



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO®



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE DURANGO

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

“Disminución de elementos cianicidas por lixiviación-electrodialisis para evitar altos consumos de cianuro en la lixiviación de oro y plata”

Presenta

Ing. Ayrton Eduardo Álvarez Martínez

Como parte de los requisitos para obtener el grado de:

MAESTRO EN SISTEMAS AMBIENTALES

DIRECTOR DE TESIS

Dr. Jaime Cristóbal Rojas Montes

Victoria de Durango, Dgo, México

Septiembre, 2023



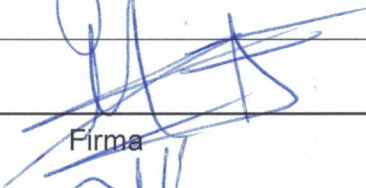


**“Disminución de elementos cianicidas por lixiviación-electrodiálisis para evitar
altos consumos de cianuro en la lixiviación de oro y plata”**

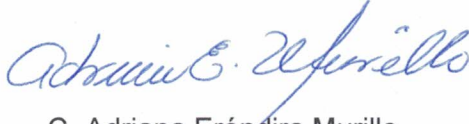
Presenta

Ayrton Eduardo Álvarez Martínez

COMITÉ TUTORIAL

<u>Dr. Jaime Cristóbal Rojas Montes</u> Director de tesis	 Firma
<u>Dr. Víctor Jesús Martínez Gómez</u> Asesor	 Firma
<u>M.C. Rafael Lucho Chigo</u> Asesor	 Firma


C. Rafael Lucho Chigo
**Coordinador de la Maestría en
Sistemas Ambientales**


C. Adriana Eréndira Murillo
**Jefa de la División de Estudios de
Posgrado e Investigación**

Durango, Dgo, México

Septiembre 2023



EDUCACIÓN

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Durango
División de Estudios de Posgrado e Investigación

Victoria de Durango, Dgo., a **11 / Septiembre / 2023.**

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN
DEPI / C / 408 / 23.

ASUNTO: Autorización de Tema de Tesis de Maestría.

C. AYRTON EDUARDO ÁLVAREZ MARTÍNEZ
No. DE CONTROL G12041056
P R E S E N T E .

Con base en el Reglamento en vigor y teniendo en cuenta el dictamen emitido por el Jurado que le fue asignado, se le autoriza a desarrollar el tema de tesis para obtener el **Grado de Maestro en Sistemas Ambientales** cuyo título es:

"Disminución de elementos cianicidas por lixiviación-electrodiálisis para evitar altos consumos de cianuro en la lixiviación de oro y plata"

CONTENIDO:

	RESUMEN
	ABSTRACT
CAPÍTULO I.	INTRODUCCIÓN
CAPÍTULO II.	MARCO TEÓRICO
CAPÍTULO III.	METODOLOGÍA
CAPÍTULO IV.	RESULTADOS
CAPÍTULO V.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
	REFERENCIAS

Sin otro asunto en particular, quedo de Usted.

ATENTAMENTE.

Excelencia en Educación Tecnológica®
"La Técnica al Servicio de la Patria"

Adriana E. Murillo

C. ADRIANA ERÉNDIRA MURILLO
SUBDIRECTORA ACADÉMICA



AER/Mammc



Av. Felipe Pescador #1530 Ote. Col. Nueva Viscaya C.P. 34040 Durango, Durango.
Tel. (51) 2290900 e-mail: dir.durango@tecna.mx tecna.mx | itdurango.edu.mx



2023
Francisco VILLA



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Durango
División de Estudios de Posgrado e Investigación

Victoria de Durango, Dgo., a 11 / Septiembre / 2023

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN
DEPI / C / 409 / 23.

ASUNTO: Autorización de Impresión de Tesis de Maestría.

