

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA DE MINAS**

“RECUPERACIÓN DE ORO DE RIPIOS DEL PAD
DE LIXIVIACIÓN PARA AUMENTAR LA
PRODUCCIÓN DE UNA EMPRESA MINERA DE
LA LIBERTAD”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero de Minas

Autor:

Elvis Franco Avila Porcel

Asesor:

Mg. Wilson Gómez Hurtado

<https://orcid.org/0000-0002-3434-3664>

Trujillo - Perú

2024

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	Ronald Antonio Alvarado Obeso	44562630
	Nombre y Apellidos	N.º DNI

Jurado 2	Eduardo Manuel Noriega Vidal	43236142
	Nombre y Apellidos	N.º DNI

Jurado 3	Jorge Omar Gonzales Torres	43703713
	Nombre y Apellidos	N.º DNI

INFORME DE SIMILITUD

1. TESIS_Avila_Elvis_FP_110724.docx

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRINCIPALES

1	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	5%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	3%
3	dspace.espoch.edu.ec Fuente de Internet	1%
4	repositorio.undac.edu.pe Fuente de Internet	<1%
5	Submitted to Universidad Nacional de Trujillo Trabajo del estudiante	<1%
6	Submitted to Universidad Privada del Norte Trabajo del estudiante	<1%
7	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1%
8	alicia.concytec.gob.pe Fuente de Internet	<1%
9	dspace.unitru.edu.pe Fuente de Internet	<1%

Tabla de contenido

Jurado evaluador.....	2
Informe de similitud.....	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO	5
TABLA DE CONTENIDO	6
ÍNDICE DE TABLAS	8
ÍNDICE DE FIGURAS	10
RESUMEN	11
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	13
1.1. Realidad problemática	13
1.2. Formulación del problema	20
1.3. Objetivo	20
1.3.1. Objetivos específicos	20
1.4. Hipótesis	21
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	22
CAPÍTULO III: RESULTADOS	28
3.1. • Determinar la ley de los rípios del pad de lixiviación de una empresa minera de La Libertad	28

3.2. • Desarrollar un plan integral de gestión de ripios que incluya la recolección, transporte y almacenamiento adecuado de los materiales provenientes del pad de lixiviación.	32
3.3. • Diseñar un sistema de procesamiento de ripios que permita extraer el máximo valor de las onzas de oro contenidas en los materiales.	34
3.4. • Determinar las onzas de recuperación de oro de los ripios del pad de lixiviación de una empresa minera de La Libertad.	37
3.5. Análisis de costos	40
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	53
REFERENCIAS	57
ANEXOS	60

Índice de tablas

Tabla 1 Leyes de los minerales tipo A-1 y A-3	28
Tabla 2 Reporte de laboratorio químico	30
Tabla 3 Parámetros para el ensayo metalúrgico	31
Tabla 4 Reporte de % de recuperación de pruebas metalúrgicas	32
Tabla 5 Tonelaje de ripios	33
Tabla 6 Equipos mineros a utilizar	34
Tabla 7 Parámetros de las mallas de riego.....	35
Tabla 8 Parámetros para la humectación de los ripios	36
Tabla 9 Parámetros para obtener flujo de la ley rica	37
Tabla 10 Resultados de onzas obtenidas	37
Tabla 11 Producción de onzas planificado y pronosticado	39
Tabla 12 Historial del precio del oro desde 2019 hasta 2023.....	40
Tabla 13 Producción de la mina aurífera de La Libertad	43
Tabla 14 Variables de la producción del proyecto	44
Tabla 15 Costo de los equipos	45
Tabla 16 Costo de materiales.....	47
Tabla 17 Gasto de personal.....	49
Tabla 18 Costo total de inversión	50
Tabla 19 Flujo de Caja.....	51

Tabla 20 Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR).....	52
Tabla 21 Matriz operacionalización de variables	63
Tabla 22 Matriz de consistencia	64

Índice de figuras

Figura 1	Plano de muestreo y lugar del depósito de ripios.....	29
Figura 2	Gráfica de producciones de onzas planificadas y reales	40
Figura 3	Precio del oro en onzas 2019 - 2023	42
Figura 4	Producción histórica de la mina en estudio.....	43
Figura 5	Cronograma del proyecto.....	46
Figura 6	Diagrama de la cinética y recuperación del oro con cianuro de sodio.....	60
Figura 7	Celdas de riego del pad de lixiviación	61
Figura 8	Excavadora hidráulica haciendo el muestreo de ripios	62
Figura 9	Registro de análisis químico y metalúrgicos.....	65
Figura 10	Registro de prueba en columnas	66
Figura 11	Evaluación de experto No 1	67
Figura 12	Evaluación de experto No 2	68
Figura 13	Evaluación de experto No 3	69
Figura 14	Tractor oruga trabajando	81
Figura 15	Camión minero y tractor oruga	82
Figura 16	Operador verificando válvulas	83
Figura 17	Flujómetro de solución cianurada	84

