



ANEXO 1

FORMATO PARA LA PRESENTACIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN  
CON EL FINANCIAMIENTO DEL FEDU

1. Título del proyecto

Evaluación del comportamiento de aminoácido glicina en la lixiviación de mineral oxidado

2. Área de Investigación

Área de investigación	Línea de Investigación	Disciplina OCDE

3. Duración del proyecto (meses)

12

4. Tipo de proyecto

Individual	<input type="radio"/>
Multidisciplinario	<input checked="" type="radio"/>
Director de tesis pregrado	<input type="radio"/>

4. Datos de los integrantes del proyecto

Apellidos y Nombres	Chávez Gutierrez, Esteban Rey
Escuela Profesional	Ingeniería Metalúrgica
Celular	955800331
Correo Electrónico	erchavez@unap.edu.pe

Apellidos y Nombres	Herrera Córdova Héctor Clemente
Escuela Profesional	Ingeniería Metalúrgica
Celular	987850939
Correo Electrónico	hcordova@unap.edu.pe

I. Título

**Evaluación del comportamiento del aminoácido glicina en la lixiviación de mineral oxidado**

II. Resumen del Proyecto

El cobre es un metal estratégico en el desarrollo de la humanidad por sus múltiples aplicaciones en los diferentes sectores como la industria de la construcción, medicina, automotriz, electrónica, comunicación, transporte, maquinaria y equipo industrial y muchos otros, siendo el Perú privilegiado con ingentes recursos minerales de cobre en su estado oxidado y sulfurado. El procesamiento y beneficio



de minerales oxidados de cobre se realiza mediante la lixiviación con ácido sulfúrico causando impactos negativos al medio ambiente, y estando la necesidad de su explotación por su aporte a la economía nacional en es que se propone como objetivo evaluar el comportamiento de una especie biodegradable como lo es el aminoácido glicina en la lixiviación de mineral oxidado. Como metodología se considera la lixiviación por agitación monitoreando el efecto de la concentración del aminoácido glicina, el efecto del pH y el efecto tiempo en la lixiviación de minerales oxidados de cobre. Los resultados que se esperan obtener en la lixiviación de cobre a partir de sus minerales servirán de base para su aplicación en la industria de la minería.

**III. Palabras claves (Keywords) (Colocadas en orden de importancia. Máx. palabras: cinco)**

Aminoácidos, glicina, lixiviación, mineral oxidado, pH

**IV. Justificación del proyecto**

El procesamiento de minerales oxidados de realiza mediante lixiviación con ácido sulfúrico como lo es para los minerales oxidados de cobre por la fácil reacción espontánea ocasionando impactos ambientales negativos como degradación en suelos, contaminación de lagos y ríos. Frente a este problema, la industria de la minería viene realizando inversiones en la búsqueda de métodos alternativos de procesamiento y desde la presente investigación se propone evaluar el comportamiento de una especie orgánica biodegradable como lo es el aminoácido glicina en la lixiviación de mineral oxidado de cobre.

**V. Antecedentes del proyecto**

Anchapuri, J. (2019), en su trabajo Lixiviación de Minerales Óxidos de Cobre con Reactivo Glicina para Recuperación de Cobre del Yacimiento Pucará, ha determinado que la concentración de glicina óptima en la lixiviación de cobre por agitación es 0,5 M., alcanzando recuperaciones de 82,14% a un pH de 11 por agitación, por lo que concluye que el mineral de cobre oxidado se disuelve en soluciones de glicina en medio alcalino, considerando el método de lixiviación por agitación en un tiempo de 24 horas, además indica que a mayor tiempo de lixiviación mayor disolución de cobre.

Ramírez, M. (2018), en la investigación realizada sobre .... Concluye que en presencia de glicina, alcanzó recuperaciones de oro y plata cercanos al 90% con un % de sólidos del 20% y la concentración de tiosulfato de 30 g/L, además manifiesta que la adición de glicina reduc el consumo de tiosulfato en algunos casos. En ausencia de glicina, a medida que se reduce el tamaño de partícula se reduce el consumo de tiosulfato de sodio. En presencia de glicina, el consumo de tiosulfato de sodio se reduce en algunos casos, pero su efectividad disminuye a medida que decrece el tamaño de partícula.



