

<https://doi.org/10.51431/bbf.v12i1.921>

## Lixiviación de minerales volcánicos andesíticos y dacíticos para la extracción de plata del distrito de Gorgor – 2021

Leaching of volcanic andesitic and dacitic minerals for silver extraction in the Gorgor district – 2021

Alberto Irhaam Sánchez Guzmán<sup>1</sup>, José Vicente Nunja García<sup>1</sup>, María Cleofe Saucedo Lopez<sup>1</sup>, Joaquín José Abarca Rodríguez<sup>1</sup>, Helen Analí Zapata Del Solar.

### RESUMEN

**Objetivo:** Evaluar la lixiviación de minerales volcánicos andesíticos y dacíticos para la extracción de plata del distrito de Gorgor – 2021, se desarrolló en el laboratorio de metalurgia extractiva del Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico de Materiales. **Material y métodos:** Es una investigación básica experimental, el mineral se sometió a chancado molienda y tamizado, luego se realizó la cianuración en un agitador mecano a 200 rpm en medio litro de pulpa 11 pruebas, 8 pruebas variables y 3 pruebas centrales. El análisis de mineral se realizó por ensayo al fuego y la solución se analizó mediante el fotómetro hanna HI97737. **Resultados:** Para una ley de cabeza de 20,16 onz/t de plata la mejor recuperación se obtuvo en la prueba 1 del 61,10% en un tiempo de 48 horas con una liberación de 98% pasante a la malla 200 con una concentración de 1,5 g/L NaCN a 250 rpm. La concentración (g/L NaCN), liberación(/-200m), el tiempo (h) y la interacción NaCN g/L y tiempo tiene p calculado .009, .001, .002, .041 y la barra de diagrama de Pareto mayor a 4,3. Mientras que las interacciones de NaCN(g/L)\*%-200m, %-200m\*Tiempo(h) y NaCN(g/L)\*%-200m\*Tiempo (h) el p calculado tiene valores de .389, .330, .115 y la barra del diagrama de Pareto es menor a 4,3. **Conclusiones:** El tiempo de cianuración, la liberación del mineral, la fuerza del cianuro de sodio y la interacción de la fuerza del cianuro con el tiempo tienen efecto significativo en la extracción y recuperación de la plata a partir de minerales volcánicos.

**Palabra clave:** Extracción de plata, cianuración de plata, liberación y cianuración, recuperación de plata.

### ABSTRACT

**Objective:** To evaluate the leaching of andesitic and dacitic volcanic minerals for silver extraction in the Gorgor district – 2021, was developed in the extractive metallurgy laboratory of the Center for Research and Technological Development of Materials. **Material and methods:** It is a basic experimental research, the ore was subjected to crushing, grinding and sieving, then cyanidation was carried out in a mechanical agitator at 200 rpm in a half liter of pulp the 11 tests 8 tests variables and 3 core tests. Ore analysis was performed by fire assay and the solution was analyzed using the hanna HI97737 photometer. **Results:** For a head grade of 20.16 oz/t silver, the best recovery was obtained in test 1 of 61.10% in a time of 48 hours with a release of 98 % through to the 200 mesh with a concentration of 1.5 g/L NaCN at 250 rpm. Concentration (g/L NaCN), release (/200m), time(hr) and NaCN interaction g/L and time have p calculated .009, .001, .002, .041 and the bar of pareto chart greater than 4.3. While the interactions of NaCN(g/L)\*%-200m, %-200m\*Time(hr) and NaCN(g/L)\*%-200m\*Time(hr) the calculated p has values of .389, .330, .115 and the bar of pareto chart is less than 4.3. **Conclusions:** The cyanidation time, the release of the ore, the strength of the sodium cyanide and the interaction of the strength of the cyanide with the time have a significant effect on the extraction and recovery of silver from volcanic minerals.