RESUMEN

El objetivo de la tesis fue determinar la recuperación eficiente de onzas de oro a partir de los rípios del pad de lixiviación, con el fin de aumentar la producción en una empresa minera de La Libertad debido a la escasez de mineral oxidado de alta ley. Para alcanzar la meta anual, se evaluó recuperar oro del inventario del pad, que contiene este tipo de mineral lixivado (rípios). La ley promedio fue de 1,26 g/t de oro, con tasa de recuperación del 74,12 %, estimándose 19472,97 onzas recuperables. También se optimizaron los parámetros del proceso de lixiviación en pilas. Se planificó la recuperación de oro adicional de 651264 toneladas de rípios mediante lixiviación con solución cianurada. Las pruebas metalúrgicas en columnas mostraron tasas de recuperación de 74,12 % para oro, se llegó a obtener una solución promedio con 0,18 g/m³ de oro después de la percolación. Se recuperó un promedio de 19472,97 onzas adicionales, aumentando significativamente la producción, con un valor total de \$39919588,5 a precio de \$2050 por onza de oro. El proyecto requirió una inversión de \$786906,74 y muestra un VAN (Valor Actual Neto) de \$24195125 y una TIR (Tasa Interna de Retorno) del 54,43 %, respaldando su viabilidad económica.

PALABRAS CLAVES: Hidrometalurgia, lixiviación, rípios, ley de oro, onzas.

ABSTRACT

The objective of the thesis was to determine the efficient recovery of ounces of gold from the rubble of the leach pad, in order to increase production in a mining company in La Libertad due to the shortage of high-grade oxidized ore. To achieve the annual goal, it was evaluated to recover gold from the inventory of the pad, which contains this type of leached mineral (rubbles). The average grade was 1,26 g/t gold, with a recovery rate of 74,12%, estimating 19472,97 recoverable ounces. The heap leaching process parameters were also optimized. Additional gold recovery from 651264 tons of gravel was planned by leaching with cyanide solution. Metallurgical tests in columns showed recovery rates of 74,12% for gold, an average solution with 0,18 g/m³ of gold was obtained after percolation. An average of an additional 19472,97 ounces were recovered, significantly increasing production, with a total value of \$3991588,5 at a price of \$2050 per ounce of gold. The project required an investment of \$786906,74 and shows an NPV (Net Present Value) of \$24195125 and an IRR (Internal Rate of Return) of 54,43%, supporting its economic viability.

NOTA

El contenido de la investigación no se encuentra disponible en **acceso abierto**, por determinación de los propios autores amparados en el Texto Integrado del Reglamento RENATI, artículo 12.

Referencias

- Arias, V. (2019). *Tecnologías de refinación de los metales preciosos* (A. Vladimir, Ed.; Segunda). Centro de Producción Imprenta de la UNMSM.
- Artica, J. (2023, July 13). *Producción de oro en el Perú ya no brilla: los factores de su caída a mayo*. Empresa Editora Gestión. <https://gestion.pe/economia/produccion-de-oro-en-el-peru-ya-no-brilla-los-factores-de-su-caida-a-mayo-minem-noticia/>
- Barandiarán, C. (2013). Evaluación de los factores de cianuración del mineral M1 de la mina Lagunas Norte para mejorar la recuperación de oro en la empresa Minera Barrick Misquichilca. *Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann*. <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/2804746>
- Cornejo, Y. (2022). Factibilidad técnico económica en el reproceso de rípios lixiviados de los PADS 1 al 6 en la unidad Minera Quicay I, 2020. *Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión*. <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/3140>
- Cruzado, E., & Quispe, M. (2021). Optimización de la producción de oro, mediante el incremento de la densidad de riego para la lixiviación en una unidad minera en la zona sur del Perú. *Universidad Nacional Mayor de San Marcos*.
- CSH Gold Mine. (2023). *China Gold International Resources Corp. Ltd.: CSH Gold Mine*. CSH Gold Mine. <https://www.chinagoldintl.com/operations/csh/>
- Cuesta, A., Santacruz Santiago Nathanael, T. B., Valdez Rogelio Estalin, U. B., López Christian Orlando, C. C., Barrera Erik Javier, M., Rivera Eduardo Santiago, C. B., Santo Domingo, S., & Domingo, S. (2023). Gold recovery by a proposed heap leaching method, case study Pique Mine, Portovelo-Ecuador. In *RUSSIAN LAW JOURNAL: Vol. XI*.
- Escamilla, M. (2017). *Aplicación básica de los métodos científicos*. <https://www.rua.unam.mx/portal/recursos/ficha/78577/aplicacion-basica-de-los-metodos-cientificos-diseno-no-experimental>.
- Gonzalez, A., Corsino Guerrero, R., Montes, J. C., & Baylon De La Cruz, M. (2022). *Reducción del inventario de Au/Ag en el Pad de Lixiviación 1A de la Mina Shahuindo a través de la Inyección de Cianuro a presión*.
- Hernández, R., Fernández Collado, C., María del Pilar Baptista Lucio, D., & Méndez Valencia Christian Paulina Mendoza Torres, S. (2014). *Metodología de la Investigación* (M. Rocha, Ed.; Sexta Edición). MCGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES.
- Huere, L. (2019). Cinética de lixiviación y recuperación. *Tecsup*.

