

# TECNOLOGÍA MINERA EN LA EXTRACCIÓN ARTESANAL DEL ORO

## MINING TECHNOLOGY IN THE ARTISANAL EXTRACTION OF GOLD

**Alfonso Romero\*, Enrique Toledo Garay\*, Tomás Gallarday\*\***

RECIBIDO: 23/05/2014 – APROBADO: 04/06/2014

### RESUMEN

El estudio mide el nivel de influencia de la tecnología en la extracción de minerales auríferos por el sector artesanal, estableciendo los niveles de uso de la tecnología en el ciclo de minado en la minería artesanal, que comprende las actividades principales de extracción del mineral aurífero.

La influencia de la tecnología minera, tanto en el ciclo de minado como en el ciclo de recuperación del mineral aurífero, permitiría que la actividad artesanal se desarrolle con un mínimo criterio de uso de la ingeniería y la tecnología, cuyo aporte será la reducción del impacto negativo al medio físico.

El Perú enfrenta un problema de contaminación muy grave al medio físico causado por la minería artesanal y, en su afán de remediar y frenar este problema, ha emitido diversas normas legales como la Ley N° 27651- Ley de Formalización y Promoción de la Pequeña Minería y Minería Artesanal, que se creó dentro del marco jurídico adecuado para el reconocimiento oficial de la minería artesanal en el sector de la economía formal. Asimismo, se tomó como referencia a la Ley N° 27446-Ley del Sistema Nacional de Impacto Ambiental. Ambas leyes señalan que los requisitos que, desde el punto de vista del medio ambiente, para pequeños mineros y mineros artesanales solo serán exigibles la Declaración de Impacto Ambiental y Estudios de Impacto Ambiental Semidetallados, suscritos por un profesional competente. Para que estas normas se hagan realidad, es necesario que la tecnología minera en el sector artesanal cause un impacto e influencia real del 80%.

**Palabras clave:** Ciclo de minado, minería artesanal, tecnología minera.

### ABSTRACT

The study measured the level of influence of mining technology in extraction of auriferous minerals by artisanal mining sector, establishing use levels of technology in the mining cycle of artisanal mining, comprising the main activities of extraction gold ore.

The influence of mining technology in the mining cycle as well as in recovery cycle of gold ore using it technology, allow this artisanal mining activity takes place with a minimum use criteria of engineering and technology whose contribution will be the reducing negative impacts to the physical environment.

The Peru faces a pollution problem very serious physical environment caused by mining artisanal and his eagerness to remedy and stop this problem has issued several laws such as Law N° 27651 - " Ley de Formalización y Promoción de la Pequeña Minería y Minería Artesanal", created within the appropriate legal framework for official recognition of artisanal mining sector in the formal economy. Also take as a reference to the Law N° 27446 - " Ley del Sistema Nacional de Impacto Ambiental", both laws state that the requirements from the point of view of the environment for small miners and Artisanal miners, will only be claimed Statement Environmental Impact Assessment and Environmental Impact Studies Semi-Detailed signed by a competent professional.

For these rules come true is necessary for mining technology in artisanal mining sector cause actual impact and influence 80%.

**Keywords:** Cycle mining, artisanal mining, mining technology.

\* Docentes de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas - Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica - UNMSM.  
E-mail: paromerob@unmsm.edu.pe

\*\* Docente de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas - Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica - UNMSM.  
E-mail: tgallarday@unmsm.edu.pe

## I. INTRODUCCIÓN

Este estudio se basa en un proceso de análisis del proceso operativo de extracción del mineral por los mineros artesanales y determina los parámetros técnicos de producción, como es el tiempo de perforación, voladura, acarreo y ventilación en las labores de la minería artesanal subterránea.

La metodología del estudio de investigación comprende las siguientes etapas de trabajo en gabinete, estudio de procesos en campo, considerando la realización de toma de tiempos.

A continuación, se detalla las actividades establecidas mediante la metodología del estudio de investigación.

1.- Diseño del estudio de campo para obtener los parámetros técnicos representativos

- Tiempo de perforación.
- Tiempo de carga y chispeo y voladura.
- Tiempo de limpieza y acarreo.
- Tiempo de ventilación.

