

## **2. CONDICIONES ACTUALES DE OPERACIÓN**

---

### **2.1. PROCESO DE MINADO**

#### **2.1.1. Obras de desarrollo**

Para acceder a las instalaciones de la mina se cuenta con dos accesos, la rampa Guadalupe y el Tiro Santa Cruz. Existen diferentes niveles de producción a lo largo del desarrollo de la rampa descendente, también se tiene acceso a estos niveles a través del Tiro Santa Cruz el cual parte de superficie, dicha obra tiene una profundidad de 821 metros.

Actualmente los niveles principales son el N-1292, N-1100, N-992 pero el tiro solo llega hasta la elevación 902, sin embargo el nivel N-910 y N-890 ya se explotan, acarreado el mineral vía rampa hasta la estación de trituración a un ritmo más lento. Estos niveles fueron establecidos estratégicamente para tener acceso a los cuerpos minerales en su parte más baja, de estas obras se empieza a delimitar el cuerpo desde la base para tener un nivel de desplante atravesándolos totalmente, terminando estas obras se procede a preparar los rebajes (*Figura 9*).

Se cuenta con obras de desarrollo de apoyo como son los contrapozos de ventilación, tolvas, pozos para la extracción del agua subterránea que se presenta por la apertura de las obras de la mina y estaciones de cargado de mineral, así como contrapozos para el relleno de los rebajes.

#### **2.1.2. Método de explotación**

Como se ha comentado, los yacimientos de mineral se encuentran en mantos horizontales por lo que el método de explotación es una combinación de cuartos y pilares con corte y relleno. El sistema de minado de cuartos y pilares consiste en colar calles y contracalles para delimitar los pilares previamente ubicados. Las dimensiones de los pilares son de 8 x 8 metros, las dimensiones de las calles y contracalles dependen de factores como la competencia de la roca encajonante, la consistencia del mineral y el espesor del yacimiento, principalmente.

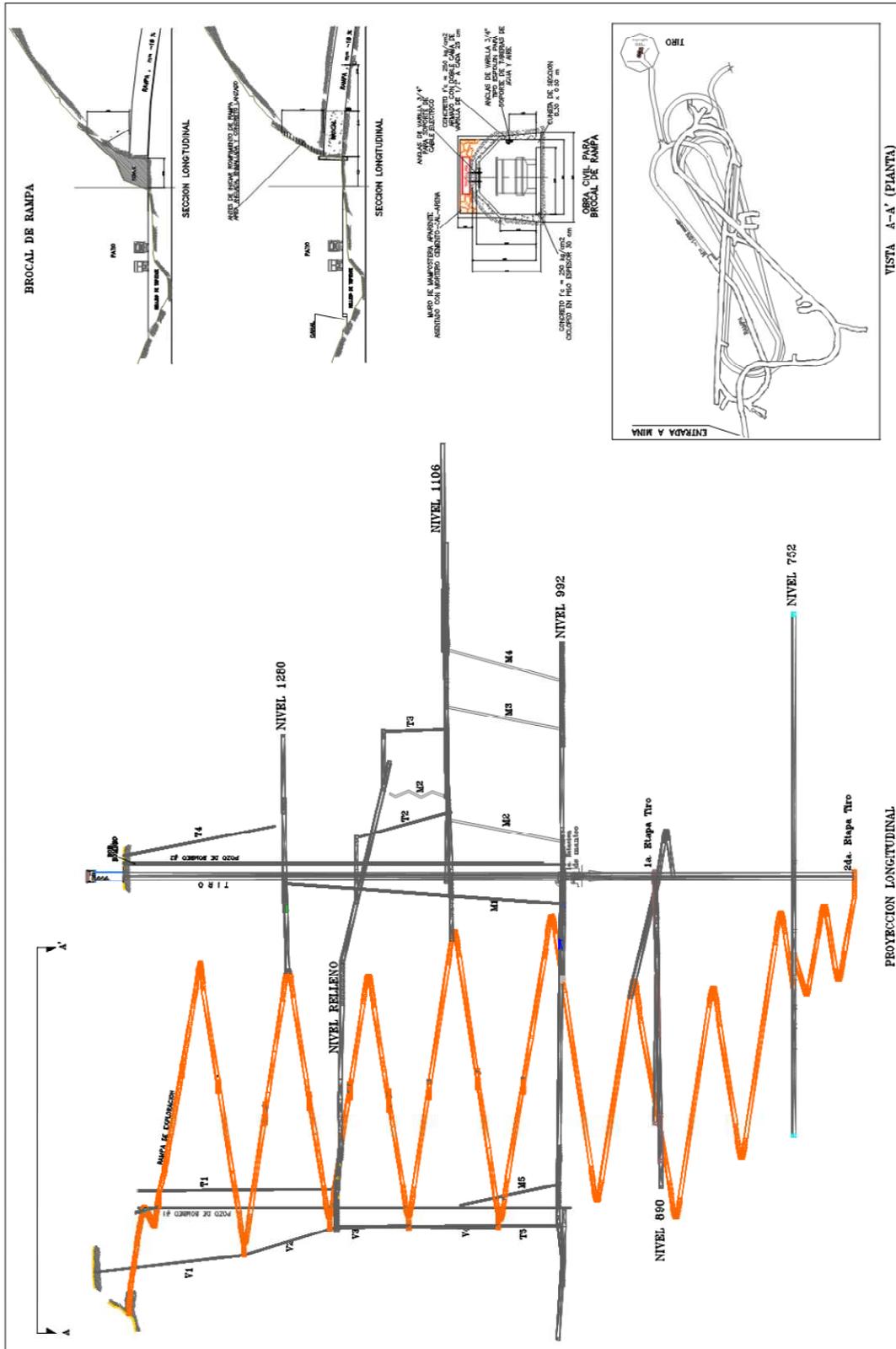


Figura 9. Obras de preparación y accesos al interior de la mina.

El objetivo es extraer la mayor cantidad de mineral sin descuidar las condiciones de trabajo ni la seguridad del personal. Generalmente los pilares están diseñados en una forma sistemática y estos pueden ser de forma circular, cuadrados e incluso rectangulares a todo lo largo del yacimiento. Para la preparación de los rebajes se procede a abrir las calles y contracalles de 8 a 10 metros, de extremo a extremo; esto a ambos lados de la frente y dejando un pilar cuadrado de mineral (no recuperable) entre una frente y otra. Después del cuele se lleva a cabo el anclaje como complemento para sostener el techo de la obra minera y con ello evitar una posible caída de roca. Estas obras se abren en forma de cuadrícula, a lo largo y ancho del yacimiento mineralizado. La abertura vertical máxima de trabajo en cada rebaje debe ser de 5.5 a 6 metros (*Figura 10 y 11*).

