con el fin de completar la información y determinar el recurso final.

Durante el 2003, la Compañía realizó estudios hidrológicos y de evaluación para el proyecto de Tantahuay a fin de elaborar el trabajo de prefactibilidad para la recuperación de oro. El total de los recursos indicados son de 27.1 millones de toneladas, con un contenido promedio de 0.89 g de oro por tonelada y 13.0 g de plata por tonelada. Estos resultados no representan recursos que se han determinado como probados ni probables. SPCC tiene una participación propietaria de 44.245% en el proyecto de Tantahuay.

El extenso programa de exploración que la Compañía realiza a lo largo y ancho del Perú continuó en el 2003. Durante el 2003 se concluyó con un programa de perforación diamantina de 11,265 m de los 15,000 m planeados con el fin de identificar recursos de cobre y oro. Este programa ha sido ejecutado en el prospecto de Arampal (3,198 m), el prospecto de Pucay (3,186 m) y el Proyecto de Tía María (4,881 m).

En el 2003, la Compañía adquirió varias propiedades chilenas de una afiliada. Las adquisiciones son parte de la estrategia de la compañía para incrementar las reservas de mineral mediante la exploración en países latinoamericanos aparte del Perú. Las propiedades, que contienen más de 35,000 hectáreas de derechos mineros, muestran tener potencial para cobre, oro, y plata y serán sometidas a extensas pruebas durante el 2004.

En la actualidad, la Compañía tiene control directo sobre 158,377 hectáreas de derechos mineros y tiene el control sobre 20,453 hectáreas de derechos a través de empresas mancomunadas (joint ventures).

## 1.2 INFORMACION GENERAL MINA TOQUEPALA

### 1.2.1 UBICACIÓN Y ACCESOS

La mina de Toquepala está ubicada en el Distrito de Ilabaya, Provincia de Jorge Basadre, Departamento de Tacna, a 17°13' latitud Sur y 70°36' longitud Oeste en el flanco occidental de la cordillera de los Andes. El área cercana a la mina presenta elevaciones que oscilan entre los 2,600 y 3,700 msnm. Los nevados y volcanes próximos alcanzan elevaciones cercanas a los 6,000 metros.



Fig . Ubicación geográfica Mina Toquepala

### **1.2.2 CICLO OPERATIVO.**

El ciclo operativo en Mina Toquepala puede dividirse en las siguientes etapas (ver anexo gráficos):

**Exploración.** Se realizan periódicamente campañas de perforación diamantina a lo largo del yacimiento a fin de actualizar el modelo geológico de reservas probadas y probables. Teniendo como base la información de taladros diamantinos, mediante los cuales se determina la litología por nivel, la actualización se realiza mediante mapeos.

**Perforación y Voladura.** Es la fase en la cual se prepara (el material insitu es removido) para ser minado por las palas. Se realiza cumpliendo con el plan de minado anual. Se cuenta con los siguientes equipos:

01 Perforadora eléctrica Bucyrus E49R

01 Perforadora eléctrica P Y H 100XP

01 Perforadora eléctrica P y H 120A

01 Perforadora eléctrica Bucyrus 50R

**Carguio.** Es la fase en la cual el material preparado en la fase anterior (voladura), es minado desde los frentes de mineral, lixiviable y desmonte.

Se cuenta con los siguientes equipos:

03 Palas P y H 4100<sup>a</sup> (56yd3)

01 Pala Bucyrus 49ER (56yd3)

04 Palas P y H 2100 (15 yd3)

01 Cargador Frontal Cat 992 (13 yd3)

01 Cargador Frontal Le Tourneau (Cap 50TM)

**Acarreo.** Es la fase en la cual el material removido es transportado a tolvas (mineral ) y Botaderos (lixiviable y desmonte). El mineral depositado en tolvas es trasportado a Planta Concentradora mediante trenes de 18 carros cada uno con capacidades de 70 TM. Se cuenta con los siguientes equipos:

04 Volquetes Komatsu 930E (320 Tn)

17 Volquetes Komatsu 830E (218 Tn)

05 Volquetes Cat 793C (231Tn)

10 Volquetes Titan (181 Tn)

11 Volquetes Dresser (113 Tn)

**Procesamiento del Mineral.** Fase en la cual el mineral sigue etapas para la obtención del producto final; concentrado.

**Por Concentración.** La planta concentradora procesa 60,000 TM por día de mineral sulfurado de Cobre proveniente de la mina. El contenido de Cobre en el mineral tiene en promedio 0.75% de Cu y 0.030% de Mo.

**Por Lixiviación.** La planta SX/EW en Toquepala produce cobre refinado a partir de soluciones obtenidas al lixiviar material de baja ley almacenado en las minas de Toquepala y Cuajone. La planta produjo 52,900 toneladas en el 2002, en comparación con las 54,400 toneladas del 2001. Esto representa 3.5 millones de libras menos de cobre producido con respecto a la producción del 2001. La disminución se debió principalmente a una menor solución de lixiviación cargada (PLS).

### **1.2.3 MODELO GEOLOGICO E ÍNDICE DE DUREZA (RHI)**

Esta información es preparada y actualizada periódicamente por el departamento de Geología. El modelo geológico se hace teniendo como base la información de taladros diamantinos, mediante los cuales se determina la litología por nivel, la actualización se realiza mediante mapeos y nuevas campañas de perforación diamantina.

Además del modelo geológico existe el índice de dureza de roca (RHI), que es una descripción mas detallada del tipo de roca indicando sus subdivisiones, la actualización se hace a diario mediante muestreo de frentes de minado y de taladros de perforación. (ver mapa de dureza en anexo gráficos)

### **1.2.4 CARACTERISTICA GEOMECHANICAS DELA ROCA**

El departamento de geotecnia a través de pruebas de laboratorio analiza y determina la resistencia a la compresión uniaxial, resistencia a la tensión, módulo de Young, relación de Poisson, cohesión, etc. Una vez determinados los parámetros geomecánicos, se discuten con la litología existente y se procede a diseñar los proyectos de perforación.

### **1.2.5 PROGRAMA DE PERFORACION ANUAL**

El programa anual de minado va ligado al programa anual de perforación y voladura. En este contexto para cumplir con los planes de minado se realiza el programa de perforación el cual arroja información como la cantidad de metros a perforar y disparar según la litología existente.

Con el tonelaje estimado a minar en forma mensual y por tipo de roca se calcula los metros necesarios de perforación para poder hacer la voladura, esto es posible debido a que se tiene estándares de perforación y voladura. Este mismo procedimiento se realiza para cada mes hasta completar el año y es presentado por el departamento de Ingeniería a la Gerencia para su revisión y aprobación.

### **1.2.6 PRESUPUESTO ANUAL DE PERFORACION**

Definidos cuantitativamente los metros a perforar en el periodo anual, se procede a calcular los costos que involucra dicha operación. En el presupuesto es considerado dos disciplinas la operacional y de mantenimiento.

En la disciplina operacional de perforación se considera principalmente los consumos de energía, mano de obra, materiales( brocas, barrenos, otros accesorios). En base a las estadísticas de rendimientos en metros de accesorios de perforación y a los metros a perforar mensualmente se calculan los consumos y se elabora el presupuesto de perforación,

enfaticando el consumo de brocas ya que estas representan un quinto del costo total de perforación.