Doyun Shin, Junmo Ahn, Jaeheon Lee, (2019), desarrollaron un estudio cinético de la lixiviación de cobre del concentrado de calcopirita en solución alcalina de glicina donde manifiestan que recientemente, la glicina, uno de los aminoácidos más simples, ha emergido como un lixivante eficiente y ecológico para la lixiviación del cobre. En el presente estudio, se utilizó un sistema lixivante de glicina-peróxido alcalino para lixiviar cobre del concentrado de calcopirita mediante una serie de estudios cinéticos en diferentes condiciones. El tamaño de partícula del concentrado fue P80 40  $\mu\text{m}$ . La concentración de glicina se varió de 0,5 a 3,0 M (relación molar de glicina a cobre de 1,1 a 6,6: 1) y el pH se mantuvo en 11 durante el experimento. La extracción de cobre en 96 h se observó de 13 a 14% con concentraciones de glicina de 0,5 a 2 M, mientras que la extracción de cobre disminuyó a 3 M de glicina. Reconstituyendo la concentración de glicina durante la prueba de lixiviación y agregando hidrógeno peróxido periódicamente, la extracción de cobre con glicina 1 M a las 96 h aumentó de 14 a 21%, respectivamente. Al cambiar la solución de glicina y peróxido de hidrógeno cada 24 h, se logró el 42% de extracción de cobre en 168 h. Con el aumento de la temperatura, la extracción de cobre disminuyó, mientras que la disolución del hierro aumentó. Sulfuro de cobre y sulfato de cobre se encontraron precipitados en el licor de lixiviación a una prueba de 22 ° C. Se observó una fase de sulfato de cobre-hierro escasamente cristalina en el licor de lixiviación a 35 y 45 ° C. Se cree que esta precipitación es uno de los factores para disminuir la recuperación de cobre de la calcopirita.

Huan Li, Elsayed Oraby, Jacques Eksteen (2020), presentan la investigación sobre extracción de cobre y comportamiento de co-lixiviación de otros metales de placas de circuito impreso de desecho utilizando soluciones de glicina alcalina para la extracción de cobre (Cu) de WPCB y el comportamiento de lixiviación de otros metales (Ni, Al, Fe, Pb, Sn, Co, Zn, Au, Ag y Pd). Investigan varios parámetros de lixiviación, incluido el pH inicial, la concentración de glicina, el contenido de sólidos, el oxidante, el tamaño de partícula, la temperatura y el tiempo. Logran una extracción máxima de Cu del 96,5%, con alta coextracción de metales básicos (BM). La extracción de BM dependía del pH de la solución de lixiviación, que estaba altamente correlacionado con otras variables. Indican que la extracción de BM se vio influenciada en gran medida por la concentración de glicina y el contenido de sólidos, mientras que la sensibilidad a la temperatura y el tamaño de las partículas fueron insignificantes. El análisis SEM-EDS del residuo de lixiviación indicó que el Cu no lixiviado puede estar bloqueado en capas inertes, por ejemplo, Sn / materiales de soldadura.

B.C. Tanda, E.A. Oraby, J.J. Eksteen (2017), investigan la recuperación de cobre de una solución de lixiviación de glicina alcalina mediante extracción con disolvente, donde demuestran que las soluciones de glicina en un ambiente alcalino pueden lixiviar el cobre de su óxido, minerales nativos y sulfuros como un complejo de glicinato de cobre. Este artículo explora la recuperación de cobre a partir de sus complejos de glicinato acuosos a pH alcalino mediante extracción con solvente. Extracción con solvente de cobre de licor de glicinato sintético (con aniones sulfato de fondo) que contiene 2 g / L Cu han estudiado usando extractantes Mextral 84H (2-hidroxi-5-nonilacetofenona oxima) y Mextral 54-100 (1-benzoil-2-nonil cetona) con un diluyente de queroseno. Investigan el efecto de diferentes parámetros como el pH de la fase acuosa, las concentraciones de glicina y extractante, el tiempo de equilibrio, la temperatura, la capacidad de carga del extractante y la concentración de ácido sulfúrico como reactivo de stripping. Más del 99,9% de Cu se extrajo con 5% de Mextral 84 H a temperatura



