



Geometalurgia del depósito Au-Ag Shahuindo en rocas pelíticas de las formaciones Carhuaz y Farrat

Fernando Silva¹, Cesar Alvarez², Nilton Chariarse³, Freddy Huisa⁴, Cecilia Liñan⁵, Paulo Gutierrez⁶, Roly Alva⁷

¹ Shahuindo S.A.C, Cajabamba, Cajamarca, Perú (fernando.silva@shahuindo.pe)

² Shahuindo S.A.C, Cajabamba, Cajamarca, Perú (cesar.alvarez@shahuindo.pe)

³ Shahuindo S.A.C, Cajabamba, Cajamarca, Perú (nilton.chariarse@shahuindo.pe)

⁴ Tahoe Perú S.A.C, Cajabamba, Cajamarca, Perú (freddy.huisa@tahoeresources.com)

⁵ Shahuindo S.A.C, Cajabamba, Cajamarca, Perú (cecilia.linan@shahuindo.pe)

⁶ Shahuindo S.A.C, Cajabamba, Cajamarca, Perú (paulo.gutierrez@shahuindo.pe)

⁷ Tahoe Perú S.A.C, Cajabamba, Cajamarca, Perú (roly.alva@tahoeresources.com)

1. Introducción

La mina Shahuindo está ubicada en el distrito de Cachachi, provincia de Cajabamba en el departamento de Cajamarca, en el norte del Perú. Los trabajos de exploración de esta mina iniciaron en el año 1945 con Algamarc S.A. y continuaron hasta 2012 con la empresa Sulliden Gold Corporation. En el año 2012 se inició la perforación *infill* por la empresa Rio Alto y en el año 2014 el proyecto fue adquirido por el actual propietario: Tahoe Resources. El inicio de operaciones se dio en noviembre del año 2015.

El objetivo de esta presentación es difundir este modelo poco usual de mineralización epitermal de intermedia sulfuración en rocas hospedantes pelíticas, como las limolitas y lutitas de la formación Carhuaz; y las areniscas e intercalaciones areniscas-limolitas de la formación Farrat. Además, conocer su comportamiento para su tratamiento geometalúrgico y optimizar la recuperación de Au.

2. Geología regional

El proyecto Shahuindo se encuentra en la Cordillera Occidental de los Andes peruanos dentro de un pliegue regional y cinturón de compresión de las rocas sedimentarias del Mesozoico que han sido cortadas predominan-

temente por intrusiones diorítica y dacítica datadas provisionalmente entre 24 y 16 Ma. El grupo Goyllarisquizga del Cretáceo Inferior es la unidad predominante expuesta en la propiedad, que consta de areniscas de la formación Chimú, calizas y limolitas de la formación Santa, limolitas y niveles de arenisca de la formación Carhuaz, y areniscas de la formación Farrat y rocas carbonatadas marinas de la formación Inca (ver Figuras 2 y 3).

La mineralización se relaciona generalmente a una combinación de controles estructurales (sistemas NW y NE) y estratigráficos; desarrollándose en asociación con el magmatismo dacítico (16 Ma) una permeabilidad secundaria y emplazamiento de brechas hidrotermales (13 Ma).

El principal control de mineralización es estructural, con dos órdenes NE-SW (sinistral transgresivo) y NW-SE (dextral transgresivo); generando un sistema Riedel en el yacimiento. La intersección de fallas NE y NW produjeron clavos mineralizantes generando ensanchamiento de los cuerpos mineralizados. Asimismo, fallas E-W se comportaron como limitantes de mineralización a lo largo del yacimiento (ver Figuras 4 y 5).

La oxidación se extiende a profundidades variables entre 15 y 200 m bajo la superficie. En la zona de óxidos, el oro y la plata se asocian con jarosita y hematita, mientras que en la zona de sulfuros (>200 m) el oro es muy fino (3-5µm) y se

asocia a la piritita y arsenopiritita de grano fino que ocurre como diseminaciones, venillas y cuerpos de reemplazamiento semi-masivos.

Según estudios de microscopía electrónica, el oro se encuentra como solución sólida en los óxidos de hierro (hematita, óxidos de Fe-Sb-As); y óxidos de hierro-titanio (ilmenita, rutilo, leucoxeno). Asimismo, como diseminado en rutilo y óxidos de hierro (ver *Figura 1*).

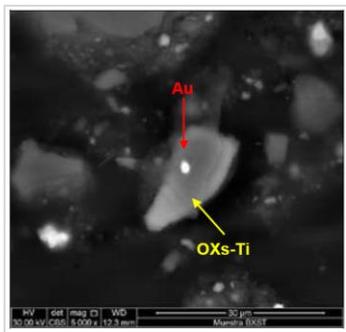


Figura 1. Partícula de oro nativo (Au) incluida en los óxidos de titanio (aumento de 5000x).

