

La tecnología minera en los años 1925 - 1936

Carlos Serrano Bravo
Pascale Absi

La mayor parte de los procesos mineros registrados por la cámara de Gerstmann apuntan a la producción de estaño (casiterita). La existencia de lixiviación, un proceso aplicado a la plata, en las fotografías de la CMP (Potosí, 1925) y de la CMO (Machacamarca, 1925 y quizás 1936) muestra sin embargo que, al menos durante los primeros años del auge del estaño, se seguía produciendo plata o se rescataba este mineral durante el proceso de concentración del estaño. En muchos yacimientos (como en Oruro, Potosí o Pulacayo) ambos minerales venían juntos.

Existen dos formas principales de explotación minera, la minería subterránea y la minería a cielo abierto: en desmontes (desechos de antiguas labores ya que durante los siglos de explotación de la plata se descartaban los otros minerales, entre ellos el estaño), en veneros (depósitos aluviales), o en relaves (efluentes de los ingenios). En las primeras décadas del siglo pasado, la extracción subterránea dominaba sobre la segunda y las fotografías de Gerstmann se refieren mayormente a la cadena de producción de las vetas subterráneas y, en menor medida, de los desmontes. No hay documentación fotográfica del sistema de excavadoras que Soux pensó en introducir en Potosí para explotar relaves.

Utilizaremos a las fotografías CMP (Potosí, 1925), CMUCP (Potosí, 1936), CMO (Oruro 1925 y Machacamarca, 1925 et 1936) y CMH (Pulacayo, 1936) como referentes para generalizar el uso de la tecnología valedera entre los años 1925 y 1936, analizada en base a la experiencia profesional y las investigaciones históricas de Carlos Serrano, junto a entrevistas realizadas con trabajadores mineros potosinos que han trabajado con los procesos descritos.

Las innovaciones técnicas pasaban de empresa a empresa con facilidad, inclusive desde otros países junto con el personal extranjero –europeo, norteamericano, pero también mexicano, chileno y peruano– contratado por los grandes empresarios. De hecho, muchos términos mineros usados comúnmente en Bolivia son de origen anglosajón (a veces interpretado por el habla local). Lo que sí hacía la diferencia es el capital invertido. En este sentido, la tecnología fotografiada por Gerstmann difícilmente podía competir con la escala que alcanzaba en las explotaciones de Patiño.

La explotación interior mina

La minería subterránea implica dos grandes tareas principales que se llevan a cabo conjuntamente en las explotaciones: la exploración, o sea la realización de corridas y recortes en búsqueda de nuevas vetas o de nuevos accesos, y la extracción del mineral.

Muy común por esos años era el trabajo de *pirquín*. Consistía el mismo, en que directamente en el frente de trabajo se explotaba la veta justo el ancho de ella. Así se lograba una mena con buena ley ya que no estaba muy contaminada con la caja. Esto se podía hacer en aquellos ramos de alta ley, y a medida que la ley de cabeza disminuía se iba abandonando esta forma de explotación para dar paso al rajado, hasta que la ley *cut off* o ley mínima comercial lo permitía. Debajo de ella, simplemente se abandonaba la labor, esperando mejores tiempos, o sea que suban los precios. En las primeras décadas del siglo XX, en la parte superior del Cerro de Potosí, en minas como Moropoto ya casi agotadas en las principales vetas, se reducía el trabajo a la explotación de ramos delgados y de los *llampus* antiguos. Se trataba de un trabajo muy peligroso porque las galerías eran angostas y no era posible fortificar la labor por razones de costo. El obrero se veía obligado a arrastrarse con mucha dificultad.

Además del trabajo de *pirquín*, en las primeras décadas del siglo XX, ya se usaba el método más moderno de “explotación en rajos”; o sea la extracción de grandes bloques mineralizados de varios metros de largo en vez de seguir precisamente la veta. En estos años 1920, se introdujeron en la CMP los métodos de “rajo suspensión” y “corte y relleno”. A lo largo del país, los industriales mineros desarrollaron variantes a los mismos, considerando el equipo más apropiado y adecuándolo al tipo de su yacimiento.

