



ANEXO 1

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

1. Título del proyecto

“RECUPERACIÓN DE ORO A PARTIR DE RAE EN PRESENCIA DE ETILENDIAMINATETRAACETATO DISÓDICO”

2. Área de Investigación

Área de investigación	Línea de Investigación	Disciplina OCDE
Metalurgia	Extractiva	

3. Duración del proyecto (meses)

12 meses

4. Tipo de proyecto

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

5. Datos de los integrantes del proyecto

Apellidos y Nombres	Dra. Carpio Ramos Darssy Argélida
Escuela Profesional	Ingeniería Metalúrgica UNA-Puno
Celular	951825825
Correo Electrónico	dcarpio@unap.edu.pe

- I. Título (El proyecto de tesis debe llevar un título que exprese en forma sintética su contenido, haciendo referencia en lo posible, al resultado final que se pretende lograr. Máx. palabras 25)

RECUPERACIÓN DE ORO A PARTIR DE RAE EN PRESENCIA DE ETILENDIAMINATETRAACETATO DISÓDICO

- II. Resumen del Proyecto de Tesis (Debe ser suficientemente informativo, presentando -igual que un trabajo científico- una descripción de los principales puntos que se abordarán, objetivos, metodología y resultados que se esperan)

Actualmente, la recuperación de oro a partir de RAE (residuos de aparatos electrónicos), es llevado a cabo, usando reactivos, que disuelven el oro en tiempos considerablemente cortos, pero lamentablemente tienen la desventaja de contaminar el medio ambiente; sin embargo, a través de este trabajo de investigación se pretende realizar el mismo trabajo; en presencia de un reactivo económico, reciclable y amigable al medio ambiente, como es el EDTA. El objetivo principal es extraer el oro a partir de chips electrónicos. Siendo sus objetivos específicos:



Determinar el rango de pH adecuado; hallar la concentración de reactivos; Encontrar el tiempo de extracción. Se aplicará el método de investigación experimental. La metodología experimental a desarrollar será usando un diseño factorial 3². En donde las variables independientes serán el pH, la concentración de los reactivos y la temperatura de extracción; mientras que la variable independiente será el porcentaje de extracción del oro. Al finalizar este trabajo de investigación, se espera, aportar a la ciencia, con un nuevo método amigable al medio ambiente, para disolver oro a partir de desechos electrónicos.

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

Celulares, circuito, EDTA, oro, RAE, recuperación

IV. Justificación del proyecto (Describe el problema y su relevancia como objeto de investigación. Es importante una clara definición y delimitación del problema que abordará la investigación, ya que temas cuya definición es difusa o amplísima son difíciles de evaluar y desarrollar)

Uno de los problemas álgidos para recuperar el oro a partir de RAE, es el uso de reactivos, como el ácido clorhídrico, nítrico y sulfúrico; así como el NaCN, que, si bien es cierto, son reactivos eficientes y rápidos; tienen la desventaja que no son amigables al medio ambiente, Algunos autores han mejorado algunas tecnologías a base de complejos que resultan ser más amigables al medio ambiente, sin embargo, sus parámetros son difíciles de controlar; así, se puede recuperar oro desde circuitos impresos de celulares, usando soluciones de tiosulfato en presencia de amoníaco y bajas concentraciones de iones cobre, logrando buenas extracciones. Si bien es cierto, se han creado nuevas tecnologías que ayudan a recuperar el oro, pero hasta ahora no han desarrollado un método con tecnología más limpia. En este trabajo se está proponiendo usar, un nuevo reactivo, amigable al medio ambiente, que tiene numerosas ventajas, como son: Ser reciclable económico, selectivo y al parecer efectivo en la extracción del oro.

V. Antecedentes del proyecto (Incluya el estado actual del conocimiento en el ámbito nacional e internacional. La revisión bibliográfica debe incluir en lo posible artículos científicos actuales, para evidenciar el conocimiento existente y el aporte de la Tesis propuesta. Esto es importante para el futuro artículo que resultará como producto de este trabajo)

Con el rápido avance de la tecnología, se ha podido observar un consumo excesivo de teléfonos móviles en los últimos años; generando chatarra electrónica de las placas de circuito impreso (PCB) de celulares, cuyos dividendos económicos son bastante atrayentes, debido a la presencia de metales como oro, plata, cobre y paladio (Camelino et al., 2015). Sin embargo, difiere la presencia de estos elementos, de acuerdo al fabricante; así, dentro de otros circuitos impresos (PBC) es común encontrar metales como Au, Ag, Cu, Sn y Ni, presentes en las placas de los celulares (Xiang et al., 2018). Algunos países, como Alemania, China etc. se dedican a extraer éstos y otros metales, a partir de los desechos electrónicos, con la finalidad de volverlos a reutilizar.