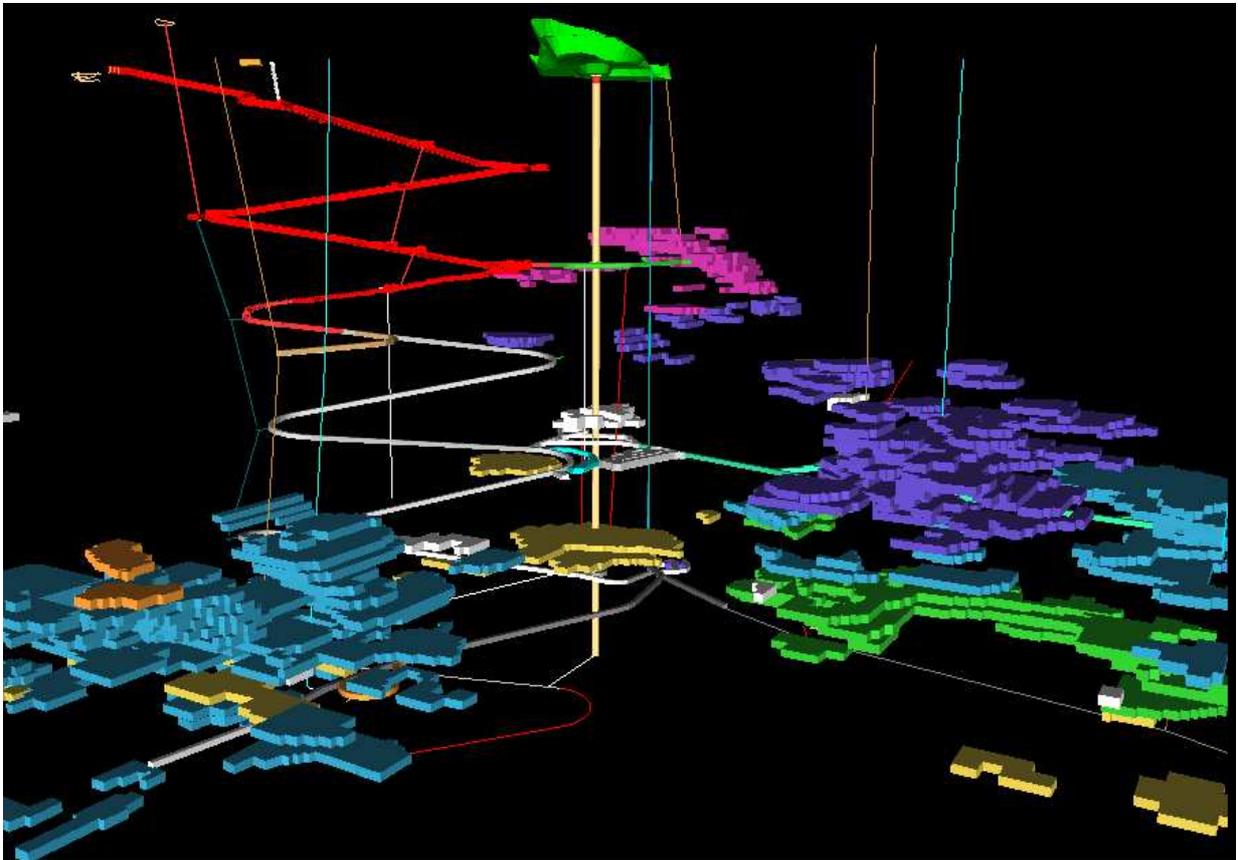


Figura 10. Principales niveles de producción y accesos.

Una vez tumbado el mineral, se procede a rezagarlo con el uso de un scoop tram y transportarlo a las metaleras de cada uno de los rebajes, para posteriormente extraerlo de las tolvas, vaciándolo a un camión y llevarlo al área de trituración primaria ubicada en el interior de la mina en el nivel 992, de donde será manteado a superficie a través del tiro Santa Cruz.