Sin embargo, para la CMP, no existe ninguna fotografía de 1925 con la que se pueda identificar el empleo de los métodos arriba señalados. Gerstmann no enseña una labor que muestre los buzones para extraer la mena, característicos para esos dos sistemas de explotación. Lo que él observó son trabajos en galerías, corridas y recortes; entonces, las fotografías pueden estar mostrando sólo trabajos exploratorios (de desarrollo) o de avance. Eso sí, para el caso de la CMP, había trabajos mineros debajo del Nivel 0 de Pailaviri, donde sí podían aplicarse esos métodos. En la CMH, representada por las fotos de Pulacayo de 1936, tampoco encontramos evidencias del empleo de ambos métodos; sin embargo, en la fotografía 98-04, se observa un vagón que está siendo cargado de un buzón, que podría pertenecer a un rajo. En cambio, en la CMO, la toma B-915 parece un típico trabajo en un rajo. Y, en la fotografía B-909, podemos deducir que están trabajando en la erección de una chimenea o camino para subir al rajo. Lo propio con la fotografía B-914, que mostraría un buzón para descolgar las cargas a los vagones y llevarlos al exterior para su procesamiento. El trabajo en rajo implica la existencia de perforadoras neumáticas.

Tanto para el año 1925, como en 1936, muchas fotografías muestran a trabajadores mineros operando perforadoras de aire comprimido, las llamadas “chicharras”. El registro de Gerstmann muestra una perforadora pequeña (sin soporte), que servía para realizar perforaciones para barrenos cortos, al piso o al techo. Registró también el “telescopio”, que contaba con un soporte para la perforación con barrenos largos (inclinado, horizontal y vertical). El aire provenía de la sala de compresoras ubicada dentro o fuera de la mina y era transportado hasta los frentes de trabajo mediante mangueras de goma (no se conocía en esos tiempos tuberías de plástico). En Pulacayo se ve el empleo de chorros de agua para mitigar el polvo.



Album 4, 98-04: Pulacayo, 1936.



Caja 11. B 915 CMO Mina Socavón, tajo en explotación, dic. 1925.



Caja 11. B 909 CMO Mina Socavón, Pozo Inch, nivel socavón principal, dic. 1925.

Otros perforistas trabajan a pulso, con combo y barreta, inclusive en las mismas minas en las cuales se usaban también perforadoras neumáticas; por ejemplo en la mina Pailaviri de Potosí en 1925 y en la mina Socavón de Oruro, ese mismo año. La perforación se realizaba a pulso cuando resultaba antieconómico trabajar con máquina, por la lejanía del paraje o la poca rentabilidad de la veta. Los contratistas a quienes se confiaba la explotación de las minas marginales a cambio de una parte de la producción también trabajaban a pulso. El trabajo a pulso implica un sistema de explotación de tipo *pirquín*.

Para la voladura se empleaba dinamita. La guía era encendida por la llama de las lámparas de carburo; aunque desde antes de los años 1920 se usaba también electricidad en las minas grandes. La instalación interior mina de herrerías y maestranzas para arreglar la maquinaria y afilar los barrenos y las brocas permitía ganar tiempo, ya que era frecuente que los trabajadores tengan que caminar más de una hora para llegar a su paraje desde la bocamina. El avance de los perforistas estaba controlado por un técnico mensurista.

El transporte en el interior mina

Ya en los años 1925, las minas de la CMP, como las de la CMO, contaban con jaulas (elevadores) para transportar el personal, las herramientas, los insumos de un nivel a otro de la mina. A veces, como en el cuadro principal de Pailaviri, una especie de balde (*capacho*) colgado arriba de la jaula permitía subir aparte el mineral (y a veces los residuos estériles, la caja). Las jaulas estaban accionadas por un huinche (malacate) alimentado por transformadores de electricidad y controladas por un operador (huinchero).

La forma más efectiva de efectuar el transporte dentro de las labores mineras era usando carros metaleros empujado por carreros. Ya en los años 1925, el socavón principal de algunas minas como la Socavón de la CMO contaba con locomotoras eléctricas (*manchas*) o a baterías. Mientras, inclusive en 1936, son mulas conducidas por niños que seguían llevando los carros dentro en la galería principal de Pailaviri, la gran mina de Potosí. Donde no existían rieles, el transporte se hacía a lomo de hombre o usando *angarillas*.

Desagüe, ventilación y fortificación

Sea en la CMP, la CMO o en la CMH, las fotografías no establecen la existencia de sistemas de ventilación inducidos; con ayuda de las lumbreras (labores inclinadas para la ventilación), la bocamina podía cumplir con este rol. Lo propio para el desagüe: el socavón principal o la bocamina (salvo contadas excepciones) tiene una pendiente de adentro para afuera de 1%, lo que facilita la salida de los vagones cargados por los carreros y también que el agua discurra por gravedad. Las labores inundadas (foto B-913) eran desaguadas con bolsas de cuero jaladas por torno. Trabajadores especializados se ocupaban de la fortificación de las galerías con piedras y enmaderación (foto B-948).