**Keywords:** Silver extraction, silver cyanidation, liberation and cyanidation, silver recovery.

Recibido 20/12/2022 Aprobado 16/01/2023

Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)



<sup>1</sup>Facultad Ingeniería Química y Metalúrgica. Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. <https://orcid.org/0000-0003-1575-8466>, <https://orcid.org/0000-0002-9633-8190>, <https://orcid.org/0000-0001-6075-2288>, <https://orcid.org/0000-0003-1004-3824>, <https://orcid.org/0000-0002-5347-6155>

## INTRODUCCIÓN

El Perú es un país predominantemente minero, caracterizado por la extracción de materia prima, cuyos recursos son, en su mayoría, administrados por corporaciones multinacionales. Esta situación enfatiza la necesidad de que los mineros artesanales y de pequeña escala exploten la materia prima de manera responsable para agregar valor a la materia prima. Este valor agregado se logra mediante la extracción del componente metálico y su recuperación como metal, seguido de su comercialización en forma de productos manufacturados. En la provincia de Cajatambo y Oyón, existen empresas dedicadas a la concentración de minerales, los cuales son comercializados como materia prima sin valor agregado. Por lo tanto, es fundamental mejorar el valor del mineral de plata en esta zona. La influencia de la universidad en el área ha sido fundamental para fomentar la investigación y atribuir valor agregado a los minerales. La extracción de plata ha sido fundamentada por diversos estudios, enfocándose especialmente en el proceso de lixiviación de minerales complejos de plata a altas temperaturas. Por ejemplo, la extracción de plata presenta una recuperación del 50.06% con un consumo de NaCN de 4.8 kg/t a una temperatura de 40 °C (Ramos, 2019). Adicionalmente, la dosificación óptima de cianuro de sodio en la recuperación de oro y plata, con una dosificación de 171.72 kg/t, permite una mejor recuperación de plata. Con una dosificación de 180 kg/t de cianuro de sodio, se alcanza una recuperación del 97.67% de plata (Chávez, 2014). Existe aún información limitada sobre la extracción de plata en esta región, por lo que es imperativo agregar valor a los metales existentes. Esta estrategia no solo incrementará los ingresos por recaudación fiscal, sino que también contribuirá significativamente a la economía nacional.

### Justificación

Respecto a la extracción de la plata a partir de los minerales volcánicos que se encuentran en el distrito de Gorgor de la provincia de Cajatambo del Gobierno Regional de Lima, es necesario aprovechar los recursos minerales y buscar el incremento del valor agregado, con esta investigación e incentivar investigaciones que permitan que los recursos tengan su valor agregado y fuente de trabajo de la población de su entorno de influencia. Una vez realizado la investigación estará al alcance de los pequeños mineros y mineros artesanales, pudiendo ser empleado en la extracción de la plata de baja y comercializarlo como plata metálica.

## OBJETIVOS

Evaluar la lixiviación de minerales volcánicos andesíticos y dacíticos para la extracción de plata del distrito de Gorgor – 2021.

### MARCO TEÓRICO

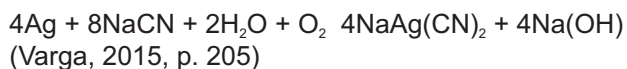
#### 1. Antecedentes

Con un pretratamiento de minerales refractarios de oro y plata con sulfuro de sodio e hidróxido de sodio se permite una recuperación de plata del orden del 88.12% mientras que sin tratamiento se tiene del orden del 41% para la plata (Coaguila, 2018). En el diseño de procesos para la extracción de oro y plata, la mejor condición que permite tener una mejor recuperación es la liberación del 100% pasante la malla 200, es decir menor a 75  $\mu$ m luego realizar la cianuración (Andrews, 2018). En el estudio sobre el efecto de la liberación y la concentración del cianuro de sodio, se tiene que tanto la concentración, la liberación del mineral y la inter relación liberación y concentración del cianuro de sodio tienen efecto en la recuperación de la plata (Mendo, 2016). En el tratamiento de minerales refractarios con presencia de antimonio, mediante un pretratamiento con sulfuro de sodio e hidróxido de sodio para la eliminación de antimonio y su posterior cianuración se incrementa la recuperación de plata de 19% a 87% (Lara, 2016). En la cinética de lixiviación de plata a partir de residuos metalúrgicos, se llega a extraer la plata del 97% a una temperatura de 60 °C, mientras que la presencia de cobre permite extraer del orden del 95% (Hernández, et al. 2012).