Según el análisis de XRD, los distintos tipos de roca presentan un 80-95% de cuarzo. En general, las muestras analizadas presentan tres generaciones de cuarzo (I, II y III). El tamaño del oro en nuestro yacimiento tiene dimensiones menores a 2 µm y se encuentra contenido en óxidos, los cuales están relleno fracturas. La plata por su parte, se encuentra en la argentojarosita como relleno en fracturas en los granos de cuarzo.

Estudios de campo permiten interpretar que la mineralización en el yacimiento Shahuindo pertenece a un depósito de oro y plata del tipo epitermal de intermedia sulfuración.

3. Operatividad y optimización

En la fase actual de explotación de nuestro yacimiento, estamos implementando controles geometalúrgicos con el fin de optimizar la recuperación del Au y Ag, principalmente, considerando también a los elementos perjudiciales al proceso de lixiviación. De esta forma, permite clasificar los materiales en dos tipos: descarga directa desde Tajo (ROM) o con chancado y aglomeración (C&A).

Debido a la necesidad de mejorar las propiedades hidráulicas (permeabilidad) de las rocas pelíticas, limolita e intercalación limolita-arenisca con alteración argílica, se realiza el proceso de aglomeración (C&A) que consiste en agrupar los materiales con alto contenido fino con adición de cemento, mejorando su permeabilidad e

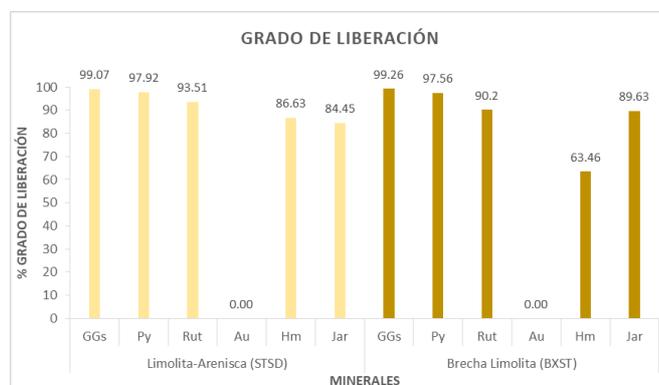
incrementando la recuperación de oro mediante el proceso de lixiviación en pilas.

Tabla 1. Parámetros de Lixiviación según Proceso

Proceso	Densidad g/cm ³	Días de riego	Recuperación %
ROM	1.798	60	72
C&A	1.633	50	80

El grado de liberación de los minerales encontrados en los distintos tipos de roca varía de 58-99%, con mayor cantidad de partículas libres que mixtas binarios. No se apreció el oro debido al tamaño del mismo.

Tabla 2. Grado de Liberación de Rocas Pelíticas en Tajo Chalarina



Los controles geometalúrgicos evaluados son los siguientes: en el aspecto físico tenemos densidades, dureza, grado de liberación, %finos; en el aspecto químico ensamble mineralógico; en el aspecto geológico: definición de los tipos de rocas, grados de alteración; y en aspecto metalúrgico, % recuperación, permeabilidad y aglomeración.

Las pruebas metalúrgicas han demostrado que el proyecto es susceptible a cianuración mediante lixiviación en pilas con recuperación de 70-75% para el oro y 10-15% para la plata. Para el proceso de chancado y aglomeración se espera recuperaciones de más del 80%. El porcentaje de recuperación por cada tipo de roca es:

Tabla 3. Porcentaje de Recuperación por Litología

Litología	% Recuperación
Arenisca	72.0
Limolita	61.9
Inter. Arenisca > Limolita	66.0
Inter. Limolita > Arenisca	62.4
Promedio	66.4

La mina Shahuindo contiene reservas probadas y probables de 111.9 millones de toneladas de mineral en óxidos y mixta, conteniendo 1.91 Moz de oro y 24.54 Moz de plata; donde el recurso de sulfuros está abierto a profundidad. En óxidos y transición, el promedio de leyes son de 0.53 g/t Au y 6.82 g/t Ag.

4. Conclusiones

La mineralización en Shahuindo está ligada principalmente al control estructural (sistema NW-SE y NE-SW) y estratigráfico.

Al presentarse la mineralización en zonas de rocas pelíticas, se decidió procesar el mineral mediante una planta de Chancado y Aglomerado; y de esta forma obtener una recuperación de oro óptima.

El oro se encuentra como solución sólida en los óxidos de hierro y óxidos de hierro-titanio. Asimismo, como diseminado en rutilo y óxidos de hierro.

El material óptimo para el proceso de chancado y aglomerado se clasifica por controles geometalúrgicos.

Las zonas de fallas presentan un mayor contenido de finos según pruebas de tamizado, información importante al momento de la generación de nuestro modelo de % de finos.

La recuperación de oro según el proceso ROM y C&A, es de 72% y 80% en 60 y 50 días de regado de CN- a 150 ppm.

Agradecimientos

Agradecer a la empresa Tahoe Perú Shahuindo por permitirnos presentar el trabajo en equipo que vienen realizando todas las áreas de la empresa.