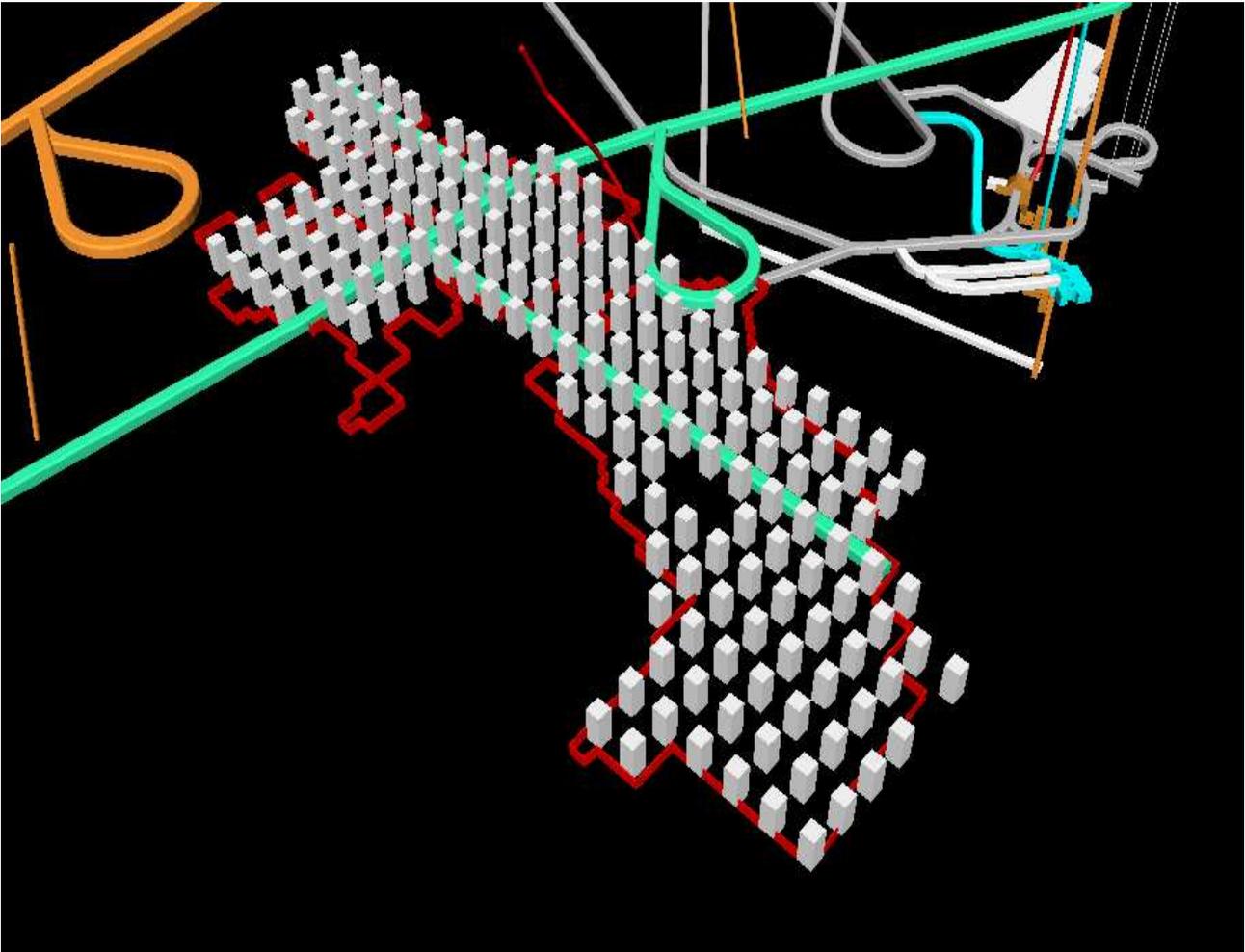


Figura 11. Sistema de minado, salones y pilares con corte y relleno.

Después de haber extraído el mineral del rebaje, por medio de contrapozos y desde superficie, se vacía el material estéril o tepetate como relleno; el cual permite incrementar la estabilidad de las zonas de trabajo y poder seguir llevando un piso adecuado para la mejor productividad de los equipos.

## 2.2. CICLO DE PRODUCCIÓN

### 2.2.1. Barrenación

Se utilizan jumbos electrohidráulicos de dos brazos para el 60 % de la producción del mineral y de un brazo para el resto, el acero de barrenación tiene una medida de 3.65 metros (12 pies).

La barrenación es sub-vertical a 75 grados con una altura efectiva de 3 metros, requiriendo de una altura abierta de 5.5 a 6 metros para realizar satisfactoriamente esta actividad (*Figura 12*).

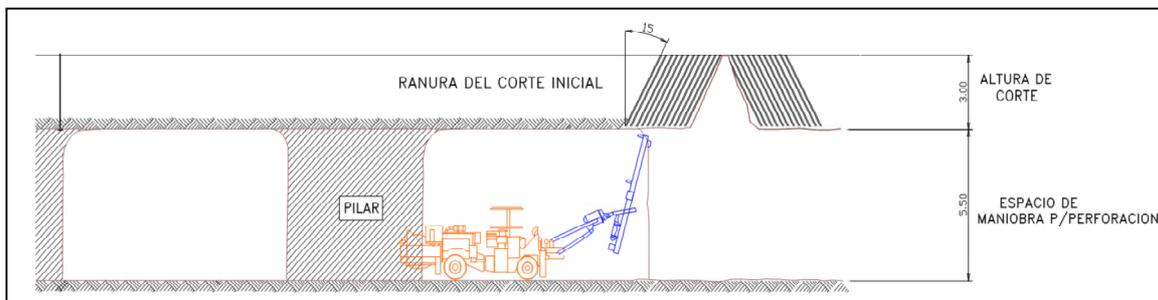


Figura 12. Barrenación con jumbo.

### 2.2.2. Cargado de explosivo y voladura

Esta actividad se realiza con equipo mecanizado sobre neumáticos con capacidad de transporte de agente explosivo de 1,200 kilogramos, el cual proporciona servicio a los barrenos de producción. Para los desarrollos, la actividad se realiza con recipientes neumáticos manuales de 50 a 250 kilogramos de capacidad. Los explosivos utilizados son el agente explosivo (mexamon), alto explosivo de distintas medidas, tovox T-1, iniciadores no eléctricos de retardo (nonel), cordón detonante y cañuelas iniciadoras (*Figuras 13 y 14*).

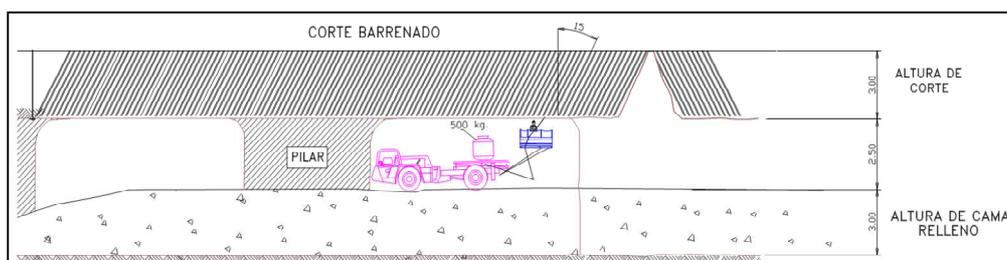


Figura 13. Cargado de explosivos

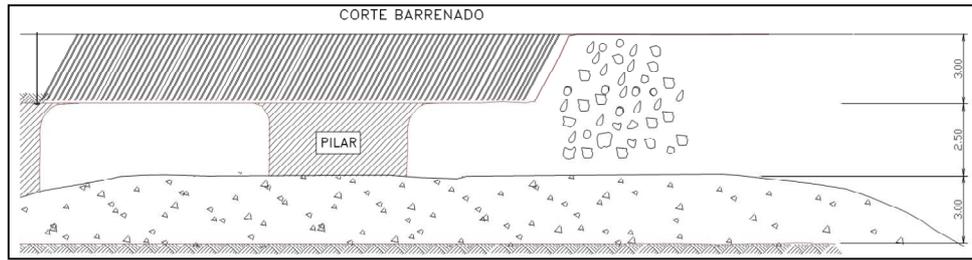


Figura 14. Ejecución de voladura.

### 2.2.3. Amacize de obras

Después de la voladura el amacize se realiza manualmente sobre la rezaga, con barras de fibra de vidrio (Figura 15). Posteriormente se lleva a cabo un amacize con martillo de impacto de baja presión, montado en neumáticos.