#### 2. Lixiviación de plata

En el proceso de extracción de la plata a partir de los minerales de plata se puede realizar en medio ácido o básico, esto está relacionado con el costo, tecnología y medio ambiente, porque es necesario realizar un análisis, en el presente caso se realiza una extracción mediante la lixiviación básica usando como medio de disolución el cianuro de sodio, el cual es un proceso que tiene una aplicación en la industria.

La Cianuración de la plata es un proceso en donde se disuelve la plata a partir de minerales que contienen plata mediante el empleo de cianuro de sodio, en un medio acuoso, donde el cianuro de sodio está disuelto en el agua. La plata metálica pasa a ser iones de plata (Varga, 2015). El proceso de extracción de la plata se efectúa de la siguiente manera:



De acuerdo la reacción química para una reacción es necesario la presencia de la plata metálica, cianuro de sodio, agua y el oxígeno, de lo contrario el proceso no ocurre.

Por otra parte, en todo proceso existe factores o variables que condicionan el proceso por que la extracción de la plata tiene sus propias particularidades.

#### 2.1. Factores que interfieren en la extracción de la plata

Los factores que interfieren en el proceso de extracción de plata desde los minerales son muchas, pero las que se tiene en consideración son los siguientes: oxígeno, cianuro de sodio, tamaño de partícula, tiempo, alcalinidad, temperatura (Misari, 2010).

### 2.1.1. Efecto del oxígeno

Es el componente que intervienen en el proceso de disolución de la plata, por otra parte, es un oxidante natural que permite oxidar tanto a la plata y otros componentes que contienen el mineral en el proceso de extracción de la plata en medio acuoso de lo contrario el proceso no tendría efecto (Varga, 2015).

### 2.1.2. Efecto del cianuro de sodio.

Es el componente primordial en el proceso de la disolución de la plata a partir de los minerales que lo contienen, porque es necesario tener en consideración la concentración del cianuro de sodio en el medio acuoso adecuado. Esta estará en relación a la ley de la plata en el mineral que ingresa al proceso, por otra parte si se adiciona en exceso afectará otros elementos que contienen el mineral, lo que se busca es que se tenga un consumo óptimo del cianuro de sodio y si se aplica en una dosificación por debajo de lo requerido no actuará en el proceso de extracción de la plata.

### 2.1.3. Efecto del tamaño de partícula

La granulometría de minerales es importante en el proceso de extracción, para las granulometrías grandes tardará en disolverse la plata por lo que es necesario realizar una recuperación por medios de concentración gravimétrico, mientras que cuando esté en una granulometría pequeña y escrutado dentro de los minerales es necesario realizar una liberación mediante una molienda adecuada para que tenga contacto el medio disolvente con la plata, por otra parte Barsky (Varga, 2015), para una partícula de 44 micras tardará para el oro en un tiempo mayor a 13 horas por lo para la plata estaría tardando el doble de tiempo, mientras que para un tamaño de 119 micras tardará 44 horas, es decir 88 horas.

### 2.1.4. Efecto del tiempo de lixiviación

Dentro del proceso de disolución de la plata es primordial el tiempo empleado por ciertas razones a considerar, una es el tamaño de las partículas de plata que se encuentran en el proceso de cianuración, a mayor tamaño de partículas será mayor el tiempo, otras de las condiciones del tiempo son los factores que intervienen en el proceso, como concentración del disolvente, oxígeno, densidad de pulpa, etc.

### 2.1.5. Efecto de la alcalinidad

El medio alcalino que debe tener el proceso de disolución de la plata con el cianuro de sodio o potasio, es importante mantenerlo en un medio básico, por las siguientes razones: para evitar la pérdida de cianuro por hidrólisis, pérdida por la presencia de  $\text{CO}_2$  que se puede genera de la descomposición de carbonatos que contienen los minerales (Varga, 2015).