Iluminación

Dentro de las minas grandes, ya en los años 1920, el callejón principal, las jaulas y el huinche estaban iluminados con focos. En cambio, para las otras tareas de la explotación, bastaba el uso de las lámparas de carburo (CaC_2). Los obreros colocaban en la parte inferior el carburo y llenaban de agua el compartimiento



Caja 11. B 914 CMO Mina Socavón, Pozo Inch, nivel 3ra galería, dic. 1925.



Caja 11. B 913 Mina Socavón, excavación de agua, Pozo central, 9na galería.



Caja 11, B 948 CMO Mina Socavón, Recorte Paso Norte, 9na galería, dic. 1925.

superior, la mezcla de ambos formaba el gas acetileno (C_2H_2), cuyo encendido proporcionaba iluminación (foto B 947). No todos los mineros gozaban sin embargo de este invento: en algunas fotos de los años 1925, se observan todavía mecheros de grasa (foto de trabajos a mano, muleros). Las lámparas eléctricas que emplean algunos ingenieros en las fotografías de Gerstmann brindan más luz pero a diferencia de las llamas de las lámparas antiguas, no permiten detectar el mortal monóxido de carbón que, al acumularse en ciertos parajes, causa grandes pérdidas en interior mina.

La selección y la concentración del estaño en la cancha mina

Una vez el mineral extraído de la mina o de los desmontes, su tratamiento se dividía en dos grandes secuencias:

- la trituración y molienda, donde el material pasa por diferentes tamaños de granos para obtener los diferentes granos de mineral (llamados maíz, trigo, azúcar (ñutu) o harina (lamas) por los mineros).
- la concentración propiamente dicha (separación del metal con valor). Parte de este proceso, se solía desarrollar en la cancha mina (selección o palleo) para los minerales de más alta ley. Eso permitía ahorrar gastos de transporte, ya que los ingenios, que necesitaban un gran suministro de agua, no siempre podían ser instalados en las inmediaciones de las minas.

Muchas fotografías de 1925 y de 1936 muestran a mujeres seleccionando (en quechua castellanizado, *pallar*) la casiterita a mano a su salida de la mina. Se llaman *palliris* a las personas que con la ayuda de un combo machucan el mineral para sacar la parte estéril (caja) según criterios de color, de densidad, y de aspecto. Con el tiempo, este oficio se fue feminizando y *palliri* llegó a nombrar todas las mujeres que trabajan en la minería. A veces, se usaba un *quimbalete* (una gran piedra accionada entre dos personas gracias a un mango de fierro) para machucar el mineral en la cancha mina, pero este aparato no aparece en las fotos de Gerstmann.

Luego de la primera selección, gran parte del proceso de concentración del estaño se basa en la gravimetría que permite separar vía muchos equipos (*maritates*, mesas concentradoras, *furmuchinas* o *buddles*) el material más pesado (concentrado, llamado primera, barrilla, o sea mineral de exportación) de lo más liviano (lo estéril), mientras que los mixtos (segundas, en quechua *ch'amis*) vuelven a ser procesados. Así, los mixtos de las *palliris* podían volver a ser machucados y clasificados con un cernidor (cedazo) para ser tratados por los *maritates* (*hand jiggers*) operados por hombres o niños varones. Los *maritates* se presentan como un cedazo móvil (llamado canastón) accionado manualmente dentro de un pozo de agua (foto 48: 1). Al sacudir el *maritate* con un mango, el operador logra que el concentrado más pesado caiga al fondo del cedazo, mientras la caja estéril sube a la superficie donde es extraída con la ayuda de un raspador (*mortiña*) y echada al desmonte. De estos aparatos se obtenían concentrados de buena ley, si la mena estaba convenientemente liberada.

Una vez secadas al sol, las barrillas de alta ley eran llevadas para su fundición en los ingenios o iban directo a las casas comercializadoras para su exportación. Los mixtos iban al ingenio. En otros casos, la primera etapa de selección, el *palleo*, podía ser realizada en el ingenio, notablemente cuando este se encontraba cerca de la bocamina. Este es el rol de la *picking plant* (o *sorting plant*) (como la de San José,



Caja 11. B 947 CMO Mina Socavón, Mensuración de una galería, dic. 1925.



Álbum 4, 48-1: Ingenio Velarde. 1936.