### I.1. Caracterización tecnológica de los equipos

- Equipos de perforación.
- Equipo de energía.
- Equipo de limpieza y acarreo.
- Equipo de ventilación.

El estudio de campo se ha desarrollado en dos minas artesanales: el primero en Imperial, provincia de Cañete y el otro en la zona de Jangas, distrito de Canta, provincia de Lima.

En Jangas, el proceso de extracción del minero artesanal Alfredo Vaca Castro produce 17 toneladas de mineral por mes, con una ley de 1.5 onzas por tonelada, mientras que en Cañete extraen 50 toneladas por mes, con una ley de 0.5 onzas por tonelada, de propiedad del minero artesanal Enrique Takahashi Pando.

## II. FUNDAMENTO TEÓRICO

La definición de “minería artesanal” da lugar a un amplio debate en torno a cuáles serían las principales características que la definen. Sin embargo, buena parte de las denominaciones y definiciones existentes no identifican su realidad como actividad económica con características propias, ni el importante rol social que cumple como medio de sustento entre los amplios sectores de bajos recursos económicos que la practican.

Para el desarrollo del presente estudio, se han recopilado los principales aspectos de consenso encontrados en

la literatura especializada sobre este tema, pero también tomamos en cuenta los criterios incorporados en la legislación que sobre este tema se dio en el Perú en enero del 2002.

Es en ese sentido, se puede definir a la minería artesanal como aquella actividad productiva caracterizada por el uso intensivo de mano de obra y de herramientas básicas como combas, cinceles, pltones, barretas, carretillas, entre otras. Esto determina formas riesgosas de trabajo, sin mucha exigencia en aspectos de seguridad, salud y cuidado del medio ambiente, tanto en la fase de extracción como en la de beneficio, debido a que se trata de una minería de poca inversión, sin tecnología apropiada, con un alto involucramiento de mano de obra familiar a lo largo de todo el proceso y con una ausencia casi total de atención por parte del Estado. Hasta hace algunos años, la informalidad era otra de las características sustantivas de la minería artesanal. Gracias al trabajo de una serie de organizaciones, privadas y públicas, esta situación se ha venido revirtiendo.

Así entendida, consideramos que la minería artesanal constituye uno de los primeros eslabones de lo que se conoce como minería en pequeña escala.

Otro aspecto debe ser subrayado para efectos del presente estudio. Si bien la minería artesanal se dedica a la extracción de diversos minerales en el Perú, este trabajo se centra en el tema de la extracción de oro. Ello se justifica por la importancia que ha alcanzado en el país la producción de oro proveniente de la minería artesanal, según veremos en el siguiente acápite, así como por sus implicancias sociales y medioambientales, como veremos más adelante.

## III. METODOLOGÍA

Se midió el ciclo de minado y otros parámetros en las unidades de extracción Jangas y Cañete.

### 3.1. Datos de campo

#### Ubicación

La unidad de extracción artesanal se encuentra en la zona denominada Imperial, en la provincia de Cañete, cuyo propietario es el Sr. Enrique Takahashi.

El acceso es por la carretera sur, km 300 aproximadamente, su clima es tropical seco.

El mineral es de tipo óxido, se encuentra en forma de finos y charpas de fácil recuperación por cianuración o amalgamación, en este caso se recuperará por pozos de lixiviación estática, en periodos que van de 10 a 25 días. Figura N° 1 y 2.

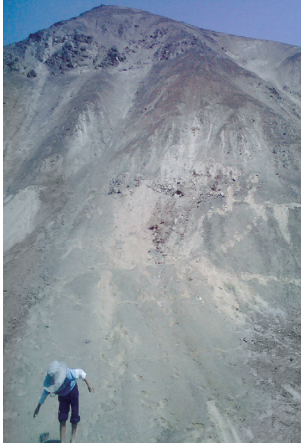


Figura N° 1. Vista panorámica de la mina con mineral a extraer.



Figura N° 2. Mineral oxidado de oro.

### 3.2. Ciclo de minado

- En la unidad de extracción se realiza:
  - Perforación.
  - Carga de explosivo.
  - Voladura.
  - Transporte del material.
  - Limpieza y acarreo.

### 3.3. Actividades de campo

#### Perforación

Se realiza con martillo Bosch percutor, con brocas que van desde 2 pies.