C. AYRTON EDUARDO ÁLVAREZ MARTÍNEZ
No. DE CONTROL G12041056
P R E S E N T E .

De acuerdo al reglamento en vigor y tomando en cuenta el dictamen emitido por el jurado que le fue asignado para la revisión de su trabajo de tesis para obtener el **Grado de Maestro en Sistemas Ambientales**, esta División de Estudios de Posgrado e Investigación le autoriza la impresión del mismo, cuyo título es:

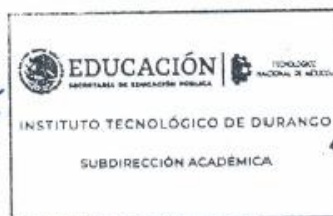
"Disminución de elementos cianicidas por lixiviación-electrodialisis para evitar altos consumos de cianuro en la lixiviación de oro y plata"

Sin otro particular de momento, quedo de Usted.

ATENTAMENTE .

Excelencia en Educación Tecnológica®
"La Técnica al Servicio de la Patria"

C. Adriana Eréndira Murillo
C. ADRIANA ERÉNDIRA MURILLO
SUBDIRECTORA ACADÉMICA



AERM/ammc.



Av. Felipe Pescador #1830 Ote. Col. Nueva Valencia C.P. 34080 Durango, Durango.
Tel. (618) 2290900 e-mail: atc_tecnicos@tecna.mx tecna.mx | itdurango.edu.mx



2023
Francisco
VILLA

LICENCIA DE USO OTORGADA POR AYRTON EDUARDO ALVAREZ MARTÍNEZ, de nacionalidad mexicana, mayor de edad, con domicilio ubicado en Calle Jacinto #105, Fraccionamiento Jardines de Durango, Durango, Dgo., en mi calidad de titular de los derechos patrimoniales y morales y autor de la tesis denominada “Disminución de elementos cianicidas por lixiviación-electrodiálisis para evitar altos consumos de cianuro en la lixiviación de oro y plata” en adelante **“LA OBRA”** quien para todos los fines del presente documento se denominará **“EL AUTOR Y/O EL TITULAR”**, a favor del Instituto Tecnológico de Durango del Tecnológico Nacional de México, y con fundamento en lo dispuesto en los artículos 5, 18, 24, 25, 27, 30, 32 y 148 de la Ley Federal de Derechos de Autor , se establecen las cláusulas siguientes:

PRIMERA –OBJETO: “EL AUTOR Y/O TITULAR”, mediante el presente documento otorga al Instituto Tecnológico de Durango del Tecnológico Nacional de México, licencia de uso gratuita e indefinida respecto de **“LA OBRA”**, para almacenar, preservar, publicar, reproducir y/o divulgar la misma, con fines académicos, por cualquier medio en forma física y a través del repositorio institucional y del repositorio nacional, éste último consultable en la página: (<https://www.repositorionacionalcti.mx/>).

SEGUNDA - TERRITORIO: La presente licencia se otorga, de manera no exclusiva, sin limitación geográfica o territorial alguna, de manera gratuita e indefinida.

TERCERA -ALCANCE: La presente licencia contempla la autorización para formato uso de **“LA OBRA”** en cualquier formato o soporte material y se extiende a la utilización, de manera enunciativa más no limitativa a los siguientes medios: óptico, magnético, electrónico, virtual (red), mensaje de datos o similar conocido por conocerse.

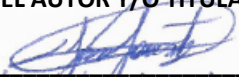
CUARTA – EXCLUSIVIDAD: La presente licencia de uso aquí establecida no implica exclusividad en favor del Instituto Tecnológico de Durango; por lo tanto, **“EL AUTOR Y/O TITULAR”** conserva los derechos patrimoniales y morales de **“LA OBRA”**, objeto del presente documento.

QUINTA – CRÉDITOS: El Instituto Tecnológico de Durango y/o el Tecnológico Nacional de México reconoce que el **“AUTOR Y/O TITULAR”** es el único, primigenio y perpetuo titular de los derechos morales sobre **“LA OBRA”**; por lo tanto, siempre deberá otorgarle los créditos correspondientes por la autoría de la misma.

SEXTA – AUTORÍA: “EL AUTOR Y/O TITULAR” manifiesta ser el único titular de los derechos de autor que derivan de **“LA OBRA”** y declara que el material objeto del presente fue realizado por él, sin violentar o usurpar derechos de propiedad intelectual de terceros; por lo tanto, en caso de controversia sobre los mismos, se obliga a ser el único responsable.

