



# **TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO**

## **INSTITUTO TECNOLÓGICO DE DURANGO**

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

**“Mediciones trazables de hierro, plomo y flúor en efluentes de la industria del procesamiento de minerales”**

**TESIS**

Como parte de los requisitos para obtener el grado de

**MAESTRO(A) EN SISTEMAS AMBIENTALES**

Presenta

**ANA CRISTINA ÁVILA VÁZQUEZ**

Victoria de Durango, Dgo.

Septiembre, 2021



“Mediciones trazables de hierro, plomo y flúor en efluentes de la industria del procesamiento de minerales”

Por

Ana Cristina Ávila Vázquez

## COMITÉ TUTORIAL

### DIRECTOR DE TESIS

Dr. Jaime Cristóbal Rojas Montes

### CO-DIRECTOR

Dra. Lucía Cano Salazar

### ASESORES

Dr. Alfredo de Jesús Martínez Roldán

Dr. Víctor Jesús Martínez Gómez

M.C. Rafael Lucho Chigo



Instituto Tecnológico de Durango  
División de Estudios de Posgrado e Investigación

Victoria de Durango, Dgo., a **27 / Mayo / 2021.**

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN  
DEPI / C / 186 / 21.

**ASUNTO:** Autorización de Impresión de Tesis de Maestría.

**C. ANA CRISTINA ÁVILA VÁZQUEZ**  
**No. DE CONTROL G19040515**  
**PRESENTE.**

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 Maestra en Sistemas Ambientales**, esta División de Estudios de Posgrado e Investigación le autoriza la impresión del mismo, cuyo título es:

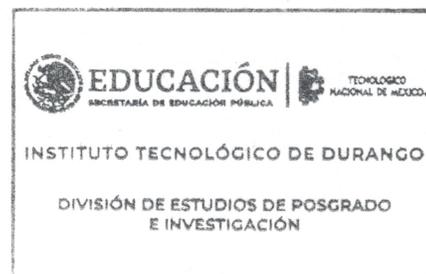
**“Mediciones trazables de hierro, plomo y flúor en efluentes de la industria del procesamiento de minerales”**

Sin otro particular de momento, quedo de Usted.

**ATENTAMENTE.**

*Excelencia en Educación Tecnológica*  
*“La Técnica al Servicio de la Patria”*

**C. ADRIANA ERÉNDIRA MURILLO**  
**JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE**  
**POSGRADO E INVESTIGACIÓN**



AERM'amm.



Fecha de Validación: 2015.12.21  
Fecha de Última Cierre: 2015.12.21  
Fecha de Revalidación: 2017.12.21  
Fecha de Terminación: 2021.12.21  
RSIC 957

El presente es un documento  
no válido si no se acompaña del  
libro y Sello profesional al ser otorgado.

Av. Felipe Pescador 1830 Ote. Col. Nueva Vizcaya,  
C.P. 34080, Durango, Dgo. Tel. (618) 8-29-09-00  
email: dir\_itdurango@tecnm.mx  
tecnm.mx | itdurango.edu.mx





# 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 **31 / Agosto / 2021.**

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN  
DEPI / C / 185 / 21.

**ASUNTO:** Autorización de Tema de Tesis de Maestría.

**C. ANA CRISTINA ÁVILA VÁZQUEZ**  
**No. DE CONTROL G19040515**  
**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 Maestra en Sistemas Ambientales** cuyo título es:

**“Mediciones trazables de hierro, plomo y flúor en efluentes de la industria del procesamiento de minerales”**

**CONTENIDO:**

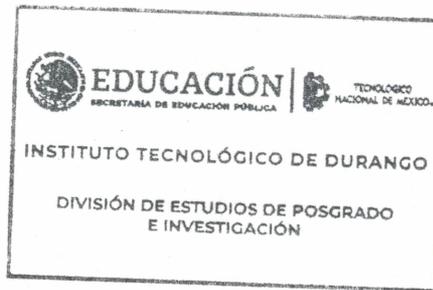
CAPÍTULO I.	INTRODUCCIÓN
CAPÍTULO II.	MARCO TEÓRICO
CAPÍTULO III.	MATERIALES Y MÉTODOS
CAPÍTULO IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN
CAPÍTULO V.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
	REFERENCIAS

Sin otro asunto en particular, quedo de Usted.

**ATENTAMENTE .**

*Excelencia en Educación Tecnológica.*  
*“La Técnica al Servicio de la Patria”*

**C. ADRIANA ERÉNDIRA MURILLO**  
**JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE**  
**POSGRADO E INVESTIGACIÓN**



AERM'ammc.



Fecha de Inicio: 2016.12.21  
Fecha de Última Cita: 2016.12.21  
Fecha de Reevaluación: 2018.07.20  
Fecha de Terminación: 2021.12.31  
ASGC 957

Av. Felipe Pescador 1830 Ote. Col. Nueva Vizcaya,  
C.P. 34080, Durango, Dgo. Tel. (618) 8-29-09-00  
email: dir\_itdurango@tecnm.mx  
tecnm.mx | itdurango.edu.mx



## **Resumen**

El sector minero-metalúrgico tiene un papel clave en la economía, sin embargo, las actividades desarrolladas por este sector presentan un gran inconveniente, ya que los productos que se obtienen o se relacionan con dicha actividad suelen tener un impacto negativo en el medio ambiente. Uno de los aspectos mayormente afectado es el recurso hídrico, por ejemplo, los efluentes generados por el sector minero-metalúrgico. El conocimiento de las características y la composición de estos es de vital importancia para prevenir o controlar la contaminación en el medio ambiente. Por lo cual es necesario contar con las metodologías analíticas adecuadas para la cuantificación de las concentraciones de un elemento en particular en los efluentes. A pesar de que se dispone de diversas metodologías analíticas, que abarcan desde técnicas relativamente sencillas hasta técnicas más sofisticadas, no siempre pueden ser utilizadas ya sea por el costo de los equipos o por la dificultad del análisis de algunos tipos de matrices específicas. Debido a esto surge la necesidad de contar con una serie de metodologías que se puedan adaptar a las diferentes necesidades, por lo cual en este trabajo se desarrollaron y validaron una serie de técnicas analíticas para la cuantificación de la concentración de flúor, hierro y plomo presente en soluciones acuosas, así como también se determinaron los límites de detección de estas técnicas y si existen elementos que puedan interferir en la determinación elemental.

## **Abstract**

The mining-metallurgical sector plays a key role in the economy; however, the activities carried out by this sector present a major drawback, since the products obtained or related to this activity often have a negative impact on the environment. One of the aspects most affected is the water resource, for example, the effluents generated by the mining-metallurgical sector. Knowledge of the characteristics and composition of these effluents is of vital importance to prevent or control pollution in the environment. It is therefore necessary to have the appropriate analytical methodologies for quantifying the concentrations of a particular element in effluents. Although various analytical methodologies are available, ranging from relatively simple to more sophisticated techniques, they cannot always be used either because of the cost of the equipment or because of the difficulty of analyzing some types of specific matrices. Because of this, the need arises to have a series of methodologies that can be adapted to different needs, so in this work a series of analytical techniques were developed and validated for the quantification of the concentration of fluoride, iron, and lead present in aqueous solutions, as well as determining the detection limits of these techniques and whether there are elements that can interfere in the elemental determination.