Oruro, 1936) donde, sentadas al lado de una correa transportadora, las mujeres operaban una primera selección, separando según densidad y color, los trozos con mineral de los sin valor. Estos eran botados a buzones mientras el resto era llevado por la cinta para su tratamiento mediante procesos de gravimetría en húmedo.

El transporte hacia el ingenio

En las explotaciones más grandes se evidencia el uso temprano de andariveles hasta el ingenio (Potosí 1925, Oruro, 1925, Telamayú, 1936). En Potosí, ya en la primera década del siglo XX, un andarivel unía las minas de Caracoles y de Pailaviri hasta el ingenio de Velarde. En 1936, y había por lo menos otro andarivel más chiquito que traía minerales de otras minas. Es probable que no se juntaran los diversos tipos de minerales y se los almacenaba en Velarde en tolvas diferentes. La presencia de un andarivel significa que se estaba trabajando sectores del yacimiento con leyes bajas que requerían grandes tonelajes. Otra forma de transportar los concentrados a la planta, de buena ley, era empleando burros o inclusive caravanas de llamas.

El tratamiento y la fundición del mineral en los ingenios mecanizados

A grandes rasgos, los flujogramas de las plantas (modernas para la época) de procesamiento de estaño, constaban de una sección de fragmentación (trituración y molienda) donde se realizaba la disminución del tamaño de grano y se quería llegar al grado de liberación (de los minerales de valor frente a los minerales sin valor) y otra de concentración. Una característica de la construcción de las plantas gravimétricas –que utilizaban la gravedad para enriquecer el material según la densidad– fue que en su mayoría eran construidas como plantas de ladera (foto 129) donde el material era procesado de la parte superior hacia abajo. Los minerales tenían que estar bien liberados para evitar recirculaciones; entonces, para la circulación de las turbias (mineral con agua) se aprovechaba la gravedad. Cuando no se podía jugar con la topografía, la sección del ingenio destinada a la trituración y si viene al caso, la estación receptora del andarivel, eran preferiblemente ubicadas encima. En los ingenios fotografiados más detalladamente, Velarde y Machacamarca, notamos en cambio recirculaciones, ya que estas plantas no eran de ladera sino de pisos o planas. Buzones y correas permitían al mineral circular entre los diferentes procesos. Muchas veces, las mujeres estaban encargadas de vigilar el traslado del mineral y de sacar las basuras (puntas de barreno, madera, etc.) que llegaban junto con el mineral.

La trituración y la molienda

La trituración se efectuaba normalmente con ayuda de trituradoras de mandíbulas, de cono o giratorias, y trituradoras de cilindros; en algún caso se empleaban cribas vibratorias en circuito cerrado con la trituradora. Esta etapa era en seco y aquí se producía mucho polvo fino. El material triturado, luego era molido en molinos de bolas que trabajaban en circuito cerrado con clasificadores hidráulicos (*trommel*, clasificador de rastrillos y clasificadores espirales), de donde se obtenían dos clases de tamaños de grano; los más gruesos eran remolidos y el otro producto se trataba mediante *jiggs* (de émbolo o de diafragma). Al igual que los maritales pero esta vez con fuerza mecánica y ya no humana, en los *jiggs* se aprovechaba el efecto pulsante del agua para separar los minerales de valor (pesados) de los livianos (caja). Ausentes de las fotos de Gerstmann, los *jiggs* aparecen en cambio en las películas que Gerstmann rodó en 1936. Los *jiggs* permitían ya obte-



Album 7, 129: Ingenio de ladera, por Quimsa Cruz.

ner concentrados de casiterita gruesa o un concentrado que podía ser tratado en separadores magnéticos que separaban el producto no magnético (la casiterita) de los óxidos de hierro, considerados como colas y que se botaban al desmonte.

Los mixtos de los *jiggs* eran remolidos y tratados mediante mesas de sacudimientos (o *mesas concentradoras*; graneras para granos gruesos o *lamer*s, para material más fino). En éstas, una decena de *rifles* permitían que una película de agua categorice el material según su densidad. El material más pesado (o sea más mineralizado) se ubicaba en los primeros rifles, o sea cerca del lugar de alimentación, mientras el liviano (colas estériles) llegaba hasta el último *rifle*. Otra vez se obtenían los tres tipos de productos: concentrados, mixtos y colas. Los concentrados, podían pasar a la sección de separación magnética; los mixtos eran remolidos y retratados (en *buddles* o mesas circulares) y las colas iban a parar al estanque de colas (foto 46-4).