ambiente en una proporción de acuoso a orgánico (A: O) de 2: 1. Manifiestan que en condiciones similares, el 95,87% de Cu fue extraído por 10% Mextral 54-100. El análisis de HPLC para glicina libre indicó que ninguno de los extractantes toma glicina durante el proceso de extracción. Los experimentos de decapado con solución de electrolito usado mostraron que el cobre cargado en Mextral 54-100 se puede quitar completamente en una sola etapa en una proporción O: A de 10: 1 mientras que sólo el 79.95% de Cu se puede quitar de Mextral 84H con las mismas condiciones aplicadas. Realizan la extracción de cobre de lixiviados de muestras de mineral de malaquita y calcopirita con el fin de validar los resultados de extracción de las soluciones sintéticas. Más del 99% de cobre se extrajo del lixiviado de malaquita (que contiene 2620 mg / L Cu) en una sola etapa con Mextral 54-100 al 10% (pH de refinado de 9.76) y Mextral 84H al 5% (pH de refinado de 10.0) a un O: A de 2: 1; sin elementos de impureza recogidos por ninguno de los extractores. En una relación O: A de 2: 1, la extracción de cobre de una sola etapa del lixiviado de calcopirita con 10% de Mextral 54-100 (pH de refinado de 9.87) fue de 93.20% y 95.57% con 5% de Mextral 84H (pH de refinado de 9.91) rechazo de todos los elementos de impureza distintos de Zn en el refinado acuoso. A partir del lixiviado de calcopirita que contiene 2288 mg / L de Cu y 699 mg / L de Zn, encuentran que la coextracción de Zn a la fase orgánica en una relación O: A de 1 era 16.5% para Mextral 54-100 mientras que la coextracción de Zn no observan con Mextral 84H en las condiciones alcalinas.

B.C. Tanda, J.J. Eksteen, E.A. Oraby (2017), investigan sobre el comportamiento de lixiviación de minerales oxidados de cobre en soluciones acuosas alcalinas de glicina, Los minerales de óxido de cobre se extraen normalmente mediante lixiviación ácida seguida de recuperación de cobre con extracción por solvente y electrodeposición. Sin embargo, los depósitos de óxido de cobre que a menudo contienen grandes cantidades de ganga consumible ácida conducen a un consumo de ácido muy alto. Además, si el depósito de óxido también contiene metales preciosos y minerales que contienen hierro, se incurre en costos significativos de neutralización (cal) para establecer las condiciones para la cianuración posterior, con producción concomitante de yeso, formación potencial de jarositas bloqueantes de plata y formación potencial de gel cuando los ácidos interactúan con la capa de silicominales. Además indican que, han empleado un sistema alternativo de glicina alcalina acuosa para evaluar el comportamiento de lixiviación por lotes de muestras de minerales de óxido de cobre de los minerales azurita, crisocola, cuprita y malaquita. Investigaron los efectos de la concentración de glicina y el pH a temperatura ambiente y presión atmosférica. La concentración de glicina y el pH tuvieron un efecto importante en la extracción de cobre. La extracción completa de cobre de azurita se logró en < h de las muestras de minerales azurita, malaquita, cuprita y crisocola, respectivamente. Si bien las velocidades de disolución de los minerales de óxido de cobre son notablemente más lentas que la lixiviación ácida, la disolución selectiva del cobre sobre los minerales de ganga que consumen ácido muestra mucho potencial. Muestran a través de UV-Vis. 6 h cuando la proporción de glicina a cobre era de 8: 1. Sin embargo, una investigación adicional estableció que las condiciones óptimas de lixiviación eran pH 11 y una relación de glicina a cobre de 4: 1. En tales condiciones se extrajo el 95.0%, 91.0%, 83.8% y 17.4% de cobre después de 24 h de los especímenes minerales de azurita, malaquita, cuprita y crisocola, respectivamente. Si bien las velocidades de disolución de los minerales de óxido de cobre son notablemente más lentas que la lixiviación ácida, la disolución selectiva del cobre sobre los minerales de ganga que consumen ácido muestra mucho potencial. Se mostró a través de espectroscopía UV-Vis. que el cobre disuelto está en estado cúprico y forma un complejo de glicinato de cobre neutro en condiciones alcalinas. El estudio ha demostrado que la extracción de cobre de malaquita, azurita y cuprita en soluciones acuosas alcalinas de glicina es rápida, mientras que la extracción de Cu de la crisocola es deficiente y lenta.