### 2.1.6. Efecto de la temperatura

En el proceso de la disolución de la plata, la temperatura

permite aumentar la velocidad de la disolución, por una parte, pero a medida que aumenta la temperatura vence la presión atmosférica y con ello disminuye la presencia del oxígeno en la solución, por tanto decrece la disolución de la plata, por eso es necesario tener un control de la temperatura en el proceso de cianuración de la plata (Varga, 2015).

## 2.2. Lixiviación de minerales de plata

En el proceso de la lixiviación de minerales de plata, se pueden realizar en lecho fino o dinámico, en el presente caso se realizará en agitación en pulpa, por lo que es necesario ver las características del mineral que está íntimamente relacionado, como la ley de cabeza del mineral o contenido de la plata, la granulometría debe ser fina, el mineral debe estar libre o poros, libre minerales carbonáceos, libre de componentes de impurezas como los sulfuros metálicos; el mineral no debe estar con exceso de finos, ni debe estar por componentes de formadores de ácidos que pueden alterar el proceso (Ballester, et al. 2000).

## MATERIALES Y MÉTODOS

En el presente estudio para un mineral de ley de cabeza de 20.16 onz/t de plata se emplearon chancadora y molino de bolas para la reducción del mineral, tamiz para clasificar, agitado mecánico con controlador numérico a 200 rpm en la agitación, el análisis de la plata en el mineral se realizó mediante el ensayo al fuego, mientras que el análisis de la solución se realizó mediante el fotómetro hanna HI97737 con serial 9041101411. En el proceso de la cianuración se realizaron ocho pruebas centrales con tres medidas centrales de acuerdo a la información de la tabla 1.

**Tabla 1**

*Variables que intervienen en las pruebas experimentales*

Función	Mínimo	Máximo	Promedio
NaCN (g/L)	1,4	1,5	1,45
%-200m	89	98	93
Tiempo (horas)	12	48	30,00

Las pruebas realizadas se tuvieron en consideración la fuerza del cianuro del 0.14% y 0.15% a una liberación del 89% y 98% pasante a la malla 200, en espacio de tiempo de 12 y 48 horas para las pruebas pruebas realizadas, mientras que en las ocho pruebas centrales se emplearon 0.145% de fuerza del cianuro, a una liberación del orden del 93% en 30 horas en las tres pruebas realizadas.

## RESULTADOS

### Resultados

La tabla 2 presenta las combinaciones de las tres variables en estudio, fuerza de cianuro de sodio,

**Tabla 2**

*Resultado de la cianuración de mineral de plata*

N°	Variables codificadas			Variables naturales			Concentración	Recuperación
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	Z <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>	Z <sub>3</sub>	ppm (Ag)	%Ag
1	+	+	+	1,50	98	48	8,76	61,10
2	-	+	+	1,40	98	48	8,40	58,60
3	+	-	+	1,50	89	48	7,84	54,70
4	-	-	+	1,40	89	48	8,55	50,57
5	+	+	-	1,50	98	12	7,86	54,83
6	-	+	-	1,40	98	12	7,63	53,24
7	+	-	-	1,50	89	12	6,86	47,82
8	-	-	-	1,40	89	12	7,93	46,92
9	0	0	0	1,45	93	30	7,50	52,32
10	0	0	0	1,45	93	30	7,44	51,87
11	0	0	0	1,45	93	30	7,52	52,45

En la tabla 2 se tienen los resultados obtenidos de las ocho pruebas realizadas con tres medidas centrales, lo que tiene una mayor recuperación de la plata se encuentra en la prueba 1 con las condiciones de 1.5 g/L de cianuro de sodio, el 98% pasante a la malla 200 en un espacio de 48 horas de los cuales a medida que se libera el mineral tiende a elevar la recuperación con un aumento del tiempo de la cianuración.

granulometría pasante a la malla 200, en tiempo en función a ellos se obtuvo la concentración de la plata en ppm y el porcentaje de extracción de la plata.