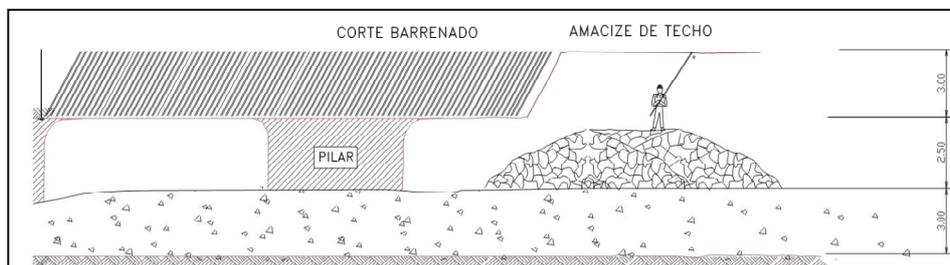


Figura 15. Amacize de techo con barra.

### 2.2.4. Rezagado

Esta operación se realiza con scoop-tram de 9.0 yardas cúbicas de capacidad o similar (Figura 16), los cuales acarrear el mineral de los rebajes de producción a distancias máximas de 175 metros para vaciar a metaleras de 2.4 metros de diámetro hacia el primer nivel de acarreo denominado N-992.

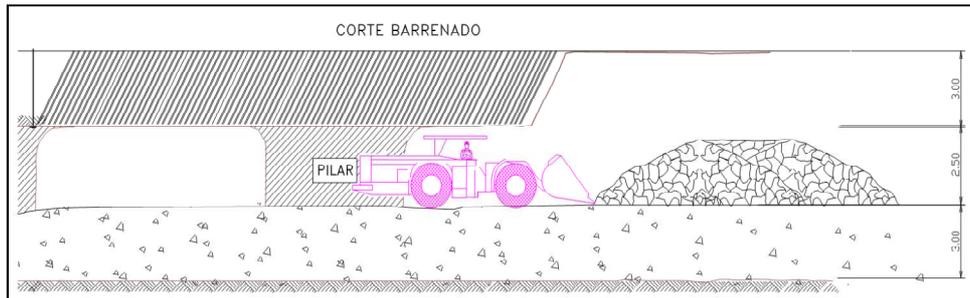


Figura 16. Rezagado de mineral.

### 2.2.5. Soporte y anclaje

Esta operación se realiza con equipo mecanizado para anclaje de techo con anclas de varilla corrugada de 19 milímetros de diámetro y 3.1 metros de longitud, cementadas en un patrón de 1.7 x 1.7 metros y/o anclas de cable de acero de 15.2 milímetros de diámetro, de longitud que varía de 1 a 6 metros, dependiendo de la calidad del terreno y con un patrón de colocación de 1.8 x 1.8 metros, la cual será perforada con equipo mecanizado para anclaje de techo, hasta de un 40 % del área expuesta en forma sistemática (Figura 17). En los desarrollos, se utiliza concreto lanzado con resistencia de 250 kilogramos por centímetro cuadrado y una capa de 5 centímetros de espesor.

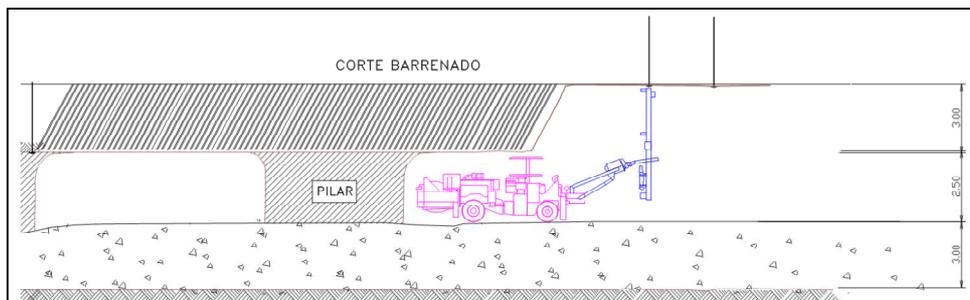


Figura 17. Soporte y anclaje con jumbo anclador.

### 2.2.6. Relleno

El material de relleno es producto de la excavación en los bancos de material de préstamo de superficie y es introducido a la mina por medio de contrapozos tepetateros de 2.4 metros de diámetro, con la ayuda de un cargador frontal y tractor.

En el nivel 1222 se cuenta con un sistema de acarreo de camiones para trasladar el material desde una tolva de carga a los diferentes puntos de vaciado a los rebajes de los niveles de producción, iniciando por los niveles 1292, 1100 y 992, posteriormente a los niveles 890 y 752.

La distribución del material en el interior del rebaje se efectúa con los scoop-tram, con sistema de expulsor en el cucharón, y el aplane del tepetate se realiza con dos tractores D-4 en capas de 3.0 metros, en el 85 % de los huecos generados en los rebajes de producción, debiendo hacer esta actividad después de la barrenación y antes de la voladura. El tepetate generado durante las actividades de avance de la mina es utilizado para relleno en los propios rebajes (*Figura 18*).

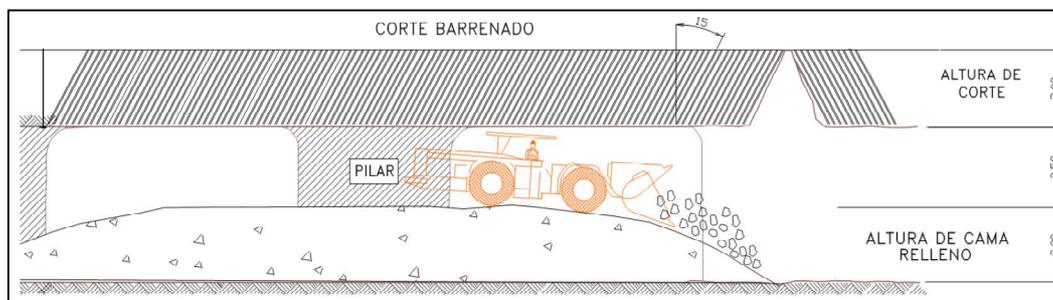


Figura 18. Relleno de rebajes con scoop-tram.

## 2.3 EXTRACCIÓN DEL MINERAL

### 2.3.1. Acarreo de mineral

Los niveles 1,100 y 992 son los niveles principales de acarreo de mineral. El mineral proveniente de los rebajes de estos niveles es acarreado con camiones de 16 toneladas, es vaciado a un metalero en donde se conducirá por gravedad a una estación de trituración en el nivel 992.

El mineral acarreado en el nivel 992 también se lleva por camión a la tolva de la estación de trituración. La distancia media de acarreo es de alrededor de 1,200 m y hasta 1,600 m en su tramo más largo, entre las metaleras y la estación de trituración.

En los niveles de producción 1280, 1170, 1150 y 1100 el mineral se vacía en dos metaleros que conducen el mineral a los costados de la estación de trituración, este mineral se vacía a través de un scoop-tram directamente a la quebradora.