Obviamente, y de acuerdo al tipo de mineralización presente en la mina, se tenían diversas variantes del flujograma. Cuando la mena portaba cantidades grandes de minerales oxidados y sulfuros, se optaba por tratarlos por separado, dentro del mismo recinto. Los sulfuros se eliminaban de dos maneras:

- Antes de procederse a la concentración gravimétrica se tostaban las menas en hornos (llamados erróneamente “de calcinación” en el archivo de Gerstmann) y de esa forma se eliminaba el azufre perjudicial. Este método se observa en las fotos de 1925.
- Después de la concentración en las mesas, los concentrados eran sometidos a una flotación inversa, o sea se flotaban los sulfuros de hierro y cobre (pirita, arsenopirita, etc.) para separarlos del estaño. Este proceso aparece entre los años 1925 y 1936.

La flotación de la pirita (Potosí, Pulacayo, Machacamarca 1936)

Por esos años, no había forma de flotar directamente el estaño (casiterita). Por ello el nombre de flotación inversa, donde el material que flota no es el que se quiere comercializar. La flotación se realiza en baterías de celdas. Previamente, el material se acondiciona con un colector (xantato), se regula el PH, y se añade un espumante. El xantato adsorbe a la pirita que se adhiere a las burbujas provocadas por el espumante y la constante inyección de aire. La última etapa del procesamiento era la separación sólido-líquido. Para ello, se empleaban filtros de tambor y de discos. El producto sólido de la filtración pasaba a la etapa de secado: unas veces sobre el techo de los hornos secadores, otras al sol. Cuando se trataba de materiales muy finos (*lamer*s), se llevaban las turbias a los espesadores y de allí se recirculaba el agua clarificada, y de tiempo en tiempo se descargaban los materiales sólidos, los cuales se botaban al río o a diques de colas.

Ingenios artesanales y tratamiento de lamer

Está claro que para procesar casiterita acompañada de minerales, o sea, una mena muy compleja, se requerían muchas etapas y los flujogramas eran tremendamente complicados. En cambio, en las instalaciones pequeñas, se empleaba para la reducción de los tamaños de grano, los *quimbaletes*, para la concentración gravimétrica: canaletas, *jiggers* o *maritates* manuales, *furmuchinas* y *buddles*. Las fotografías de Gerstmann muestran que estos procesos se encontraban inclusive albergados por ingenios modernos, como es el caso de Velarde, en Potosí, en 1936. El material tratado provenía quizás de explotaciones marginales. Se trataba



46-4: Ingenio Velarde. Furmuchina o buddle.

también de sacar provecho de los últimos residuos: las *lamas*, el material finísimo generado durante el proceso de concentración.

Las *lamas* circulaban en canaletas con agua, generalmente alimentados por un río. Por medio de la gravedad, los trabajadores separaban los granos (operación llamada deslamar). Los granos más gruesos podían ser tratados en *maritates*, o ventedados (de la misma manera que se ventea el trigo para separar el grano de la cáscara) mientras el mineral más fino (*lama*) llegaba a los *buddles* (o *furmuchinas*, su versión más artesanal) conjuntamente con el agua. Los *buddles* se presentan como una mesa circular al centro de la cual chorreaba una turbia de *lamas* mezcladas con agua. El mineral más pesado se acumulaba en torno al eje central de la mesa mientras lo liviano (las colas) salía a la orilla de donde era evacuado al río. En plantas pequeñas, se flotaba sobre carretillas los sulfuros (pirita, y/o arsenopirita) con xantato. Se procedía al secado de los concentrados directamente al sol y, por lo general, no se recirculaba el agua.

La lixiviación de la plata

Cuando la mena contenía plata-estaño había dos flujogramas: uno para tratar el estaño por gravimetría y otro para tratar la plata mediante lixiviación. La lixiviación de la plata se observa en las fotografías de los ingenios Velarde (CMP, 1925) y Machacamarca (CMO, 1925 y probablemente 1936). Este proceso consiste en llevar a un mineral óxido de un estado sólido a un estado líquido con ayuda de un disolvente o lixivante (hipoclorito de sodio). En Bolivia fue utilizado principalmente para la plata. Una vez disuelta, la plata se precipitaba con un reactivo (en la actualidad polvo de zinc) y se procedía a la copelación para obtener plata metálica.

Absi Pascale (2016)

La tecnología minera en los años 1925-1936

In : Absi Pascale (ed.), Pavez J. (ed.). *Imágenes de la revolución industrial : Robert Gerstmann en las minas de Bolivia (1925-1936)*

La Paz : Plural, p. 355-361

ISBN 9789995416904