Dado en la Ciudad de Durango, Dgo., a los dos días del mes de septiembre de 2023.

“EL AUTOR Y/O TITULAR”



AYRTON EDUARDO ALVAREZ MARTÍNEZ

Victoria de Durango, Dgo. a 02 de septiembre de 2023

Por este conducto se hace constar que la tesis denominada Disminución de elementos cianicidas por lixiviación-electrodiálisis para evitar altos consumos de cianuro en la lixiviación de oro y plata, del alumno Ayrton Eduardo Álvarez Martínez, con número de control 12041056, estudiante del programa de Maestría en Sistemas Ambientales, revisada por primera vez, se sometió al software Turnitin Similarity para ser examinado, en donde el reporte del software mencionado mostró un porcentaje de 6% de similitud general.

Con base en el reporte de Turnitin, al criterio ético y profesional del director de tesis y al área del programa, se considera que cumple con los criterios de originalidad.

Con base en lo anterior se emite el siguiente dictamen.

Sé autoriza dar inicio a los trámites de obtención de grado.

Atentamente,

Dr. Jaime Cristóbal Rojas Montes

Director de la Tesis

Vo.Bo.

Dr. Víctor Jesús Martínez Gómez

Asesor

M.C. Rafael Lucho Chigo

Asesor

Cp

Alumno

Coordinación del programa

Resumen

El sector minero es una rama de la industria de gran importancia ya que permite extraer diversos elementos del subsuelo muy importantes para el desarrollo humano, así como, tener mayor calidad de vida. A nivel nacional, los principales estados mineros son los del norte, principalmente Sonora, Chihuahua, Zacatecas y Durango. La minería permite la obtención de oro y plata, llamados metales preciosos debido a su escasez en el planeta y de muy alto interés por sus características únicas como el color, conductividad eléctrica, entre otras.

Dentro de la minería se utilizan químicos para recuperar oro y plata, principalmente soluciones de cianuro que forma complejos con los metales preciosos para su posterior tratamiento. Siendo esta técnica conocida como lixiviación por cianuro o cianuración, obteniendo altos porcentajes de recuperación de oro. Sin embargo, el cianuro resulta ser altamente tóxico y representa un peligro medio ambiental considerable ya que puede contaminar el suelo y el agua, lo que imposibilita el uso de estos.

Asimismo, dentro de los minerales obtenidos por el proceso de concentración, se encuentran otros elementos iónicos metálicos que reaccionan con el cianuro aumentando su consumo y, por ende, el peligro medioambiental que este representa. Es por ello, que una forma de resolver este problema es disminuyendo la presencia de estos agentes cianicidas mediante técnicas electroquímicas, principalmente electrodiálisis, la cual permite remover iones metálicos presentes en el concentrado minero. Debido a esto, este trabajo de investigación se enfocará en remover iones cianicidas (hierro, cobre y zinc) mediante electrodiálisis, lo cual permitirá utilizar menos cianuro en el proceso de lixiviación.

Abstract

The mining sector is a branch of industry of great importance since it allows the extraction of various elements from the subsoil, which are crucial for human development and a higher quality of life. At the national level, the main mining states are in the north, primarily Sonora, Chihuahua, Zacatecas, and Durango.





Mining enables the extraction of gold and silver, known as precious metals due to their scarcity on the planet and their unique characteristics such as color and electrical conductivity, among others.

Within mining, chemicals are used to recover gold and silver, primarily cyanide solutions that form complexes with precious metals for further treatment. This technique is known as cyanide leaching or cyanidation, resulting in high recovery percentages. However, cyanide is highly toxic and poses a significant environmental risk as it can contaminate soil and water, rendering it unusable.

Additionally, within the obtained minerals, there are other ionic metallic elements that react with cyanide, increasing its consumption and, therefore, the environmental risk it represents. Therefore, one way to address this problem is by reducing the presence of these cyanide-consuming agents through electrochemical techniques, primarily electrodialysis, which allows for the removal of metallic ions present in the mineral concentrate. Due to this, this research will focus on removing cyanide-consuming ions (iron, copper, and zinc) through electrodialysis, which will allow for the use of less cyanide in the leaching process.