### 2.3.2. Trituración primaria

En el nivel 992 se ubica la estación de trituración primaria que cuenta con una quebradora de quijadas de 60" x 50" (153 cm x 127 cm) marca metso, con sistema de lanas antilajas, con una capacidad de 580 toneladas por hora que reducirá el mineral a -9".

El mineral pasa a una tolva de capacidad de 200 toneladas y después a un alimentador de zapatas de 60" x 15" (153 cm x 457 cm), que cuenta con un transportador de derrames Drag Scalper. El alimentador descarga el mineral a una parrilla vibratoria tipo scalper de 60" x 12" (152.4 cm. x 365.7 cm.) con cama de rieles de abertura de 9", posteriormente, el mineral ya quebrado pasa a una tolva de capacidad para 1,500 toneladas (*Figura 20*).

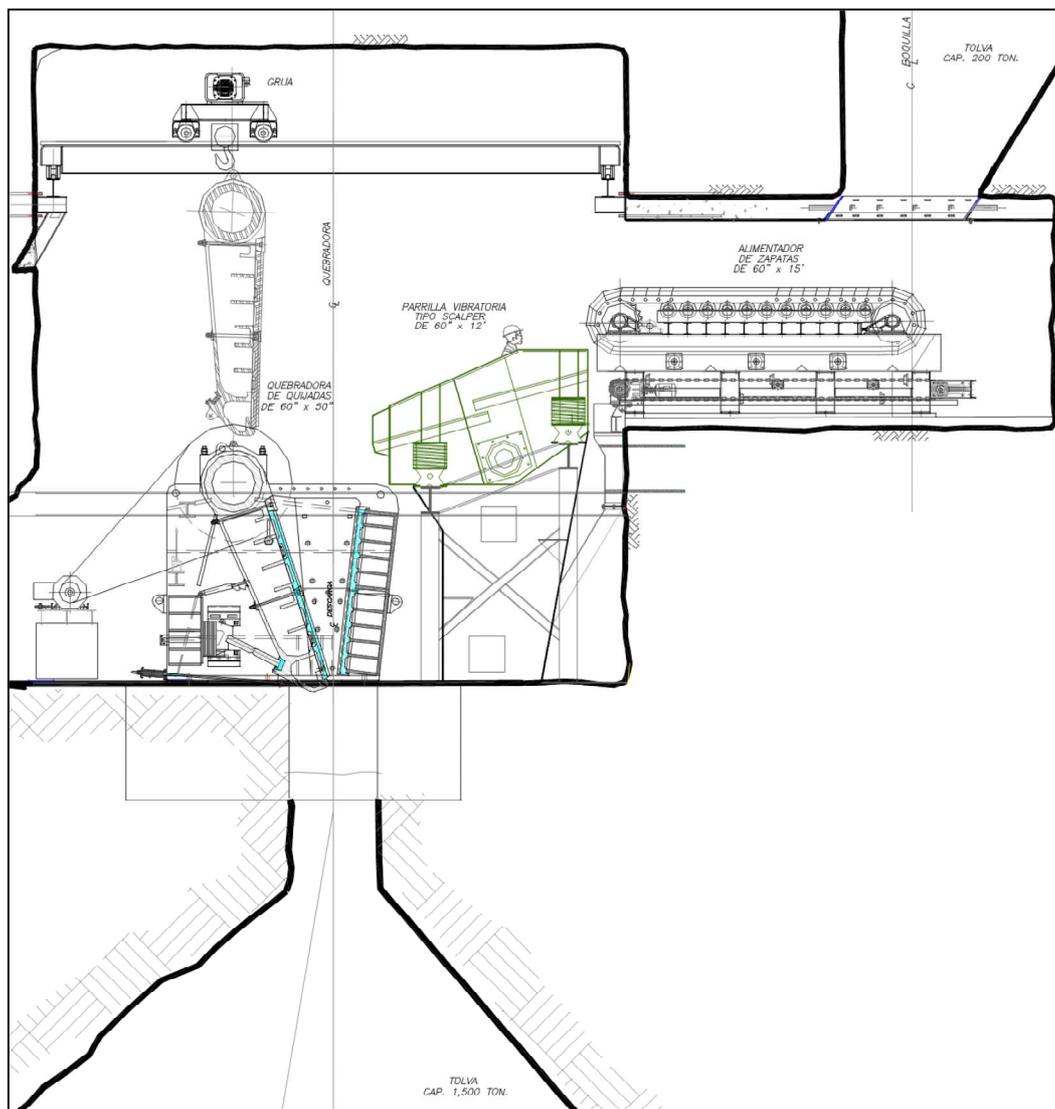


Figura 20. Sección de la quebradora.

### **2.3.3. Cargado de mineral y manto**

De la tolva de finos, el mineral pasa al área de cargado para ser mantoado a la superficie. La carga pasa a través de dos chutes de placa ASTM A-36 de 3/8" y placa de acero Astralloy de 3/8", con una compuerta de riel de 30 libras con un peso de 2,500 kg, hasta dos carros alimentadores de mineral. La carga es conducida a dos cartuchos tipo ASEA para una capacidad de 15.0 toneladas cada uno. El peso del mineral cargado en los cartuchos es controlado por dos pesómetros que impedirán que el cartucho se llene a más de 15 toneladas y que vacíe a los skips, evitando daños en el malacate y en los cables de extracción. Teniendo el peso correcto el primer cartucho llena el skip con mineral, mientras que el otro skip está en superficie vaciando el mineral. Los skips son del tipo Jetto para una capacidad de 15.0 toneladas (*Figura 21*). En superficie el mineral es vaciado por los skips a una tolva de 200 toneladas y por medio de un alimentador de tablillas y una banda de 42" con una longitud aproximada de 250 metros, el mineral llega al patio de almacenaje, también llamado "stock pile".

### **2.3.4. Malacates**

Para resguardar los malacates se cuenta con una torre de concreto armado con una sección de 11.6 x 11.6 metros y una altura de 40.0 metros, que sirve de alojamiento a dos malacates de fricción, una tolva para paso de mineral y la estructura de acero interior para soportar dos sistemas de cable guía rígida.