En la disciplina de Mantenimiento los ítems tomados para la elaboración del presupuesto son: repuestos, mano de obra, soldadura y reparaciones en general.

### **1.3 ESTANDARES DE PERFORACION**

Los resultados obtenidos tanto en la calidad del material fracturado (fragmentación) como en la conservación de la pared final de talud hace que para el diseño estén involucrados los departamentos de Geología, Geotécnia, Perforación y Voladura e Ingeniería.

Geometría de Diseño de la Mina: En Mina Toquepala se tiene una altura de banco de 15 metros, angulo final del talud  $37^{\circ}$  , catch bench de 7metros, malla tipo triangular equilátera, diámetro de taladro 11 pulgadas, sobre perforación dependiendo del tipo de roca (varia entre 1-1,5m). En lo que respecta a burden y espaciamiento son sometidos a evaluación constante debido a los cambios de litología que se presenten.

#### **1.3.1 PROYECTO DE PERFORACION**

Analizados la litología, agrietamientos, etc. El departamento de Ingeniería procede a elaborar los proyectos utilizando para ello el Software Mine Sight.

### 1.3.2 DETERMINACION DE COORDENADAS DE LOS TALADROS

Se diseñan los proyectos respetando los planes de minado. A partir de las líneas medias de largo plazo se diseñan los proyectos teniendo en cuenta las crestas originales. Se superponen el modelo geológico ó en zonas de mineral el índice de dureza y se dibuja la malla de perforación para cada tipo de rocas según los parámetros de perforación tal como se muestra en la figura. El software le asigna a cada taladro sus coordenadas, un número respectivo y la profundidad de cada taladro.

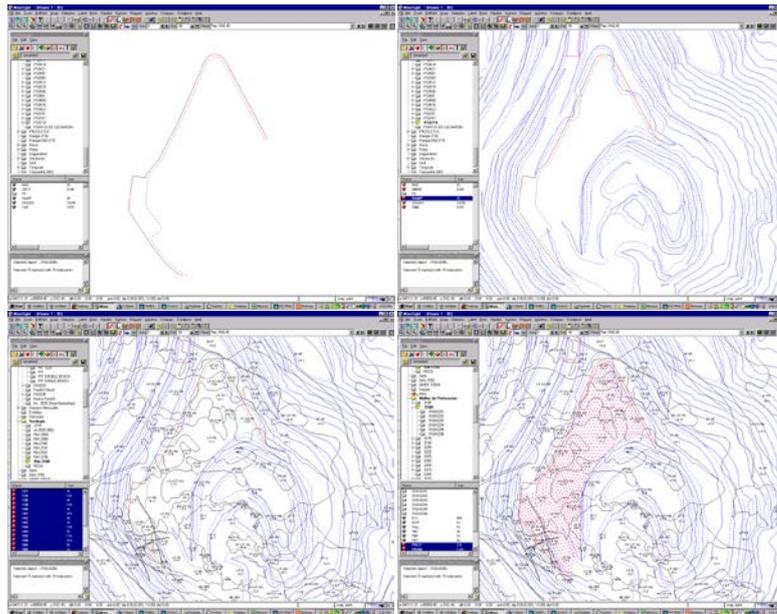


Fig. Diseño de Mallas de Perforación

### **1.3.3 UBICACIÓN DE TALADROS**

Con el diseño de la malla de perforación se determina el proyecto a perforar, las coordenadas de los taladros de los proyectos y las profundidades de los taladros son transferidos vía Sistema Dispatch a la perforadora; esta se conecta vía satélite a la estación central, con su sistema de "GPS" de alta precisión y empieza a navegar (posicionamiento en cada taladro) hasta ubicar en el campo las coordenadas de cada uno de los taladros. La profundidad de cada taladro la calcula tomando la elevación de la máquina en un taladro determinado y restándole la elevación hasta donde deberá llegar ese taladro.

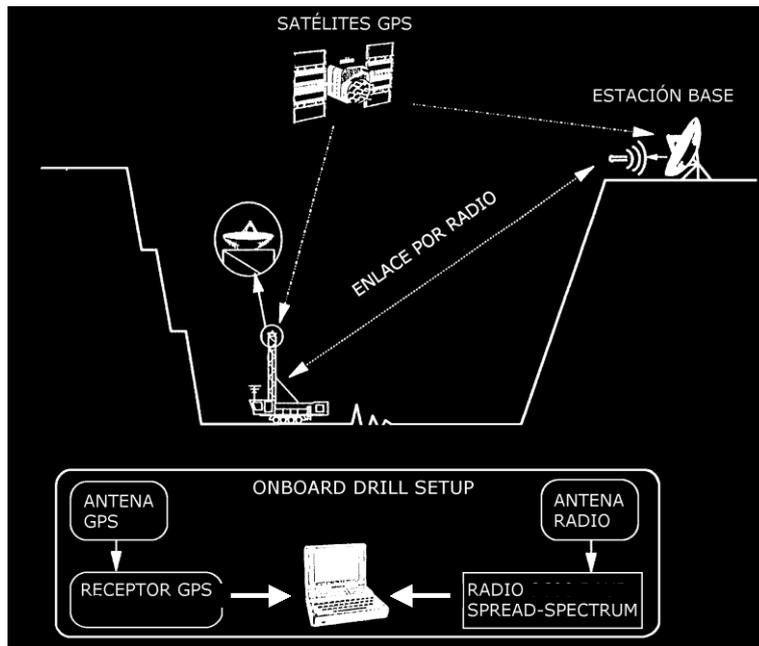


Fig Sistema de Alta Precisión para perforadoras

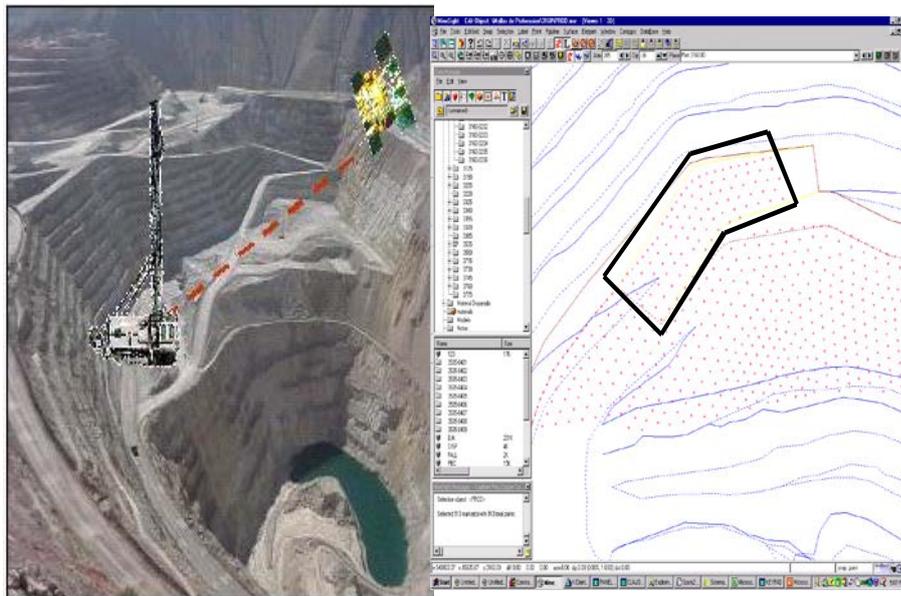


Fig Sistema de Alta Precisión para perforadoras

#### **1.4 PERFORADORAS**

En mina Toquepala se cuenta con 3 perforadoras eléctricas

1 perforadoras P&H 120A con las siguientes características:

Compresor nominal : 3600 CFM y 55 psi  
Motor principal : Eléctrico de 700 HP  
Fuerza de empuje : 68,038 Kg ó 150,000 libras

1 perforadora P&H100 XP con las siguientes características:

Compresor nominal : 3600 CFM y 55 psi  
Motor principal : Eléctrico de 1000 HP  
Fuerza de empuje : 49,940 Kg ó 110,000 libras

1 perforadora Bucyrus 49RIII con las siguientes características:

Compresor nominal : 3000 CFM y 50 psi  
Motor principal : Eléctrico de 1000 HP  
Fuerza de empuje : 40,000 Kg

## 1.4.1 REGISTROS

En Mina Toquepala se cuenta con el sistema de administración Dispatch que controla, registra y optimiza la producción de los equipos vinculados a la operación.