La energía es proporcionada por un generador a gasolina de 1.2 hp y 220 v con dos salidas. (Figura N° 3)



Figura N° 3. Generador de electricidad.

### 3.4. Celdas de agitación

El mercurio es nocivo al medio ambiente por lo que en la ingeniería de operaciones y procesos la agitación una operación básica para mezclar (Clark, 1995). Estos sistemas podrían ser monofásicos o polifásicos.

Las distintas funciones que la agitación puede desempeñar se clasifican en cinco operaciones básicas:

- Homogeneización de una mezcla.
- Suspensión de un sólido en un líquido.
- Emulsión de dos fluidos insolubles.
- Dispersión de un gas en un líquido.
- Intercambio de calor.

Con frecuencia un mismo equipo de agitación realiza varias de estas operaciones básicas simultáneamente, pero es conveniente instalar mezcladores agitadores que pueden llevar a cabo la agitación en el sentido deseado, con el menor consumo energético posible. Para ello, existe en el mercado gran variedad de agitadores, con distintas características y funciones.

Los más habituales tienen sus dimensiones estandarizadas de acuerdo con la norma DIN 28131 (ver Figura N° 4) según varios criterios.

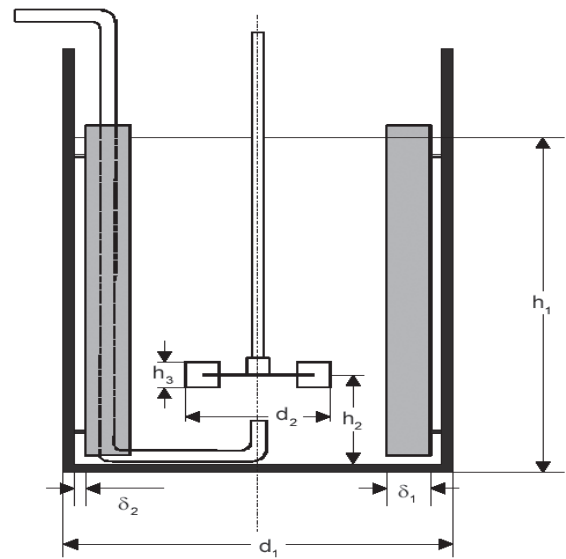


Figura N° 4. Dimensiones estándares según la norma DIN 28131.

Como ya decíamos en la introducción, aparte de cambiar el tipo de rodete, se pueden variar otros parámetros de la instalación, como la forma del tanque, la posición del eje, etc., y conseguir distintos efectos, generalmente encaminados a la consecución de una mejor mezcla.

Una primera modificación podría ser la introducción de placas deflectoras (en inglés, baffles) son bandas planas verticales, situadas radialmente y a lo largo de la pared del tanque, que generan una mayor turbulencia en el fluido, con la consiguiente mejora del proceso de mezcla. Generalmente, cuatro deflectores suelen ser suficientes. La anchura habitual para estos dispositivos es de 1/10 a 1/12, el diámetro del tanque (dimensión radial). Para números de Reynolds superiores a 2,000, los deflectores se usan conjuntamente con impulsores de tipo turbina y con propulsores de flujo axial centrados. Los patrones de flujo generados en ambos casos son diferentes, pero tienen en común una importante circulación desde la parte superior al fondo, evitando la formación de vórtices. En la región de transición ( $10 < Re < 10,000$ ), la anchura del tabique deflector puede reducirse con frecuencia a la mitad de la estándar. En la región de flujo laminar ( $Re < 10$ ), el impulsor consume la misma energía con o sin deflectores, por lo que no se utilizan frecuentemente (Wilkomirsky, 1991).

En ocasiones estos elementos no solo tienen la misión de aumentar la turbulencia, sino que también desempeñan otras funciones. Un ejemplo de esta situación serían los tubos de un intercambiador de calor instalado dentro del tanque de agitación: además de realizar la función de intercambio de calor, actúan también como placas deflectoras, lo que provoca turbulencia y mejora, por tanto, el proceso de mezcla.

### 3.5. Diseño de celda de agitación propuesto

En la celda de agitación propuesta, se aprovecha la fuerza del aire y la fuerza centrípeta de la mezcla para obtener la velocidad de agitación adecuada. Los detalles del diseño se ven en el Figura N° 5.