Oraby, EA y Eksteen, JJ (2015), presentan la investigación sobre *Lixiviación de oro en soluciones de cobre sin cianuro en presencia de glicina*, donde en la cianuración de minerales de cobre y oro, la presencia de minerales de cobre puede provocar pérdidas de oro soluble, la producción de cianuro disociable en ácido débil (WAD), así como una serie de desafíos operativos en los circuitos CIP / CIL con respecto a la adsorción competitiva. y dificultades posteriores asociadas con la elución, electrodeposición y fundición. Además indican que, los minerales de cobre son importantes consumidores de cianuro, lo que genera un mayor costo en el tratamiento del mineral. En esta investigación presentan un proceso para mejorar la disolución del oro usando soluciones de cianuro de cobre en presencia de glicina donde la solución no contiene cianuro. Estudian el efecto de la adición de glicina sobre la cinética de lixiviación de oro en soluciones de cianuro de cobre en diferentes condiciones de lixiviación. Los resultados muestran que, en presencia de glicina, la velocidad de disolución del oro aumenta significativamente en soluciones que contienen especies de cianuro de cobre a una concentración de cianuro libre muy baja o nula.

Oraby, EA y Eksteen, JJ (2014), investigan la lixiviación selectiva de cobre a partir de un concentrado de oro y cobre en soluciones de glicina, donde indican que la presencia de minerales de cobre con oro conlleva muchos desafíos durante la cianuración de minerales de oro, como un alto consumo de cianuro con baja extracción de oro e impactos indeseables en la recuperación de oro durante los procesos posteriores. Estudian y evalúan un proceso alternativo de lixiviación selectiva para minerales de cobre a partir de concentrado por gravedad de cobre-oro (3.75% Cu, 11.6% Fe, 11.4% S y 0.213% Au) utilizando soluciones alcalinas de glicina. El sistema lixivante que contiene glicina y peróxido mostró que se obtuvo una disolución total de cobre del 98% en 48 h en condiciones ambientales y un pH de 10.5-11. Los resultados muestran que también se disolvió el 100% de calcocita, cuprita, cobre metálico y alrededor del 80% de calcopirita en el concentrado. Pirita permaneció intacto durante el tiempo de lixiviación y se encontró que la concentración de hierro en la solución final preñada era 12 mg / L cuando la solución de cobre es de 4745 mg / L, mientras que la concentración de oro se limitó a 0,8 mg / L de Au. El análisis QEMScan indicó que el cobre no lixiviado en el residuo de lixiviación se distribuyó principalmente entre los granos más grandes de calcopirita y covellita. Estudian los efectos de la lixiviación en una o en dos etapas, el pH, la concentración de oxidante, la densidad de la pulpa y la concentración de glicina en la tasa y extensión de extracción de cobre.