### 1.4.1.1 DEL EQUIPO

Básicamente son registrados el estatus de cada equipo indicando las demoras que se tuvieron en cada turno de trabajo para el cálculo inmediato de la disponibilidad y utilización.

The screenshot shows a terminal window titled 'KEYPAD' with a menu bar containing: Top, Bottom, PageUp, PageDn, Print, Refresh, Remove, Help, Exit, Config, and Select. The main display area shows the following content:

Registros de Guardia, Estados de Equipos Auxiliares

Guardia: 13-JUL-03 B

Equipo	Desear ver?	Tipo Equipo	Borrar?
Camion de bombas B54	NO	Ford	NO
Camion de anfo C254	NO	Ford	NO
Camion de anfo C255	NO	Ford	NO
Chancadora CHANCADOR	NO	Ford	NO
Camioneta C101	NO	Ford	NO
Perforadora D10	NO	P&H 120A	NO
Perforadora D11	NO	P&H 120A	NO
Perforadora D12	NO	P&H 100XP	NO
Cargador Frontal F041	NO	Caterpillar 966C	NO

Cambios de Estado para Perforadora D10

Hora	Estado	Cod	EVENTO	Comentario	Borrar?	OPER	D OPER	RAN-CG	STBY	ENLL	SOLD	MEC	ELEC	M PREV	SERV
19:50:00	Demora	200	CAMBIO GUARDIA		NO	1,67		0,17							
20:00:00	Operat	0			NO		0,27								
21:40:24	Demora	241	MOVIMIENTO DE CAB		NO	5,09									
21:56:19	Operat				NO			0,76							
03:01:55	Demora	201	RANCHO		NO										
03:47:33	Operat				NO	0,21									
04:00:00	Malogr	142	SOPORTES-CATAS		NO							0,42			
04:25:00	Operat	0			NO	2,73									
07:08:53	Demora	240	TRASLADO DE PERFO		NO		0,31								
07:27:32	Demora	249	LIMPIEZA DE PERFO		NO		0,14								
07:35:47	Demora	200	CAMBIO GUARDIA		NO			0,24							

Fig Sistema Truck Dispatch para perforadoras

### 1.4.1.2 DE LOS TALADROS

El sistema registra en cada turno de trabajo (12 horas) información de cada taladro perforado mostrando la perforadora, proyecto, taladro, tipo de roca, hora de inicio y termino, profundidad. De estos registros se obtiene la velocidad de penetración.

Gracias a esta información se tiene información en tiempo real de los accesorios de perforación así como la performance de las perforadoras en el terreno que viene trabajando.

PruebaDISPATCH Registros de Taladros por Turno

Guardia: 13-JUL-03 B Ordenar por: Perforadora Y por: Hora Inicio

Perfo	Disparo	Talad.	Hueco Extra?	Material	Hr.Inicio	Hr.Termino	Tpo.Perf. (min)	Profund. (metros)	Broca	Barra	Estab.	Cross Over	Absor.	Niple Union	Guiador	ELIN?
D10	3535-0408	4540	NO	Dura	02:45:06	04:01:49	76	17,0	846613	11632	12129	Descon	Descon	Descon	Descon	NO
D10	3535-0408	4504	NO	Dura	04:04:42	04:27:08	22	17,0	846613	11632	12129	Descon	Descon	Descon	Descon	NO
D10	3535-0408	4467	NO	Dura	04:28:48	04:53:54	25	16,0	846613	11632	12129	Descon	Descon	Descon	Descon	NO
D10	3535-0408	4431	NO	Dura	04:56:04	05:21:20	25	16,0	846613	11632	12129	Descon	Descon	Descon	Descon	NO
D10	3535-0408	4394	NO	Dura	05:23:17	05:45:34	22	16,0	846613	11632	12129	Descon	Descon	Descon	Descon	NO
D10	3535-0408	4348	NO	Media	05:47:24	06:10:41	23	16,0	846613	11632	12129	Descon	Descon	Descon	Descon	NO
D10	3535-0408	4321	NO	Dura	06:12:27	06:39:21	26	16,0	846613	11632	12129	Descon	Descon	Descon	Descon	NO
D10	3535-0408	4285	NO	Dura	06:41:07	07:06:49	25	16,0	846613	11632	12129	Descon	Descon	Descon	Descon	NO
D11	3535-0407	8306	NO	Dura	20:45:00	21:07:54	22	17,0	846688	11758	Descon	Descon	Descon	PRUEBA1	10750	NO
D11	3535-0407	8289	NO	Dura	21:11:08	21:48:53	37	17,0	846688	11758	Descon	Descon	Descon	PRUEBA1	10750	NO
D11	3535-0407	8283	NO	Dura	21:51:25	22:33:41	42	17,0	846688	11758	Descon	Descon	Descon	PRUEBA1	10750	NO
D11	3535-0407	8284	NO	Dura	22:36:24	23:16:25	40	17,0	846688	11758	Descon	Descon	Descon	PRUEBA1	10750	NO
D11	3535-0407	8285	NO	Dura	23:19:52	00:06:02	46	17,0	846688	11758	Descon	Descon	Descon	PRUEBA1	10750	NO
D11	3535-0407	8278	NO	Dura	00:10:47	00:50:18	39	17,0	846688	11758	Descon	Descon	Descon	PRUEBA1	10750	NO
D11	3535-0407	8279	NO	Dura	00:51:40	01:26:15	34	17,0	846688	11758	Descon	Descon	Descon	PRUEBA1	10750	NO

-----  
 Tipee # para agregar registros de taladros

Fig Sistema Truck Dispatch para perforadoras

### 1.4.2 RENDIMIENTO DE BROCAS

Considerando que la broca es uno de los accesorios de mayor desgaste y por consiguiente de mayor consumo, se le hace un seguimiento especial para determinar su rendimiento por tipo de roca.

De los módulos gráficos de Dispatch se pueden extraer información tales como: turno de trabajo, tipo de roca, dureza, a fin de tomar decisiones para determinar la columna de explosivo a usarse en los taladros.