Uno de los problemas álgidos al recuperar el oro a partir de los desechos electrónicos, es la contaminación del medio ambiente, debido al uso indiscriminado de ácidos fuertes y sales como el NaCN, muy nocivos. Los ácidos como el ácido nítrico y clorhídrico que forman parte del agua regia, el cual tiene la ventaja, de lograr disoluciones rápidas de oro (Wang et al., 2021); sin embargo, es poco selectivo y un peligroso, contaminante del medio ambiente. Por otro lado, el uso del NaCN, el cual es mucho más peligroso que los anteriores, debido a que, a pH ácido, forma el compuesto letal HCN; siendo también sus soluciones letales, para el ser humano, según la Agencia de Protección del medio ambiente de E.E.U.U. (EPA).

En ésta última década se ha observado que algunos investigadores, vienen incursionando en el uso de soluciones complejas, para lixiviar oro a partir de desechos electrónicos; así pues, se puede recuperar oro desde circuitos impresos de PCB de los celulares, usando tiosulfato 0,5-1 M, en presencia de amoníaco al 1,2M, con 0,04M de iones cobre a un pH de 10 y una velocidad de agitación de 300 rpm, logrando recuperaciones de 95,3% (Xiang et al., 2018). Por otro lado, otros autores, han realizado pruebas comparativas entre el tiosulfato de amonio en medio básico. Procediendo a reducir de tamaño las placas a 2mm y luego lixiviar con ácido sulfúrico, para separar el cobre. Usando una concentración entre 0,08M 0,12M de tiosulfato de amonio, y una concentración de hidróxido de amonio entre 0,1-0,2M, a temperatura ambiente, un pH de 10,5; y una concentración de 15 mM de ión cúprico. Por otro lado, la tiourea en solución de ácido sulfúrico, donde la concentración de la tiourea estuvo entre 20-28 g/L, llegando a comprobar que el tiosulfato de amonio recupera un 70% de oro; mientras que, la solución de tiourea solo recupera un 40% de oro.



En realidad, por muchos años se ha venido utilizando el NaCN en la lixiviación de oro, debido a su bajo costo, y fácil tratamiento; Sin embargo, en éstos últimos años se ha realizado estudios termodinámicos que sustenten, la lixiviación de minerales en presencia de iones Cu^{1+} y Cu^{2+} , encontrándose que la asociación de iones afecta la constante de disociación de amoníaco en soluciones que contienen tiosulfato, lo que influye en la concentración de amoníaco libre en la solución. En tal sentido, es de suma importancia conocer la constante de disociación y las constantes de estabilidad (Black, 2006). El principal problema del uso de éste reactivo es el alto consumo de tiosulfato de amonio. Sin embargo, al añadirle un agente quelante, el consumo de tiosulfato se reduce en 17 Kg/ton (Xia et al., 2003). Eso implica también reducir la adición de sulfato de cobre a 0,001M y aumentar la densidad de pulpa de 28,6% a 61,5%. Así mismo reguló el consumo de oxígeno.

De hecho, es necesario crear nuevas tecnologías, amigables al medio ambiente. En aras de coadyuvar a solucionar este problema, es que se propone un nuevo procedimiento alternativo, usando reactivos amigables al medio ambiente, con el propósito de generar tecnologías que cumplan la misma función que los procedimientos convencionales. Es así que, a través del presente trabajo, se pretende disolver oro con sales en presencia de EDTA. La sal etilendiaminetetraacetato disódico EDTA es un agente lixivante muy selectivo y eficaz; este actúa como un agente complejante auxiliar y se une a los metales de transición (Marafi & Rana, 2019). En Puno ya se investigó, como trabajo de maestría, la obtención de iones cobre Cu^{2+} a partir de minerales oxidados de cobre en presencia de etilendiaminetetraacetato disódico, donde se trabajó a un pH de 10, a concentraciones entre 0.047-0,1M de (Carpio, 2013). Así mismo; se realizó un trabajo de investigación de doctorado, en la UNSA- Arequipa acerca de la Cinética de lixiviación de minerales oxidados de cobre con etilendiamina tetraacetato disódico en medio básico (Carpio 2019) En ambos trabajos, se usó mineral del Cerro azoguini.