La recuperación de la plata en la cianuración de los minerales está relacionada en la siguiente ecuación:

$$\% \text{Recup(Ag)} = -161 + 202.9 \text{ NaCN(g/L)} + 2.98\% - 200m + 8.30 \text{ Tiempo(hr)} - 2.609 \text{ NaCN(g/L)} * \% - 200m - 5.94 \text{ NaCN(g/L)} * \text{Tiempo(hr)} - 0.0998\% - 200m * \text{Tiempo(hr)} + 0.0700 \text{ NaCN(g/L)} * \% - 200m * \text{Tiempo(hr)}.$$

**Tabla 3**

*Análisis de Varianza de la cianuración de mineral de plata*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	8	174,643	21,8304	235,66	.004
Lineal	3	168,107	56,0357	604,92	.002
NaCN(g/L)	1	10,397	10,3968	112,24	.009
%-200m	1	96,327	96,3272	1039,88	.001
Tiempo(hr)	1	61,383	61,3832	662,65	.002
Interacciones de 2 términos	3	2,404	0,8014	8,65	.105
NaCN(g/L)*%-200m	1	0,110	0,1105	1,19	.389
NaCN(g/L)*Tiempo(hr)	1	2,142	2,1425	23,13	.041
%-200m*Tiempo(hr)	1	0,151	0,1512	1,63	.330
Interacciones de 3 términos	1	0,673	0,6728	7,26	.115
NaCN(g/L)*%-200m*Tiempo(hr)	1	0,673	0,6728	7,26	.115
Curvatura	1	3,459	3,4593	37,34	.026
Error	2	0,185	0,0926		
Total	10	174,829			

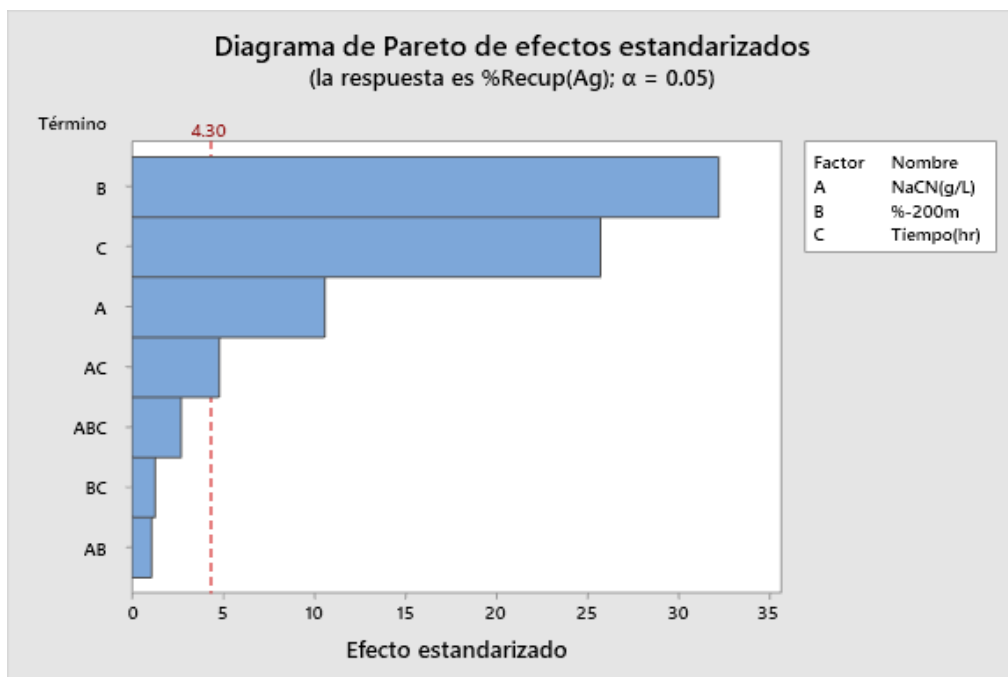
En la tabla 3 en la recuperación de la plata para el cianuro de sodio el valor de p = .009 mientras que el porcentaje pasante a la malla 200 el valor de p es .01 y el tiempo en horas el valor de p es de .02 por lo que el valor de p calculado es menor a .05 por lo tanto influyen en la recuperación de la plata. En la interacción de dos variables NaCN(g/L)\*%-200m, %-200m \*tiempo(hr) el valor de p se encuentra en el orden de .389 al .115 el valor de p calculado es mayor a .05 por lo que no influyen