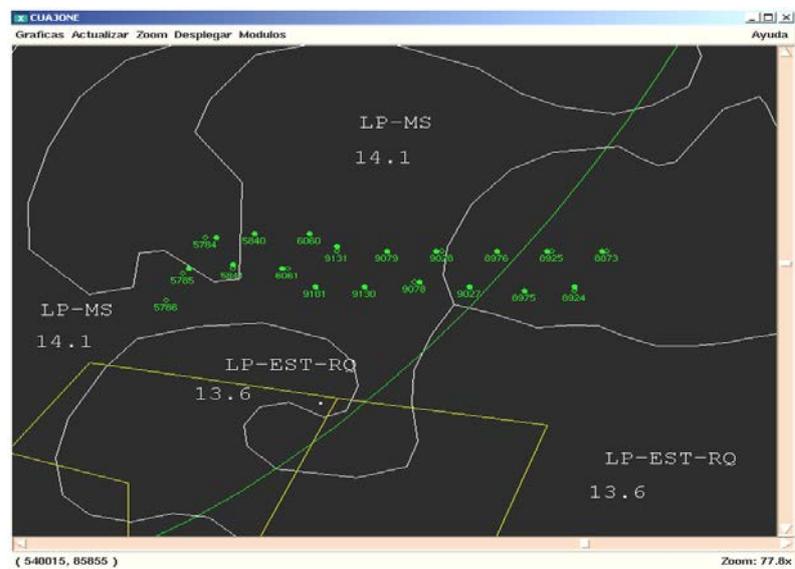


Fig . Sistema Truck Dispatch para perforadoras

### **1.4.3 REPORTE**

La información del sistema Dispatch (ambiente unix) es transferida automáticamente a un sistema de gestión estadística hecha en Access (ambiente windows) donde se almacena toda la información referente a la perforación y voladura, para así poder emitir reportes en tiempo real según sea la necesidad del departamento.

### **1.5 PROGRAMA DE MANTENIMIENTO**

El mantenimiento que se hace a las perforadoras es un factor que contribuye a la buena disponibilidad mecánica del equipo. Dentro del programa de mantenimiento se realizan Reparaciones generales, Mantenimientos Predictivos, Mantenimientos programados. Como en toda mina existe personal de turno pendiente a dar solución lo más rápido posible a problemas que tuviese el equipo durante la operación.

## **CAPITULO 2**

### **2.0 MEJORAMIENTO DE LA PERFORACION EN MINA TOQUEPALA**

#### **2.1 VELOCIDAD DE PENETRACION**

##### **2.1.1 PULL DOWN Y ROTACION**

En mina Toquepala se utilizan los siguientes parámetros de perforación, teniendo como objetivo sacarle el máximo provecho a la potencia del equipo respetando los parámetros preestablecidos por la litología presente en cada proyecto.

###### Roca suave

Pull Down : hasta 45,000 libras

Rotación : hasta 55 rpm

###### Roca media

Pull Down : de 50,000 hasta 70,000 libras

Rotación : de 50 hasta 55 rpm

###### Roca Dura

Pull Down : hasta 70,000 libras

Rotación : hasta 65 rpm

## **2.2 DISPONIBILIDAD Y UTILIZACION**

El departamento de Mantenimiento hace esfuerzos por incrementar la disponibilidad de los equipos realizando y cumpliendo con su programa de mantenimiento el cual incluye: Mantenimiento Programado, Preventivo, Predictivo, Reparaciones Generales, etc.

Esta en nuestro campo darle una optima utilización a nuestros equipos. Habiendo identificado la mayor incidencia de demoras operativas se trabaja en reducirlas al mínimo para incrementar nuestra utilización. Todas las demoras son registradas en tiempo real por el sistema Dispatch, siendo las principales:

- Demoras netamente operacionales: traslado, cambio de accesorios, esperas operacionales.
- Demoras establecidas: demoras por refrigerio, cambio de guardia.
- Demoras por seguridad: charlas de seguridad, inspecciones.

Por ejemplo una acción tomada para reducir las demoras operacionales en el siguiente caso: Demora, Esperando instalación de cable de fuerza. Si dentro del plan semanal una perforadora se va a trasladar. El departamento de Ingeniería coordinara anticipadamente con el departamento de Alta Tensión la ubicación mas próxima al área de trabajo

de los switch house a fin de instalar anticipadamente los cables de energía de los que se alimentara dicho equipo reduciendo así costos en instalación de cable de fuerza, mano de obra y, demoras operativas por corte de energía.

### 2.3 EVALUACION Y CONTROL DE CALIDAD DE LOS ACCESORIOS

La variada litología existente en la operación hace que SPCC exija a sus proveedores que mejoren el diseño de sus accesorios realizándose pruebas con accesorios nuevos y mejorados. A continuación se muestra un ejemplo:

Brocas corridas en Yeso Anhidrita

ROCA	MARCA	TIPO	VELOCIDAD (m/hr)	COSTO (\$/m)	CTP (\$/m)	PullDown(x1000lb)	Aire(x1000ppzi)	RPM
YESO	MARCA A	TIPO 1	14.1	3.34	17.18	55	51	70
YESO	MARCA A	TIPO 2	32.4	1.32	7.35	74	51	70
YESO	MARCA B	TIPO 1	30.0	1.82	8.33	59	50	70
YESO	MARCA B	TIPO 2	24.5	2.18	10.13	60	52	66
YESO	MARCA B	TIPO 3	29.2	2.45	9.12	60	52	66

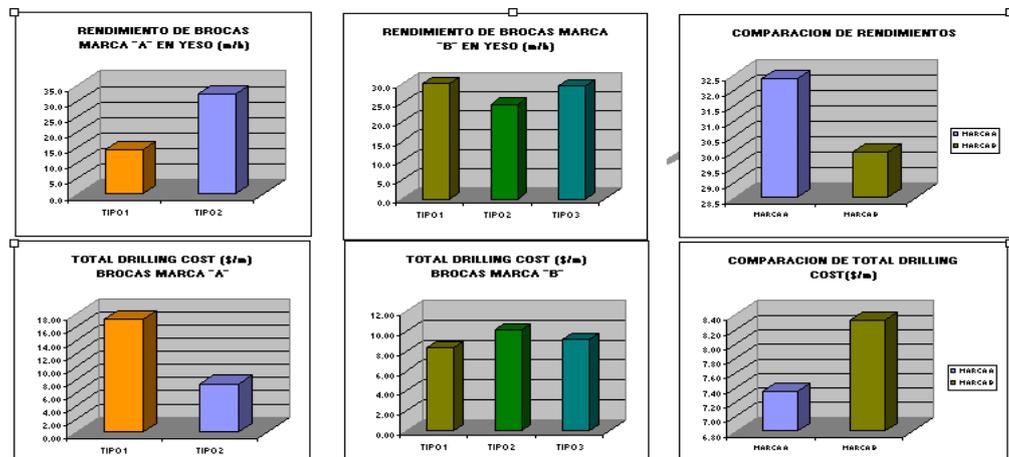


Fig Analisis comparativo de rendimientos para brocas

La broca seleccionada es la broca marca A Tipo 2, por tener una mayor velocidad de penetración y menor costo de perforación.

Otro aspecto importante para reducir los costos en accesorios es que por ejemplo si hay brocas que son dadas de baja para Yeso estas nos pueden servir para relleno y prolongando así su vida útil. (Ver cuadro anexo 1) En el caso de los estabilizadores se fija un desgaste de tal manera que el accesorio pueda ser rellenado en tornos recuperándose sin darse de baja.