- Julca, D. (2019). *Optimización del ciclo de carguío y acarreo del tajo al pad de lixiviación para evitar tiempos muertos y reducir costos en una empresa minera de la mediana minería, 2019*. Universidad Privada del Norte.
- Llerena, A. (2013). *Estudio técnico económico para la instalación de una planta de minerales de baja ley por el proceso heap leaching* [Facultad de Ingeniería de Procesos]. Universidad Nacional De San Agustín.
- Marín, E. (2022). *Estudio de Factibilidad para la recuperación de Oro por el método de lixiviación en pilas - cianuración llevado en la planta de beneficio de la empresa Oroconcent S.A, ubicada en el sector El Tablón del Cantón Portovelo en la Provincia de El Oro – Caso de estudio: “Mina Pique”* [Carrera Minas]. Escuela Superior Politécnica De Chimborazo.
- Ortega, C. (2023). *Investigación aplicada: Definición, tipos y ejemplos*. Questionpro.Com. <https://www.questionpro.com/blog/es/investigacion-aplicada/>
- Ospina Correa, J. D., Osorio Cachaya, J. G., Serna Zuluaga, C. M., Mejía Restrepo, E., Giraldo Vélez, C. E., & Posada Montoya, J. A. (2016). Mineralogía del proceso de lixiviación de oro en minerales refractarios con soluciones de tiosulfato. *Informador Técnico*, 80(2), 128. <https://doi.org/10.23850/22565035.482>
- Rumbo Minero. (2017). *Pads de lixiviación: Cuando la minería y la ingeniería se unen*. <https://www.rumbominero.com/revista/informes/pads-de-lixiviacion-cuando-la-mineria-y-la-ingenieria-se-unen/>
- Santiago, L., & Fernández, D. (2019). *Pre-riego de pad de lixiviación: solución para acelerar aporte de onzas de finos e incrementar la extracción de oro - Revista Minería*. Instituto de Ingenieros de Minas Del Peru. <https://www.revistamineria.com.pe/tecnico-cientifico/pre-riego-de-pad-de-lixiviacion:-solucion-para-acelerar-aporte-de-onzas-de-finis-e-incrementar-la-extraccion-de-oro>
- Tafur, M. (2012). Recuperación de oro del mineral carbonáceo M3B con preg robbing aplicando el método Zadra presurizado en el Pad de Lagunas Norte – Minera Barrick Misquichilca S.A. In *Universidad Mayor de San Marcos*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Tiempo Minero. (2022, January 22). *Producción de oro en la región La Libertad es la más importante del Perú a noviembre 2021*. Editor Tiempo Minero J.V. <https://camiper.com/tiempominero-noticias-en-mineria-para-el-peru-y-el-mundo/produccion-de-oro-en-la-region-la-libertad-es-la-mas-importante-del-peru-a-noviembre-2021/>
- Uceda, A. (2016). *Hidrometalurgia-química e ingeniería* (Primera Edición). Crea Ediciones Gráficas EIRL.

Yilmaz, S., Sirkeci, A. A., Bilen, M., & Kizgut, S. (2020). Increasing the heap leach efficiency of Uşak Kışladağ gold ore using nut shell as permeability aid. *Hydrometallurgy*, 198, 105520. <https://doi.org/10.1016/J.HYDROMET.2020.105520>