en la recuperación de la plata, mientras que para el NaCN(g/L)\*tiempo(hr) el valor de p = .041 es menor a uno influyendo en la recuperación de la plata. Para la interacción de tres variables se NaCN(g/L)\*%-200m\*Tiempo(h) el valor de p = .115, no influye en la recuperación de la plata.



**Figura 1**

Diagrama de Pareto en la lixiviación de minerales de plata



En la figura 1 las barras B(% - 200m), C(tiempo h), A(NaCN g/L) y AC((NaCN g/L)\*(tiempo h)) son mayores a 4,30 por lo que tiene influencia en la extracción de la plata, mientras que las barras ABC((NaCN g/L)\*(%-200m)\*(tiempo h)), BC((% - 200m)\*(tiempo h)) y AB((NaCN g/L)\*(% - 200m)) son menores que 4,30 en el diagrama de Pareto en efecto no influyen estadísticamente en la extracción de la plata.

## DISCUSIONES

En las pruebas experimentales realizados, de las ocho corridas variables y tres centrales para una ley de cabeza de 20,16 onz/t de plata se obtuvo una mejor recuperación del 61,10% con una concentración de plata en la solución cianurada de 8,76 mg/L con una concentración de 1,5 g/L de cianuro de sodio, 98% pasante a la malla 200 y en 48 minutos de cianuración. En el análisis de varianza realizado con el minitab 17 versión de prueba se obtuvo que para NaCN(g/L), %-200m, Tiempo(h) se tiene los valores de p calculado de .001, .001, .002 y la interacción de dos variables NaCN(g/L)\*tiempo(h) el valor de p es .041 menor al valor de  $p = .05$  y los valores de las barras del diagrama de Pareto B(%-200m), C(tiempo h), A(NaCN g/L) y AC((NaCN g/L)\*(tiempo h)) son mayores a 4,30 por lo que tiene influencia estadísticamente en la recuperación de plata, por otro lado en las interacciones de variables NaCN(g/L)\*%-200m, %-200m \*tiempo(hr) el valor de p es del orden de ,389; ,115 y la interacción de tres variables se NaCN(g/L)\*%-200m\*Tiempo(hr) el valor de p es de mayor a ,05 y las barras de diagrama de Pareto ABC((NaCN g/L)\*(%-200m)\*(tiempo h)), BC((%-200m)\*(tiempo hr)) y AB((NaCN g/L)\*(%-200m)) son menores que 4,30 por lo que no tiene influencia estadística en la extracción de la plata.

En la extracción de oro y plata la liberación pasante a la malla 200 el 100% permite mejorar la recuperación (Andrews, 2012). En el efecto de la liberación y la concentración de cianuro de sodio, la interacción del cianuro de sodio y la liberación tiene efecto en la recuperación de la plata (Mendo, 2016). Con ello se compruebe que la liberación, la concentración y el tiempo influye en la recuperación de la plata.

## CONCLUSIONES

En la lixiviación de minerales volcánicos del distrito de Gorgor para una ley de cabeza de 20,16 onz/t de plata, se obtuvo una recuperación optima del 61,1% con una fuerza de 1,5 g/L de NaCN en un periodo de 48 horas pasante el 98% a la malla 200. En la lixiviación el NaCN, %-200m, tiempo y la interacción NaCN y tiempo influyen estadísticamente en la recuperación de la plata ya que el valor p calculado es menor a .05 y las barras de diagrama de Pareto son mayores a 4,3. Mientras que las interacciones dobles de %-200m con tiempo(h), NaCN(h) con %-200m y las interacciones NaCN(hr), %-200m y tiempo(hr) los valores de p calculado son mayores a .05 y las barras del diagrama de Pareto son mayores a 4,3.