En la perforadora 50R solamente son usados barrenos recuperados, los cuales han sido dados de baja en las demás perforadoras y que luego luego de ser reforzados se usan en la perforadora 09, considerando que en esta perforadora se tienen limitaciones mecánicas de rotación y presión hidráulica (Pulldown) (ver anexo1)

### **2.3.1 ESTANDARIZACION DE LA COLUMNA DE PERFORACION**

En mina Toquepala se ha realizado la estandarizacion de la linea de perforación en la figura (ver anexo) se hace una descripción de la columna de perforación estándar mostrando los accesorios que intervienen con sus respectivas dimensiones. En el caso particular de la perforadora 04 se hizo una modificación en la línea de perforación ya que anteriormente se utilizaba barrenos de 10 3/4" ahora se utiliza barras de 9 ¼ . La justificación fue el reducido espacio anular para la evacuación del detritus; este espacio

reducido ocasionaba excesiva remolienda dentro del taladro de perforación antes de la evacuación del detritus, ocasionando desgaste prematuro de las barras.

## **2.4 ENTRENAMIENTO**

### **2.4.1 DISMINUCION DE TIEMPOS MUERTOS**

La implementación del sistema de navegación GPS para el traslado del equipo de un taladro a otro ha tenido resultados muy productivos aumentando significativamente el tiempo neto de perforación. Se realizó un programa de entrenamiento a los operadores incidiendo principalmente en la seguridad. Existen procedimientos escritos para la operación. Por ejemplo para la perforación de taladros ubicados en zona de crestas el operador deberá necesariamente utilizar su control remoto. Para la navegación se deberá disponer el cable de fuerza de tal manera que no interfiera con el traslado.

Así mismo se realiza un constante seguimiento a los rendimientos de los accesorios de perforación controlando su desgaste y analizando el motivo de su baja (dull mode), para de esta forma realizar los cambios a tiempo antes que se produzcan roturas o daños de otros componentes lo que acarrearía baja disponibilidad del equipo.

En lo que respecta a parámetros de perforación se realiza un seguimiento para que sean aplicados correctamente según el tipo de roca.

Es una labor de la supervisión hacer cumplir y hacer cumplir con los procedimientos de la operación. Se realizan contactos personales con los operadores incidiendo en la seguridad y en la retroalimentación de los estándares de trabajo.

## 2.5 PRODUCTIVIDAD Y COSTOS

### 2.5.1 COSTO OPERATIVO

El costo de operación mina esta compuesto por 3 rubros: energía, accesorios, y mano de obra. Dentro del rubro accesorios debido a la importancia y mayor consumo de las brocas respecto a los demás se subclasifica este ítem.

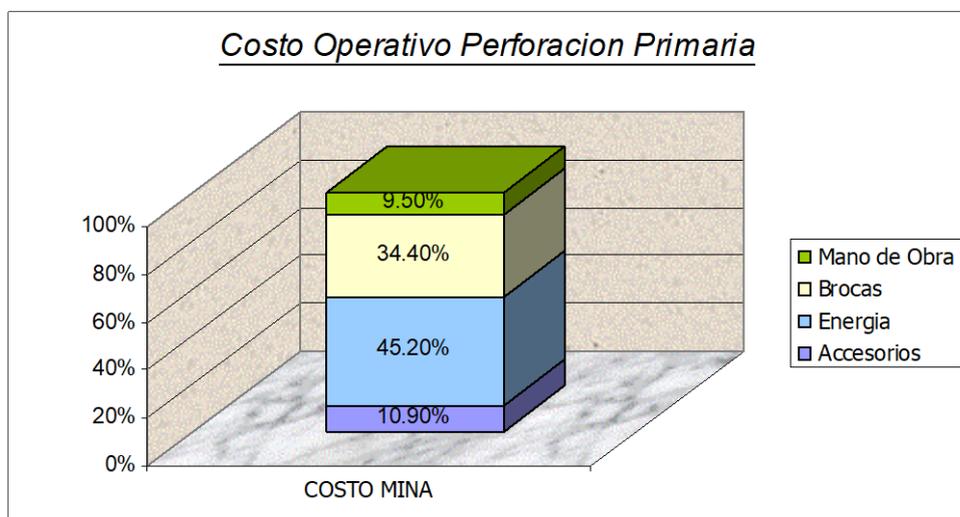


Gráfico Costo Operativo Perforación Primaria

## 2.5.2 COSTO DE MANTENIMIENTO

Compuesto igualmente por 4 rubros: Mano de obra, Refacciones, Repuestos y Servicios.

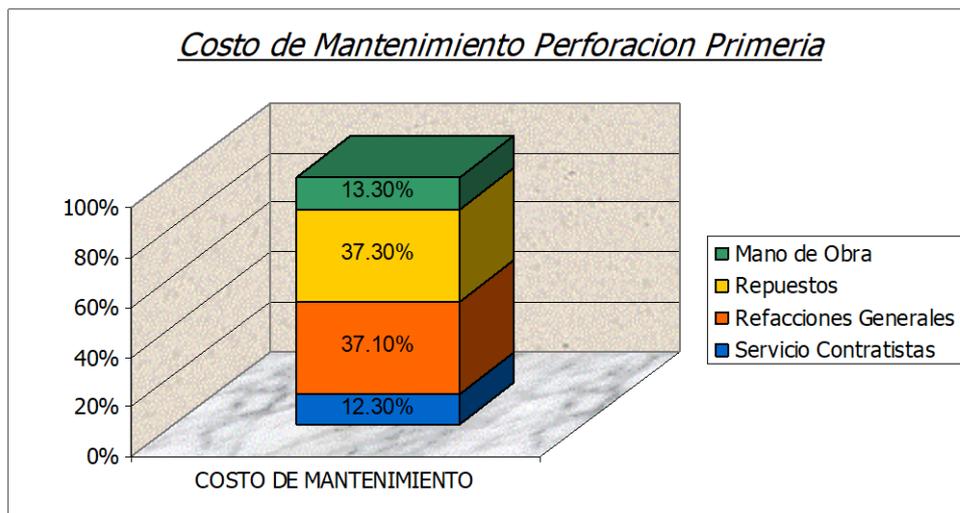


Gráfico Costo de Mantenimiento

### 2.5.3 COSTO TOTAL DE OPERACION

Compuesto por los costos de mina y el costo de mantenimiento.