Referencias

- Alva, R., Huisa, F. 2012. *Geología del Yacimiento Shahuindo. Informe Interno – Sulliden Mining*, p. 1-16.
- Delfilippi, C., Muerhoff, C. Williams, T. 2016 *Technical Report on the Shahuindo Mine – Tahoe Resources* p. 5-28.
- Alvarez, C., Chariarse, N., Gutiérrez, P., Silva, F. 2018. *Informe para la optimización del proceso de C&A, Mina Shahuindo* p. 3-8.

Ilustraciones

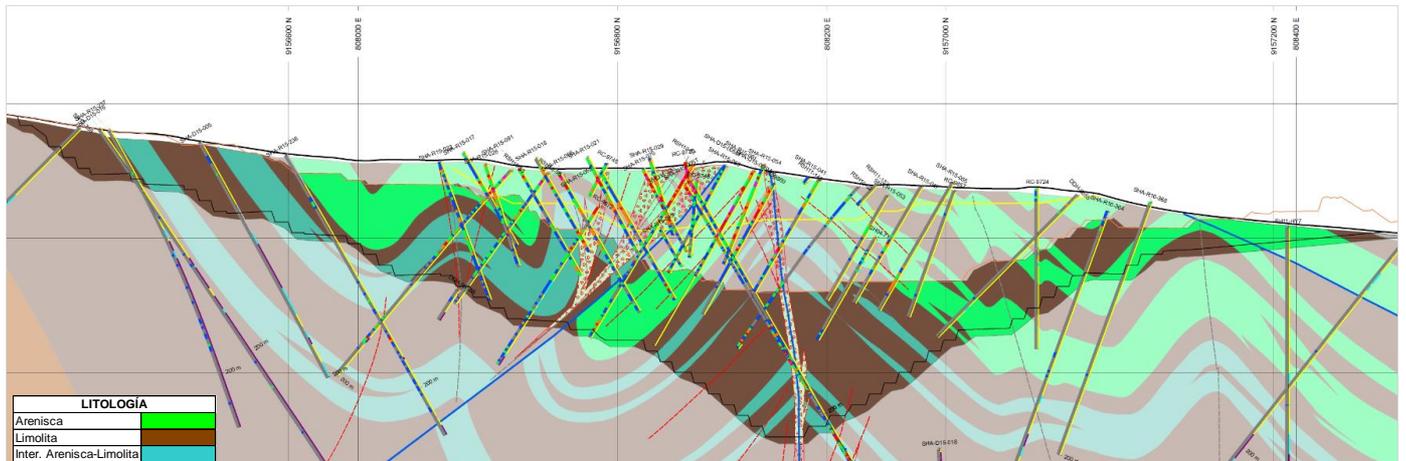


Figura 2. Sección litológica E1200 (1:1000).

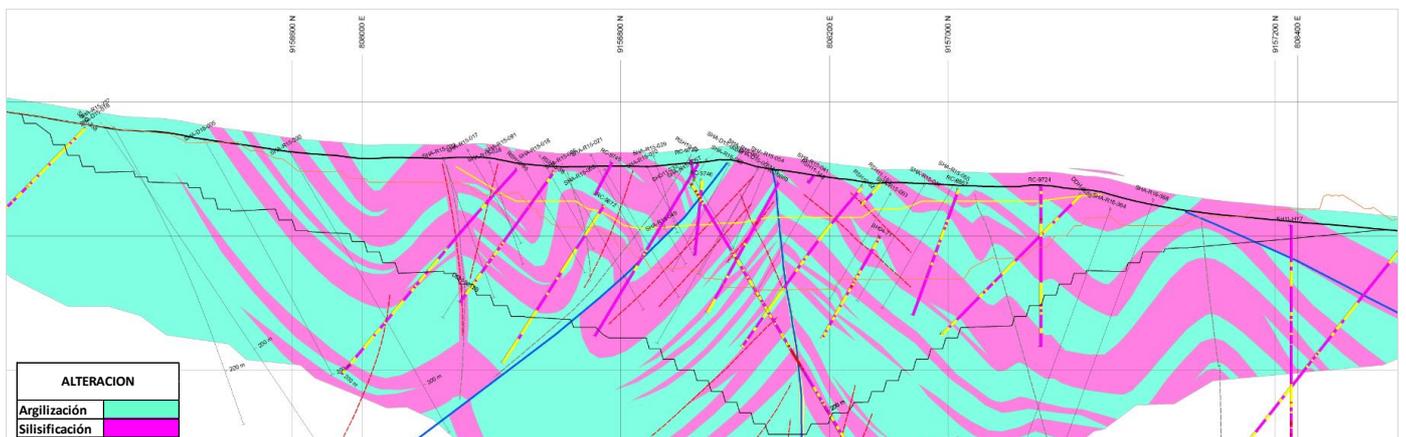


Figura 3. Sección de alteración E1200 (1:1000).