Los muros tienen un espesor de 0.30 metros que contienen placas ahogadas al concreto de 0.50 x 0.50 metros por 1" de espesor ancladas con cuatro varillas corrugadas de 1.0" de diámetro por 0.30 metros de longitud; sobre estas placas van colocados marcos de acero estructural ASTM A-36 a cada 6 metros, formados por viguetas IPR de 10" x 5-3/4". Las instalaciones cuentan con dos plataformas para el soporte de glándulas sujetadoras de cable guía, construidas de acero estructural ASTM A-36 y vigas IPC de 24" x 12", IPR de 12" x 8", CPS de 6", rejilla irving de 1" x 1/8", escaleras, barandales y placas.

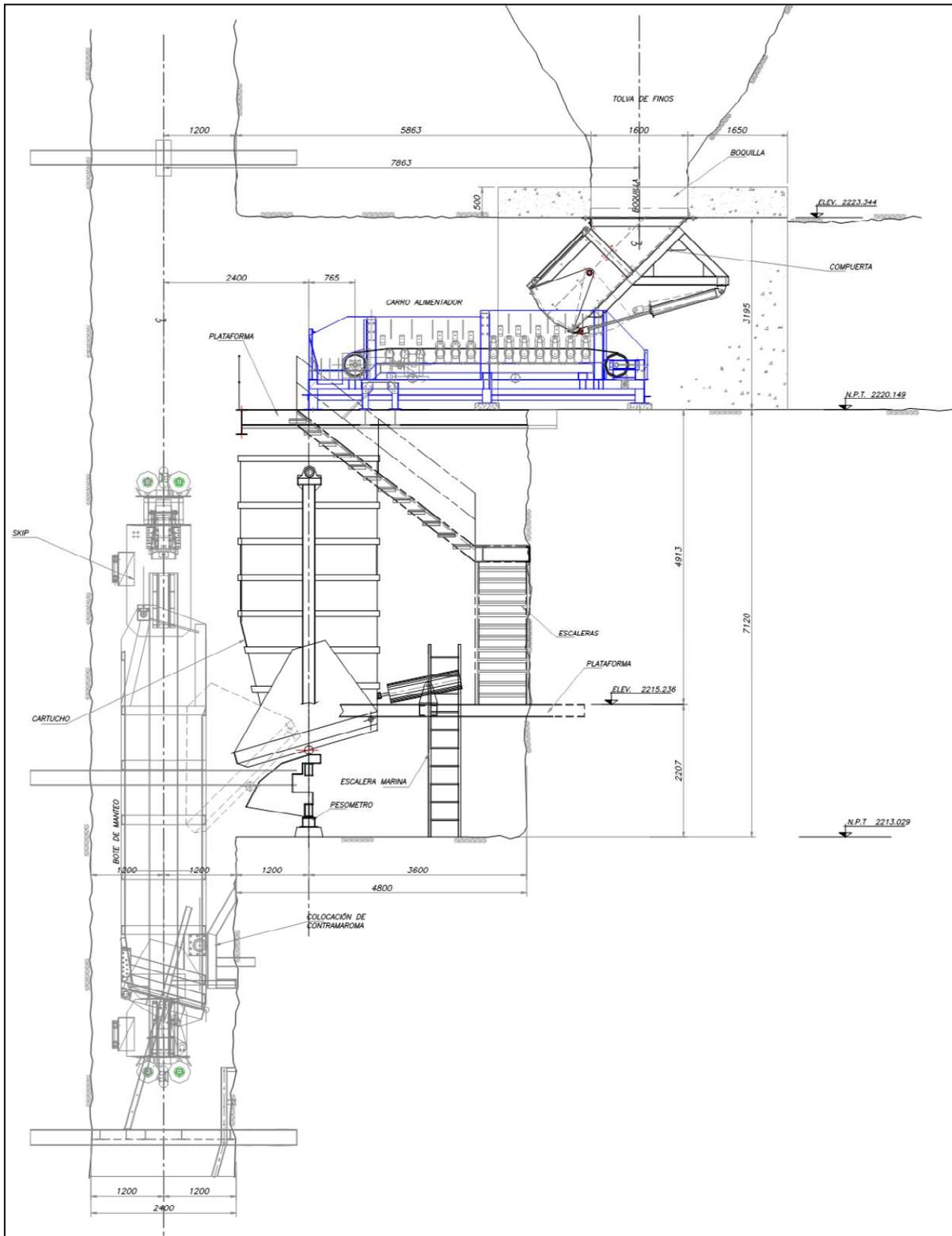


Figura 21. Sección mostrando las instalaciones de cargado de mineral.

La plataforma superior mide 15.0 x 15.0 metros, de 0.25 metros de espesor aproximadamente, con acabado de vitropiso en la superficie de la base, sobre la cual están instalados los malacates, controles y estructura de soporte de la grúa; esta plataforma está soportada por 4 traveses de concreto armado de 0.60 x 2.0 metros colocadas sobre el eje mayor del tiro, dos de 12.25 metros de longitud, y dos de 6.00 metros; dos traveses de concreto armado colocadas sobre el eje menor del tiro de 12.25 metros de longitud de la misma sección que las anteriores. Estas traveses sirven de cimentación de los malacates, motores y soporte de la plataforma de alojamiento del edificio de los malacates (*Figura 22*).

De la base de la torre parten tres túneles con una sección de 2.30 x 2.30 metros y una longitud aproximada de 84 metros. Uno de los túneles conduce a las oficinas y al pueble de mina, otro conduce a las instalaciones de compresores y el último aloja la banda que conduce el mineral hacia el stock pile. Dichos túneles son de una envolvente de concreto armado (*Figura 23*).