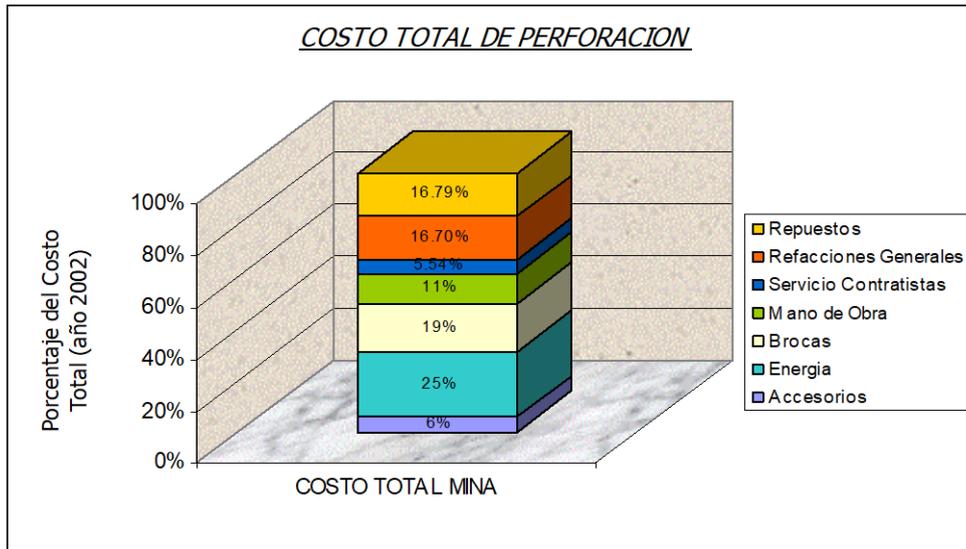


Gráfico Costo Total de Perforación

## 2.5.4 ANALISIS COMPARATIVOS

En el gráfico se muestra una comparación del costo total a Junio del 2003 respecto al año 2002.

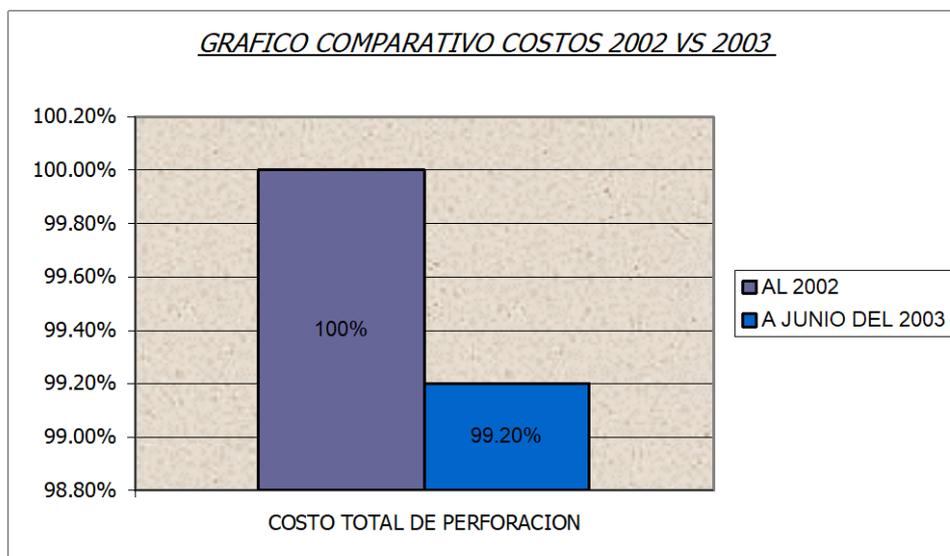


Gráfico comparación de costos (Nota :100US\$/m es un valor asumido)

En la gráfica se muestra la curva costo total vs. velocidad de penetración. donde el punto rojo es la situación inicial (año 2002), el punto amarillo la situación actual ( a junio del 2003); y el punto verde la situación óptima.

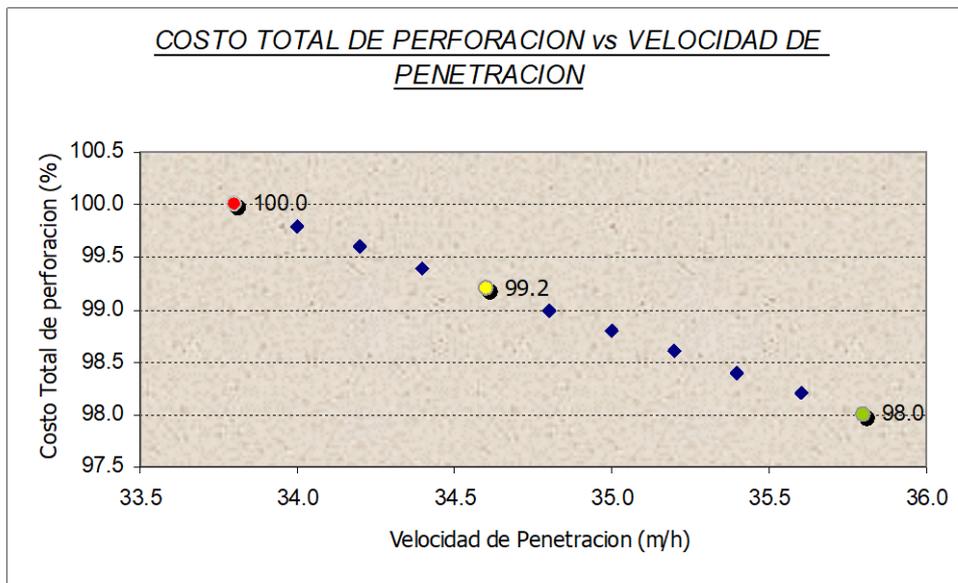


Gráfico Costo de Perforación vs Velocidad de Penetración

## CONCLUSIONES

1. El primer semestre del 2003 se ha logrado reducir en 0.8 % el costo total de perforación (U.S.\$/mt) respecto al año 2002.
2. Es necesario seguir con el mejoramiento continuo en equipo para poder alcanzar un costo total de perforación óptimo, deben participar todos los involucrados en el rubro de perforación: Mantenimiento, Operaciones, Logística, Proveedores.
3. Para tener una buena perforación es fundamental formar correctamente el collar del taladro para no tener desviaciones que pueden causar deterioro de los componentes de la perforadora o de algún accesorio.
4. La implementación del sistema de navegación de alta precisión "Dispatch" ha sido fundamental para reducir los tiempos empleados en posicionarse en las coordenadas correctas de un taladro.
5. El uso de la energía eléctrica en las perforadoras contribuye notablemente a la conservación del medio ambiente.
6. El tener un stock adecuado de accesorios de perforación en Mina Toquepala nos permite un trabajo continuo sin demoras.
7. El siguiente operación unitaria es la operación de la voladura, ellos necesitan que el producto tenga:
  - Diámetro del taladro real

- Profundidad de taladro indicado
- La sobreperforación diseñada
- El punto de perforación en el lugar preciso para que la malla sea exacta y tengamos geometría.