La concentración del NaCN influye estadísticamente en la extracción de la plata, ya que el p calculado es de .009 mayor a .05, y la barra A(NaCN g/L) en el diagrama de Pareto es mayor a 4,30.

La liberación del mineral pasante a la malla 200 influye estadísticamente en la extracción de la plata el valor de p calculado es .001 menor a .05 y la barra B(% - 200m) en el diagrama de Pareto es mayor a 4,30.

El tiempo de cianuración tiene influencia estadística en la

extracción de la plata ya que el valor de  $p$  calculado es de .02 mayor a .05 y la barra  $C$ (tiempo  $h$ ) es mayor a 4.3 diagrama de Pareto.

## AGRADECIMIENTOS

Los integrantes de esta investigación agradecen al Vicerrectorado de Investigación, al Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico de Materiales de la Escuela Profesional de Ingeniería Metalúrgica de la Facultad de Ingeniería Química y Metalúrgica de la UNJFSC y a los egresados de la Escuela de Ingeniería Metalúrgica por el apoyo tanto económico y profesional para la realización de la presente investigación.

## REFERENCIAS

- Andrews, J. (2012). *Diseño de procesos para recuperar oro y plata desde el depósito de relaves de minera meridian*. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso. Obtenido de [http://opac.pucv.cl/pucv\\_txt/txt-4500/UCF4959\\_01.pdf](http://opac.pucv.cl/pucv_txt/txt-4500/UCF4959_01.pdf)
- Ballester, A., Verdeja, L., & Sancho, J. (2000). *Metalurgia Extractiva*. Madrid: Editorial Síntesis S.A.
- Chavez, P. (2014). "Determinación de la dosificación óptima de cianuro para lograr la mayor recuperación de oro y plata en el proceso de lixiviación intensiva de concentrados". Universidad Nacional San Agustín, Arequipa. Obtenido de Repositorio UNSA: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/3954/IQchflpo040.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Coaguila, R. (2018). *Pretratamiento de la lixiviación de un mineral refractario de oro y plata asociado a sulfuros con la adición de sulfuro de sodio e Hidróxido de Sodio*. Universidad Nacional San Agustín, Arequipa. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/7215>
- Hernández, J., Rivera, I., Patiño, F., & Juárez, J. (2012). *Estudio Cinético de la Lixiviación de Plata en el Sistema S<sub>2</sub>O<sub>3</sub><sup>2-</sup>-O<sub>2</sub>-Cu<sup>2+</sup> Contenido en Residuos Minero-Metalúrgicos*. Obtenido de Scielo Chile: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v24n1/art07.pdf>
- Lara, M. (2016). *Empleo del sulfuro de sodio e hidróxido de sodio para la disminución de la concentración de antimonio de un mineral refractario de oro y plata como pre tratamiento del proceso de lixiviación*. Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo. Obtenido de <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/3754>
- Mendo, D. (2016). *Efecto de la concentración de cianuro y la granulometría de un mineral oxidado, en la recuperación de oro mediante lixiviación por agitación. Cachachi – cajamarca 2016*. Universidad Privada del Norte, Cajamarca. Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/10531/Mendo%20Escalante%20%20Diego%20Samir.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Misari, F. (2010). *Metalurgia del oro*. Lima: San Marcos.
- Ramos, A. (2019). *Lixiviación de plata a temperatura alta en mineral complejo de pirita*. Obtenido de Revista de la Sociedad Química del Perú: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1810-634X2019000100010&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1810-634X2019000100010&script=sci_arttext)
- Vargas, J. (2015). *Metalurgia del oro y la plata*. Lima: San Marcos.