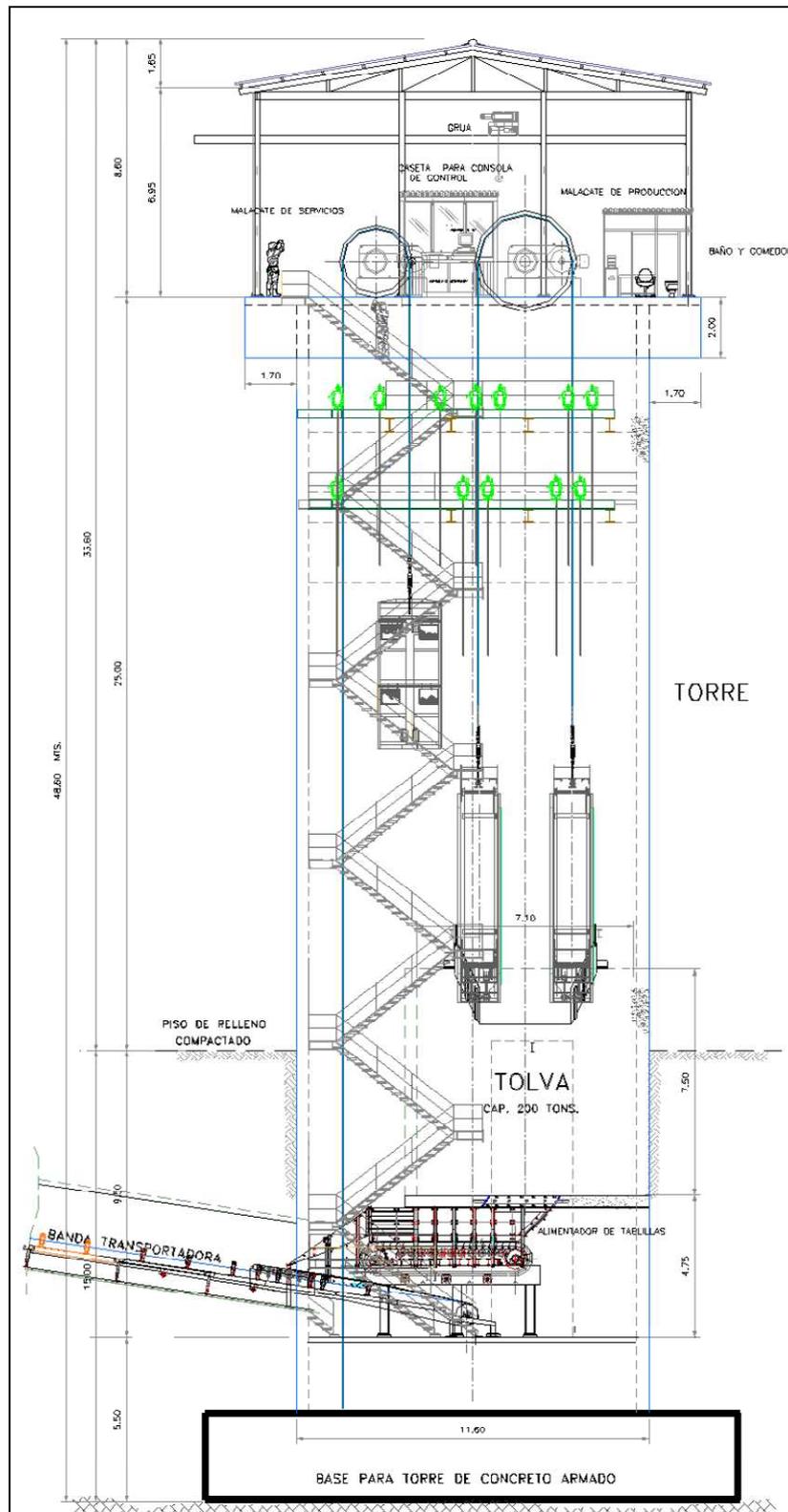


Figura 22. Instalaciones del malacate vistas en sección.

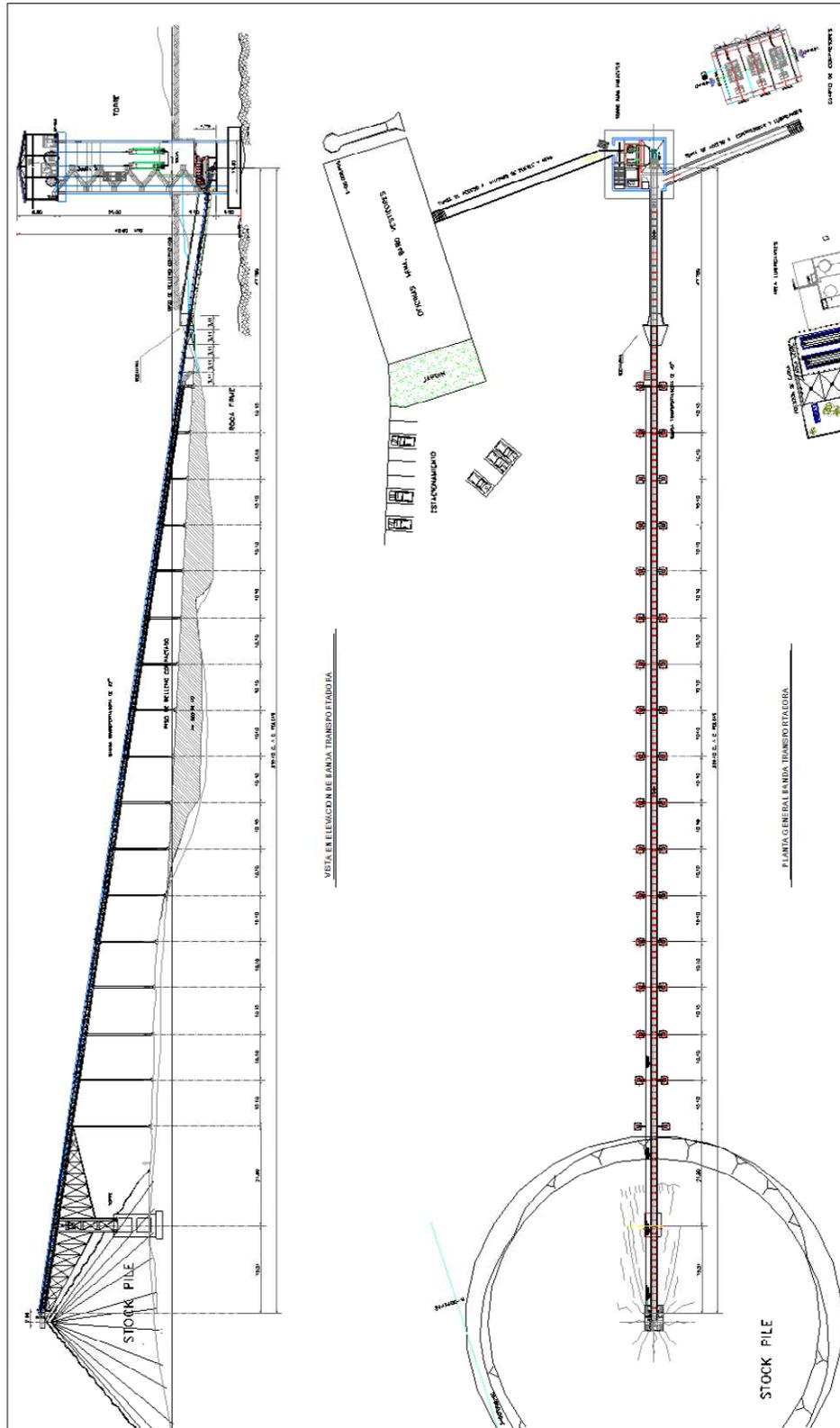


Figura 23. Vista en sección y planta de las instalaciones del malacate y el stock pile.