VI. Hipótesis del trabajo (Es el aporte proyectado de la investigación en la solución del problema)

"Es factible recuperar oro a partir de RAE en presencia de etilendiaminetetraacetato disódico"

VII. Objetivo general

"Recuperar oro a partir de RAE en presencia de etilendiaminetetraacetato disódico"

i. Objetivos específicos

- Determinar el rango de pH
- Encontrar la concentración adecuada de reactivos.
- Hallar el rango de temperatura a la cual se logra una mayor extracción de oro.

VIII. Metodología de investigación (Describir el(los) método(s) científico(s) que se empleará(n) para alcanzar los objetivos específicos, en forma coherente a la hipótesis de la investigación. Sustentar, con base bibliográfica, la pertinencia del(los) método(s) en términos de la representatividad de la muestra y de los resultados que se esperan alcanzar. Incluir los análisis estadísticos a utilizar)

El método que se usará para éste trabajo de investigación, es el de investigación experimental usando un diseño 3^2 . Para lo cual se acopiará placas de circuito impreso PCB; las cuales serán pesadas en una balanza de cinco decimales de precisión. Se trabajará en dos niveles de variables. Seguidamente se tomarán muestras para encontrar la ley de éstas placas. Por otro lado, se pesará los reactivos correspondientes de acuerdo a un cálculo estequiométrico y se preparará 250 mL de solución con concentraciones de EDTA que irán variando su concentración según la prueba se prepararán las soluciones respectivas para las diferentes pruebas. Seguidamente se colocarán en un reactor de plástico con tapa y 3 aberturas para controlar el pH, la temperatura de operación y el otro orificio para sacar alícuotas de muestra. Se agitará con un agitador magnético a 300 rpm hasta disolver el oro contenido en las placas.

Finalmente se desmontará el equipo y se enviará las placas residuales al laboratorio de Análisis de Minerales para analizar el oro residual y por otro lado, el licor de la extracción para determinar su concentración.



Para cumplir con el 2do. Objetivo:

Se procederá de manera similar al caso anterior, pero con la salvedad de que la concentración de EDTA es la variable que irá variando de acuerdo a la prueba. Se tomará alícuotas de muestra, cada cierto tiempo. Finalmente se procederá con los análisis químicos respectivos.

Para cumplir el 3er. Objetivo:

Se procederá a trabajar como en los procedimientos anteriores, pero aquí la temperatura será variable, mientras que los parámetros permanecerán estables. Se tomarán muestras cada cierto tiempo para el análisis químico respectivo.

NOTA: Las pruebas serán susceptibles a ciertos cambios de acuerdo a la disponibilidad de mineral, reactivos en el mercado y de los equipos existentes.

IX. Referencias (Listar las citas bibliográficas con el estilo adecuado a su especialidad)

- Black, S. B. (2006). the Thermodynamic Chemistry of the Aqueous Copper-Ammonia Thiosulfate System. *Applied Catalysis A: General*.
- Camelino, S., Rao, J., Padilla, R. L., & Lucci, R. (2015). Initial Studies about Gold Leaching from Printed Circuit Boards (PCB's) of Waste Cell Phones. *Procedia Materials Science*. <https://doi.org/10.1016/j.mspro.2015.04.013>
- Carpio, D. Obtención de iones Cobre (II) a partir de minerales oxidados de cobre con etilendiaminatetraacetato disódico en medio alcalino. UNA-Puno-Perú
- Carpio, D. Cinética de lixiviación de minerales oxidados de cobre en presencia de etilendiaminatetraacetato disódico en medio básico. UNSA-Arequipa. Perú
- Marafi, M., & Rana, M. S. (2019). Role of EDTA on metal removal from refinery waste catalysts. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*. <https://doi.org/10.2495/WM80131>
- Wang, R., Zhang, C., Zhao, Y., Zhou, Y., Ma, E., Bai, J., & Wang, J. (2021). Recycling gold from printed circuit boards gold-plated layer of waste mobile phones in "mild aqua regia" system. *Journal of Cleaner Production*, 278. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123597>
- Xia, C., Yen, W. T., & Deschenes, G. (2003). Improvement of thiosulfate stability in gold leaching. *Minerals and Metallurgical Processing*. <https://doi.org/10.1007/bf03403135>
- Xiang, P., Zhang, Y., & Liu, Q. (2018). Gold Leaching from Printed circuit Board Scrap with Thiosulfate. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 394(2). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/394/2/022001>