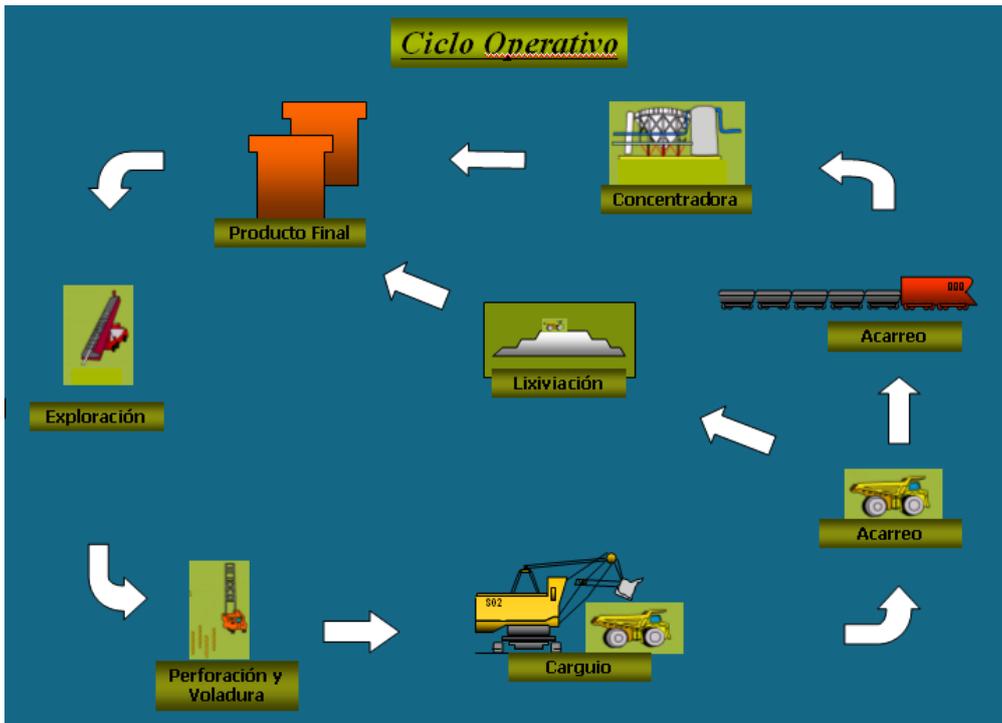
Es por ello que la perforación la realizamos en equipo y los logros, desafíos, retos y reconocimientos los compartimos con los operadores, mecánicos, proveedores, topógrafos, geólogos, planeamiento, etc.

## **RECOMENDACIONES**

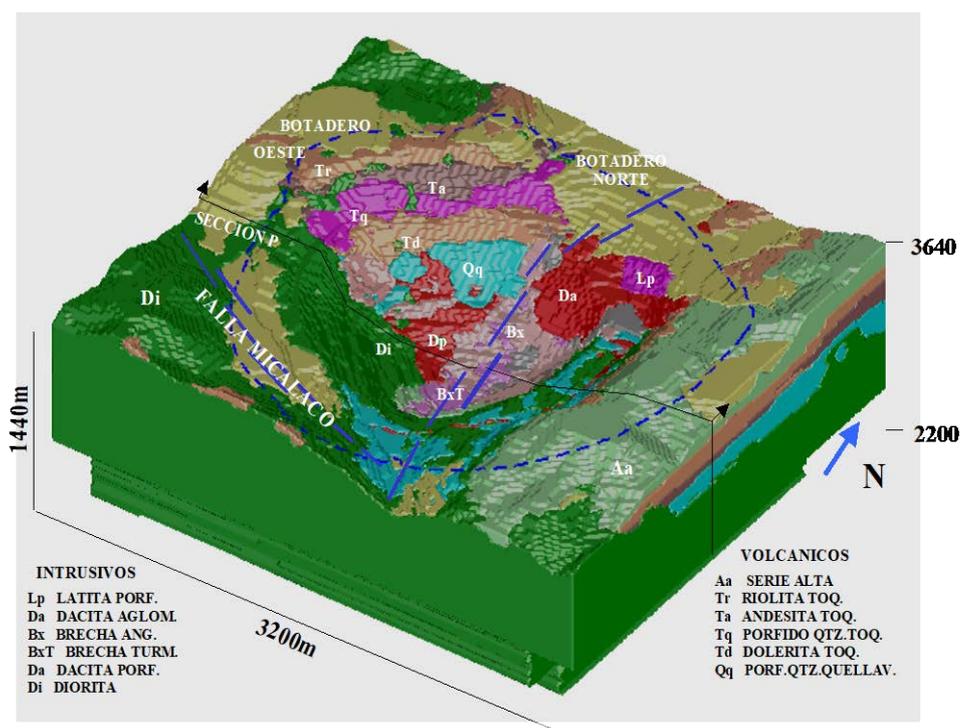
1. Standarizar la columna de perforación para la flota de perforadoras permitirá reducir costos en accesorios.
2. En zonas de cresta no se debe posicionar la perforadora utilizando el sistema de navegación "GPS", es mas seguro posicionar la máquina desde fuera de la cabina con el control remoto y ubicándose en una referencia.
3. Es importante tener los pisos de las áreas de perforación en buen estado.
4. En todo momento de la planificación debiera considerarse como objetivo principal la seguridad del personal y de los equipos.
5. Los planes de perforación y voladura deberán considerar alternativas de minado para casos de emergencia, de presentarse alguna contingencia para poder cumplir con los objetivos del planeamiento en el corto y mediano plazo.

# ***ANEXOS***

**CICLO OPERATIVO**



## MODELO GEOLOGICO

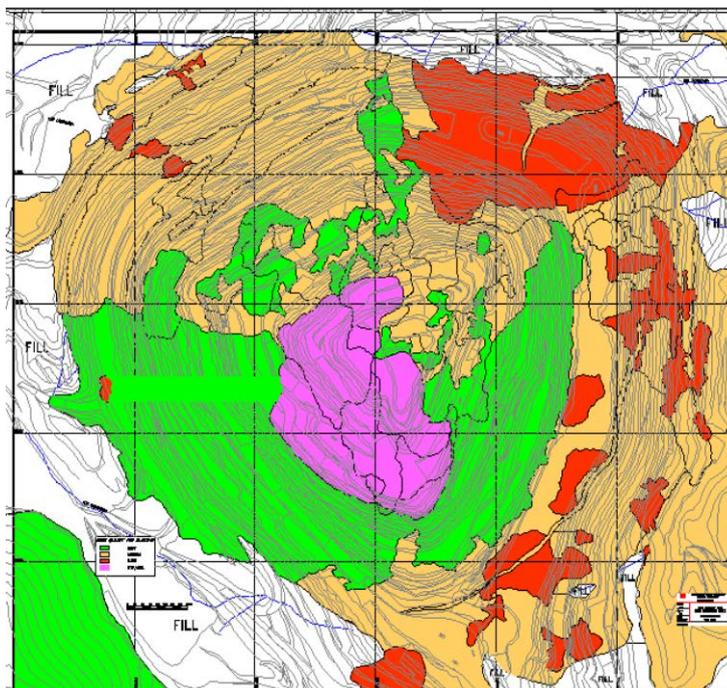


### MODELO DE ÍNDICE DE DUREZA (RHI)

MAPA  
DE  
DUREZA

LEYENDA

	Suave
	Medio
	Duro
	Yeso/Anh



## REPORTE DE ESTABILIZADORES

REPORTE DE ESTABILIZADORES								
REAMER	MARCA	CAMBIO	INICIO	TERMINO	PERFORADORA	METROS	COSTO(\$/m)	
R-1	A	NUEVO	06-Mar-02	31-Mar-02	DR01	12281	0.17	
		1°	09-Ago-02	14-Sep-02	DR02	23000	0.04	
		2°						
		3°						
		4°						
R-2	A	NUEVO	24-Abr-02	27-Jun-02	DR03	18574	0.11	
		1°	14-Sep-02	06-Oct-02	DR02	13100	0.08	
		2°						
		3°						
		4°						
R-3	A	NUEVO	13-Oct-02	22-Nov-02	DR03	16896	0.12	
		NUEVO	29-Dic-02	25-Ene-02	DR03	10363	0.22	
		2°						
		3°						
		4°						
RECUPERADOS	TALLER	S/N	18-Sep-02	26-Sep-02	DR01	2920	0.34	
		S/N	20-Oct-02	19-Nov-02	DR01	13256	0.08	
		S/N	04-Ene-03		DR01	14655	0.07	
		S/N	06-Oct-02	04-Nov-02	DR02	6410	0.16	
		S/N	04-Nov-02	24-Nov-02	DR02	8220	0.12	
		S/N	24-Nov-02	13-Dic-03	DR02	1393	0.72	
		S/N	13-Dic-02	09-Ene-03	DR02	10236	0.10	
		S/N	09-Ene-03		DR02	9352	0.11	
		S/N	25-Sep-02	13-Oct-02	DR03	9613	0.10	
		S/N	22-Nov-02	29-Dic-02	DR03	8300	0.12	
		S/N	25-Ene-03		DR03	1801	0.56	
		S/N	03-Oct-02	07-Nov-02	DR04	14091	0.07	
		S/N	07-Nov-02	23-Nov-02	DR04	6492	0.15	
S/N	18-Ene-03		DR04	5692	0.18			