## 2.4. PROCESO DE BENEFICIO

El programa de producción de la planta Milpillas contempla la producción anual de 45,000 toneladas de cobre electrolítico durante los cuatro primeros años empezando en el año 2005, para aumentar a 65,000 toneladas anuales a partir del quinto año.

El proceso contempla las siguientes operaciones principales (*Figura 24*):

1. Trituración primaria, la cual se ubica en el interior de la mina.
2. Transporte de mineral grueso a la pila de almacenamiento. Se efectúa mediante un transportador de banda.
3. Pila de almacenamiento con la capacidad suficiente para asegurar la continuidad de los procesos de trituración secundaria, con alimentadores y transportador de banda para la recuperación del mineral.
4. Transporte, cribado y triturado en la planta de trituración secundaria y terciaria.
5. Aglomeración del mineral fino en bandas y descarga a camiones en un régimen de carga continua.
6. Transporte del mineral aglomerado hasta la zona de pilas de lixiviación.
7. Construcción de pilas de lixiviación permanentes (no removibles). La construcción de las pilas se efectúa por descarga de los camiones sobre la pila en formación y posterior acondicionamiento con maquinaria de movimiento de tierras. La pila está constituida por módulos diferenciados por los sistemas de riego y recolección de soluciones.
8. Captación y bombeo de soluciones de lixiviación. Las soluciones provenientes de las pilas son captadas en canaletas sectorizadas para recibir las soluciones de los diferentes módulos, para conducir las a las piletas respectivas.
9. Extracción por solventes. Dos etapas de extracción y dos de re-extracción.
10. Planta para tratamiento de grumos.
11. Electrodeposición. En este proceso se obtiene los cátodos de cobre, que son el producto final de la planta.

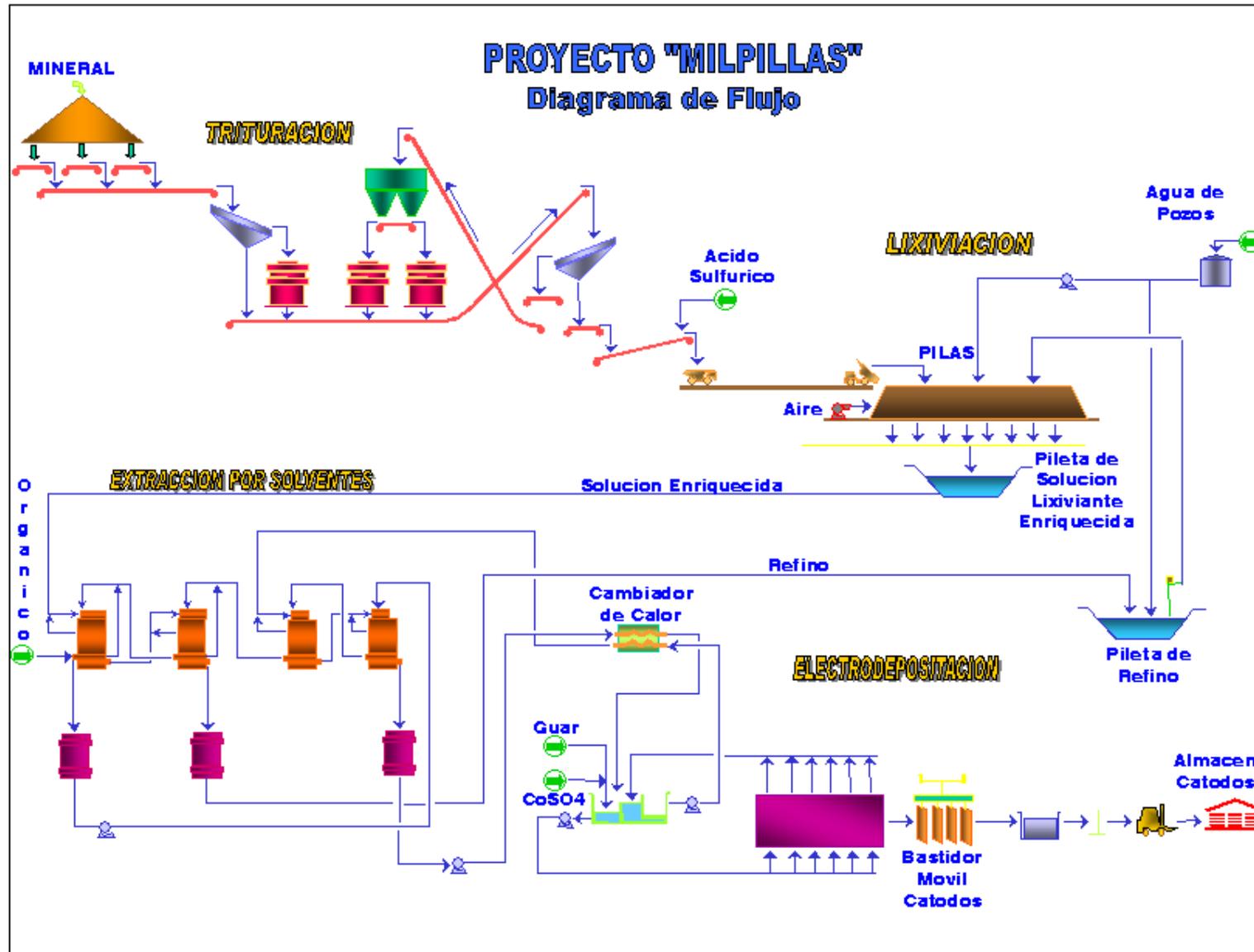


Figura 24. Diagrama de flujo de la planta de beneficio.

## **2.5. PROGRAMA DE PRODUCCIÓN**

### **2.5.1. Producción mina**

El programa de producción permitirá una vida operativa de 12 años desde el comienzo de la operación en el año 2005. La capacidad de producción de mineral es de 4,600 a 6,000 toneladas por día pero aumentará de 8,500 a 9,000 toneladas de mineral por día cuando se exploten los niveles inferiores al nivel 992 a partir del año 2012. La ley media del mineral es de 2.27 % de cobre lixiviable.

### **2.5.2. Producción planta de beneficio**

El producto obtenido del proceso metalúrgico son cátodos de cobre. Con este programa se pretende producir 61,300-64,700 toneladas de cobre, en la planta de extracción por solventes y electrodeposición desde el comienzo de la operación en el año 2005.