X. Uso de los resultados y contribuciones del proyecto (Señalar el posible uso de los resultados y la contribución de los mismos)

Con éste proyecto de investigación se pretende demostrar que si es posible extraer oro a partir de placas de circuito impreso PCB de los celulares con sales en presencia de solución de etilendiaminatetraacetato disódico, con el consiguiente ahorro considerable en reactivos. Por otro lado, aumentar el acervo bibliográfico de la UNA-Puno.

XI. Impactos esperados

i. Impactos en Ciencia y Tecnología,

Investigar, desarrollar, e impulsar en Puno y en el Perú, tecnologías de punta en el área de metalurgia, proponiendo, nuevos usos de reactivos que sean amigables al medio ambiente y que permitan disolver el oro desde las placas de circuito impreso PCB de los celulares desechados.

ii. Impactos económicos



Ésta nueva alternativa que se está proponiendo a través del presente trabajo de investigación permitirá un ahorro considerable de reactivos debido a que el EDTA es reciclable. Es decir, se puede volver a reutilizar.



iii. Impactos sociales

Este proyecto permitirá generar mayores puestos de trabajo independientes.

iv. Impactos ambientales

Reducir la contaminación del medio ambiente.

XII. Recursos necesarios (Infraestructura, equipos y principales tecnologías en uso relacionadas con la temática del proyecto, señale medios y recursos para realizar el proyecto)

Se requiere un laboratorio metalúrgico provisto de:)

01 pH-metro Metler-Toledo
01 balanza de 05 decimales
01 espectrofotómetro UV01
equipo de rayos x
01 microscopio de barrido electrónico
01 termómetro con registro de datos con un rango de 1-1500°C 01
01 Balón de gas oxígeno
01 agitador mecánico/magnético01
equipo de baño maría
01 destilador de agua
01 reactor conectado a un termostato01
Mufla para copelar oro (1200°C)
01 pipeta serológica de 5ml de cap. Tipo A 01
pipeta serológica de 10 ml de cap. Tipo A02
fiolas de 25 ml de cap. Tipo A
02 fiolas de 50 ml de cap. tipo A 05
fiolas de 1L de capacidad tipo A.01
kitasato de 250 ml de cap.
01 juego de tapones
02 vasos de precipitados de 1L de cap.
02 vasos de precipitados de 2L. de capacidad
01 embudo buchner de porcelana de 5 cm de diámetro01
trompa de agua
01 bomba de aire
06 m. de manguera de jebe
01 embudo de 10 mm de diámetro 01
embudo de 5mm de diámetro 150
frascos de 250 ml de capacidad01 pizeta
01 cronómetro
02 Juegos de papel filtro Watman N° 420
crisoles de porcelana
20 copelas
Reactivos para el trabajo de investigación y para copelación



XIII. Localización del proyecto (indicar donde se llevará a cabo el proyecto)

El proyecto se llevará a cabo en las instalaciones de los laboratorios de Ingeniería Metalúrgica y con apoyo del Centro de Microscopía de barrido electrónico de la UNSA-AREQUIPA

XIV. Cronograma de actividades

Actividad	Trimestres											
	E n e	F e b	M a r	A b r	M a y	J u n	J u l	A g o	S e p	O c t	N o v	D i c
Investigación bibliográfica	X	X	X	X								
Adecuación de equipos y reactivos y pruebas prelim.				X	X	X						
Pruebas experimentales definitivas							X	X	X	X		
Redacción del informe final											X	X

XVI. Presupuesto

Descripción	Unidad de medida	Costo Unitario (S/.)	Cantidad	Costo total (S/.)
EDTA	kg.	420	1	420
NaOH	kg	300	1	300
Sales	kg	80	1	80
Otros (material+ Placas de circuito impreso PCB)	Kg	1100	1	1100
Materiales	Unidades		varios	1000
TOTAL				2900