(\*) Recuperado (en taller)

ROJO	A TALLER
VERDE	TRABAJANDO

PRECIO RIMMER 9 1/4" : US\$7 2310.00  
 PRECIO RIMMER 10 3/4" : US\$7 1905.00  
 COSTO REPARACION : US\$7 1003.00

**REPORTE DE BROCAS DESECHADAS**

Broca	Diametro	Faldones	Cono 1	Cono 2	Cono 3	Cojinete	Observaciones
3049	12 /14	REGULAR	SIN PUNTAS	SIN PUNTAS	SIN PUNTAS	BUENOS	DEMASIADO PD
3057	12 /14	REGULAR	SIN PUNTAS	SIN PUNTAS	SIN PUNTAS	BUENOS	DEMASIADO PD
3045	12 /14	REGULAR	SIN PUNTAS	SIN PUNTAS	SIN PUNTAS	BUENOS	DEMASIADO PD
3058	12 /14	MALO	SIN PUNTAS	SIN PUNTAS	SIN PUNTAS	REGULAR	DEMASIADO PD Y ALTO RPM
3061	12 /14	GASTADOS	SIN PUNTAS	SIN INSERTOS	SIN INSERTOS	REGULAR	DEMASIADO PD Y ALTO RPM
3072	12 /14	REGULAR	TRANCADO	REGULAR	TRANCADO	REGULAR	DEMASIADO PD Y ALTO RPM
3079	12 /14	REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR	MALO	ALTO PD
3050	11	REGULAR	TRANCADO	TRANCADO	REGULAR	MALO	ALTO PD
3047	11	REGULAR	REGULAR	CAIDO	REGULAR	MALO	ALTO PD
3052	11	MALO	REGULAR	TRANCADO	TRANCADO	MALO	ALTO PD BAJO RPM (ACCIDENTE)
3069	11	REGULAR	CAIDO	CAIDO	REGULAR	MALO	ALTO PD
3070	11	REGULAR	CAIDO	BUENO	BUENO	REGULAR	ALTO RPM
3066	11	REGULAR	CAIDO	REGULAR	REGULAR	REGULAR	ALTO PD Y RPM
3073	11	REGULAR	CAIDO	REGULAR	REGULAR	REGULAR	ALTO PD Y RPM
3054	11	REGULAR	SIN PUNTAS	SIN PUNTAS	SIN PUNTAS	REGULAR	ALTO PD Y RPM
3055	11	BUENO	TRANCADO	TRANCADO	TRANCADO	MALO	ALTO PD BAJO RPM
3056	11	REGULAR	REGULAR	TRANCADO	REGULAR	REGULAR	ALTO RPM
3062	11	REGULAR	CAIDO	BUENO	BUENO	MALO	ALTO PD Y RPM
3064	11	MALO	CAIDO	BUENO	BUENO	MALO	ALTO RPM Y PD

## **REPORTE DE BARRENOS**

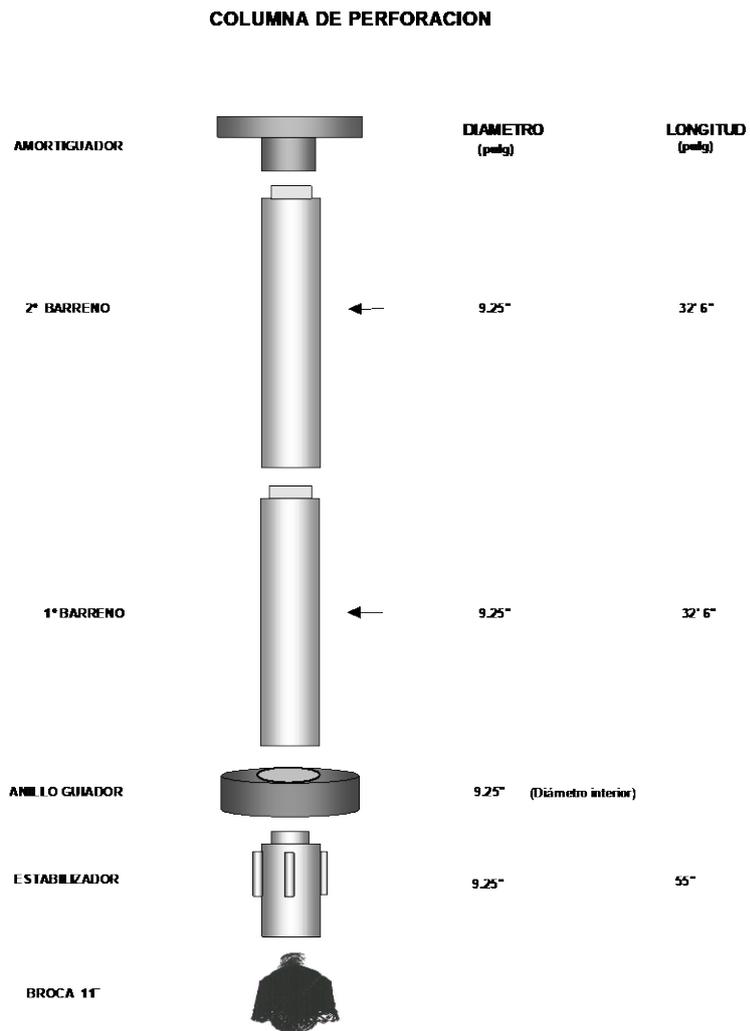
### **RECORD DE BARRENOS RECUPERADOS DE 9 1/4" USADOS EN PERF. 09**

<b>MES</b>	<b>RECORRIDO EN METROS</b>
ENERO	3496
FEBRERO	3797
MARZO	4346.5
ABRIL	5089
MAYO	6439.6
JUNIO	6635.2
JULIO	3523
AGOSTO	1664
SEPTIEMBRE	115
OCTUBRE	745
NOVIEMBRE	4657
DICIEMBRE	4229.3
ENERO	2788.6
<b>TOTAL</b>	<b>47525.2</b>

**FOTOS BROCAS DESECHADAS**



## COLUMNA DE PERFORACION



## **REFERENCIAS**

1. Revista Horizonte Minero. Edicion nro123 Pag 13
2. Pagina Web Southern Perú Copper Corporation
3. Jose Martin Rojas Moreno Southern Perú - Toquepala

Supervisor de Operaciones Mina

Teléfono:052-766111-2250

mrojas@southernperu.com.pe