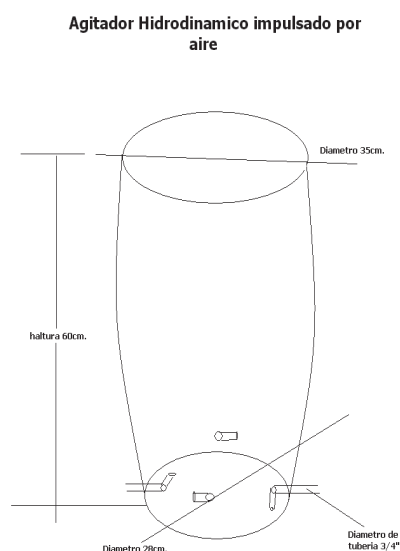


Figura N° 5. Diseño neumático.

### 3.6. Avance de minado

Para realizar esta prueba, se utiliza un cronómetro con precisión en segundos y décimas, un personal que controla en cada momento las actividades del ciclo de minado. Teniendo en cuenta estos aspectos, se llegó a establecer que por una guardia de 10 horas se hace un promedio de cuatro disparos, esto significa que se produce este número de veces del ciclo de minado. En cada disparo se logra un avance efectivo de 0.5 metros logrando un avance de 2 metros por guardia/día.

La sección del túnel es variada, teniendo como promedio 0.9 metros de ancho por 1.80 metros de alto. Y para una veta de 2 centímetros en promedio, la mayor cantidad de material extraído es estéril.

### 3.7. Volumen extraído

La velocidad de avance promedio es de 4 disparos por guardia de 10 horas, en algunas minas se hace hasta dos guardias por día. En nuestro caso, hemos hecho los estudios para minas donde se labora solamente una guardia.

La broca de perforación utilizada es de 3 pies, aproximadamente 90 cm. La perforación efectiva es de 80 centímetros y el avance efectivo con los márgenes de corrección es de 50 centímetros por disparo. Con estos parámetros, el volumen extraído es el siguiente:

0.5 m de avance x 4 disparos x 0.90 m de ancho x 1.80 m de alto = 3.24 m<sup>3</sup>.

3.24 m<sup>3</sup> x 0.9 (factor de corrección) x 2 ton/m<sup>3</sup> = 5.8 toneladas por guardia.

5.8 t/día x 30 días/mes = 174.96 t/mes de material movido.

10% x 174.96 t/mes de mineral = 17 t de mineral obtenido.

Recuperación tradicional por amalgamación:

1.5 oz/t x \*0.5 (eff.) \*17 t = 12.75 oz de dore por mes.

Recuperación por agitación:

1.5 oz/t x \*0.9 (eff.) \*17 t = 22.95 oz de dore por mes.

## IV. DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Se obtuvieron mejores resultados en la recuperación, comparado con los agitadores de rotación, logrando aumentar en un 3%.

La velocidad de rotación es mejorada por el aire que emana de los cuatro alimentadores, con lo que se logra una velocidad de rotación de la mezcla de 100 a 200 rpm.

## V. CONCLUSIONES

1. Las operaciones en relación con el ciclo de minado han sido optimizados. Se ha pasado a producir desde 10 toneladas de mineral por mes hasta 17 toneladas. Esto es debido al estudio y análisis de cada una de las operaciones.

2. Se tiene una mejor recuperación y el costo de operación por agitación es menor al costo de operación por agitación de paletas.

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Wilkomirsky, "Metalurgia no ferrosa", 1991. Departamento de Ingeniería Metalúrgica, Universidad de Concepción.
2. CAR-LORETO - Comisión Ambiental Regional de Loreto, 2002. "Evaluación ambiental de los impactos

producidos por las actividades auríferas en la cuenca del río nanay". Informe Técnico de la Comisión Técnica Multisectorial para la Evaluación de las Actividades Auríferas en el río Nanay. Iquitos, p. 27.

3. Clark, J., 1995. "Dredging can affect river flows, negatively impact wildlife, and release toxins from the sediments". Earth Sciences Branch, Scottish Natural Heritage, Edinburgh. <http://www.snh.org.uk/publications/on-line/advisorynotes/23/23.htm>