Tanda, BC, Eksteen, JJ, Oraby, EA y O'Connor, GM (2019), investigan la cinética de la lixiviación de calcopirita en soluciones alcalinas de glicina / glicinato, donde indican que investigaciones recientes indicaron el potencial de la glicina en condiciones alcalinas como lixivante del cobre de sus minerales y concentrados. En esta investigación, realizan un estudio sistemático de los efectos de la concentración de glicina, temperatura, oxígeno disuelto, tamaño de partícula, velocidad de agitación, sobre la cinética de lixiviación de calcopirita en glicina alcalina a partir de la cual se derivó un modelo de tasa de ley de potencia para modelar encogimiento de la cinética del núcleo. La reducción de la molienda ultrafina al 100% pasando 10  $\mu\text{m}$  resultó en una mejora extraordinaria en la velocidad de disolución del cobre y en un comportamiento anómalo en comparación con los cambios en las velocidades para partículas de mayor tamaño. El análisis cinético de las dos fracciones de tamaño de partícula indicó que la difusión a través de la capa de producto controlaba la cinética de lixiviación de la calcopirita a temperaturas de 40 ° C y superiores. A 30 ° C, La reacción química contribuyó a limitar el proceso de lixiviación, pero la difusión a través de la capa de producto es dominante. Para la fracción de tamaño de 20 a 38  $\mu\text{m}$ , tanto la difusión de la película líquida como la difusión a través de la capa de



producto limitaron el proceso de lixiviación, aunque la difusión a través de la capa de producto fue significativamente dominante.

## VI. Hipótesis del trabajo

El comportamiento del aminoácido glicina en la lixiviación de mineral oxidado de cobre es muy favorable, permitiendo altas recuperaciones de cobre.

## VII. Objetivo general

Evaluar el comportamiento del aminoácido glicina en la lixiviación de mineral oxidado

## VIII. Objetivos específicos

- Evaluar el efecto del porcentaje de sólidos en la lixiviación de minerales oxidados de cobre en presencia del aminoácido glicina
- Evaluar el efecto del tamaño de partícula en la lixiviación de minerales oxidados de cobre con el aminoácido glicina.
- Evaluar el efecto de la velocidad de agitación en la lixiviación de minerales oxidados de cobre aminoácido glicina.

## IX. Metodología de investigación

El mineral oxidado de cobre será chancado en una chancadora de quijadas de laboratorio, luego pasará por una etapa de molienda y homogeneización, para una posterior etapa de lixiviación.

El proceso de lixiviación se realizará por agitación a nivel de laboratorio donde se retiraran muestras en intervalos de tiempo constantes para su cuantificación en el laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Metalúrgica para su respectivo análisis químico.

Para el diseño de las pruebas experimentales se recurrirá al diseño factorial  $2^k$ , lo que generará el número de pruebas necesarias para determinar la lixiviación de los minerales oxidados de cobre.

## X. Referencias

- Anchapuri, J. (2019). Lixiviación de Minerales Óxidos de Cobre con Reactivo Glicina para Recuperación de Cobre del Yacimiento Pucará. Universidad Nacional Del Altiplano – Puno.
- B.C. Tanda, E.A. Oraby, J.J. Eksteen (2017). Recovery of copper from alkaline glycine leach solution using solvent extraction, Separation and Purification Technology, Volume 187, 2017, Pages 389-396, ISSN 1383-5866, <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2017.06.075>.





- Doyun Shin, Junmo Ahn, Jaeheon Lee, (2019). Kinetic study of copper leaching from chalcopyrite concentrate in alkaline glycine solution. Hydrometallurgy, Volume 183, 2019, Pages 71-78
- Huan Li, Elsayed Oraby, Jacques Eksteen (2020). Extraction of copper and the co-leaching behaviour of other metals from waste printed circuit boards using alkaline glycine solutions, Resources, Conservation and Recycling, Volume 154, 2020, 104624, ISSN 0921-3449, <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104624>.
- Oraby, EA y Eksteen, JJ (2014). La lixiviación selectiva de cobre a partir de un concentrado de oro-cobre en soluciones de glicina. Hidrometalurgia, 150, 14-19. doi: 10.1016 / j.hydromet.2014.09.005
- Oraby, EA y Eksteen, JJ (2015). Lixiviación de oro en soluciones de cobre sin cianuro en presencia de glicina. Hidrometalurgia, 156, 81–88. doi: 10.1016 / j.hydromet.2015.05.012
- Ramírez, M. (2018). Tiosulfato de sodio y glicina-tiosulfato de sodio en la lixiviación de un mineral oxidado con valores metálicos de oro y plata. Universidad de Sonora. División de Ingeniería. Posgrado en Ciencias de la Ingeniería. Hermosillo, Sonora, México.
- Tanda, B. C., Eksteen, J. J., & Oraby, E. A. (2017). An investigation into the leaching behaviour of copper oxide minerals in aqueous alkaline glycine solutions. Hydrometallurgy, 167, 153–162. doi:10.1016/j.hydromet.2016.11.011
- Tanda, BC, Eksteen, JJ, Oraby, EA y O'Connor, GM (2019). La cinética de la lixiviación de calcopirita en soluciones alcalinas de glicina / glicinato. Ingeniería de minerales, 135, 118-128. doi: 10.1016 / j.mineng.2019.02.035

## XI. Uso de los resultados y contribuciones del proyecto

El estudio será de mucha importancia para el tratamiento de minerales oxidados de cobre con el aminoácido glicina y servirá de base para otras investigaciones de lixiviación.

## XII. Impactos esperados

### i. Impactos en Ciencia y Tecnología

La lixiviación del cobre a partir de sus minerales oxidados con el aminoácido glicina se constituye en un método alternativo y servirá de base para nuevas investigaciones y así ingresar a la lixiviación con formación de complejos organometálicos.

### ii. Impactos económicos

El cobre es un metal generador de grandes divisas económicas para nuestra nación, porque posee muchas propiedades físicas y químicas requeridas por la industria.

### iii. Impactos sociales

Se considera como un método alternativo amigable con el medio ambiente,



generando puestos de trabajo especializado.

#### iv. Impactos ambientales

Reducir el consumo de lixiviantes ácidos en el tratamiento de minerales oxidados de cobre y buscar agentes lixiviantes alternativos que no dañen el medio ambiente. La presente investigación no generará impactos negativos en el medio ambiente.

#### XIII. Recursos necesarios

Se requiere de recursos materiales, humanos y financieros.

**Recursos materiales:** mineral oxidado de cobre, chancadora, molino, reactor para agitación, tamices, reactivos químicos, , material de vidrio, depósito de plásticos.

**Recursos humanos:** los responsables de la presente investigación serán los investigadores.

**Recursos financieros:** El financiamiento de la investigación será asumido en parte por fedu y mayormente por los ejecutores.

#### XIV. Localización del proyecto

Se realizará el laboratorio de Organometalurgia de la Escuela Profesional de Ingeniería Metalúrgica de la Universidad Nacional del Altiplano – Puno.

#### XV. Cronograma de actividades

Actividad	Trimestres											
Revisión bibliográfica	X	X	X	X								
Muestreo		X	X									
Análisi químico de muestras de mineral y su caracterización		X	X	X								
Preparación del mineral y equipos para las pruebas de lixiviación			X	X	X	X						
Pruebas de lixiviación				X	X	X	X					
Análisis químico de las soluciones de lixiviación					X	X	X	X				
Evaluacion e interpretación de los resultados							X	X	X	X	X	
Presentación del informe final											X	X

#### XVI. Presupuesto

Descripción	Unidad	de	Costo	Cantidad	Costo	total
-------------	--------	----	-------	----------	-------	-------





	medida	Unitario (S/.)		(S/.)
Revisión bibliográfica				1000,00
Muestreo	kg	50.00	20	1000.00
Análisi químico de muestras de mineral y su caracterización	Químico Mineragráfico	20.00 10000.00	20.00 01	400.00 10000.00
Preparación del mineral y equipos para las pruebas de lixiviación		1000.00	01	1000.00
Pruebas de lixiviación		500.00	20	10000.00
Análisis químico de las soluciones de lixiviación		20.00	100	2000.00
Evaluacion e interpretación de los resultados		500.00	10	5000.00
Presentación del informe final		400.00	01	400.00
<b>TOTAL</b>				<b>30800.00</b>