

**Efectividad de los métodos de control de los desechos de cianuro en los
residuos de minería**

Sebastián Ciro & Mayerly Ramírez.
Mayo 2019.

Convenio Universidad Ean – Universidad del Tolima
Tolima
Seminario de Investigación

Aprobación

Aprobado por el docente de la asignatura Jorge Ernesto Ochoa Montes, en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Universidad Ean para optar por el título de Especialista en Gestión de la seguridad y salud en el trabajo.

JORGE ERNESTO OCHOA MONTES
Jurado

Ibagué, Tolima

Tabla de Contenidos

iii

Tema	1
Problema de Investigación.....	1
Objetivos	4
Objetivo General.....	4
Objetivos Específicos.....	4
Justificación	5
Tipo de Estudio.....	8
Marco de Referencia.....	9
Marco Teórico.....	9
Marco Conceptual.....	10
Marco Legal	11
Hipótesis	12
Pruebas Estadísticas.....	12
Muestra y Métodos de Muestreo.....	12
Recolección y Procesamiento de la Información.....	13
Cronograma de Actividades.....	14
Presupuesto.....	15
Recuperación de la Inversión.....	16
Bibliografía	17

Tema

Efectividad de los métodos de control de los desechos de cianuro en los residuos de minería.

Problema de Investigación.

La extracción de oro en Colombia representa uno de los principales motores en la economía del país, siendo esta una de las principales fuentes de ingreso de poblaciones como Chocó, Antioquia, Tolima, Nariño, Caldas y Cauca. En el año 2017 el país exportó alrededor de 41 toneladas de oro, siendo Colombia uno de los 15 países del mundo con mayor envío de oro hacia el exterior. Sin embargo, la explotación de este mineral se realiza de manera precaria y en regiones como Antioquia se utiliza el cianuro para su extracción; químico de alta peligrosidad, no solo para los ecosistemas sino para la población expuesta.

La técnica de extracción del oro con cianuro se denomina cianuración, la cual se viene implementando desde hace casi un siglo y consiste en agregar solución lixivante que en algunos casos es cianuro concentrado y en otros es cianuro con sales como cloruros y nitratos los cuales se ponen en contacto con el oro finamente molido a través de una precipitación química, permitiendo una recuperación del oro de más del 90%. Esta técnica pone en riesgo a los trabajadores y a la población expuesta ya que el consumo de agua con una sola gota de cianuro, atentaría con la vida misma de cualquier persona de manera inmediata.

Las cantidades de cianuro utilizadas en minería tardan tiempo indeterminado en degradarse y muchas veces no lo hacen en su totalidad, generando consecuencias fatales para los trabajadores y en general para cualquier ser vivo que tenga contacto con esta sustancia, ya que el cianuro puede cambiar su composición química dificultando su detección. Así mismo, científicos han creado controles para eliminar el cianuro residual, sin embargo, no se tiene certeza de que estos controles sean efectivos ni del porcentaje de eliminación del cianuro razón por la cual es indispensable que se hagan estudios específicos que determinen la eficiencia de estos controles.

Además de la peligrosidad de utilizar el cianuro en la explotación del oro, Colombia no cuenta con medidas de contingencia eficaces en caso de derrames, intoxicación y posibles accidentes, dejando a los mineros vulnerables y desprotegidos frente a este riesgo.

Siendo Colombia un país con un alto índice de pobreza, la explotación del oro es una actividad desarrollada por campesinos, quienes su única opción de sustento es la minería, sin embargo, las condiciones laborales que el desarrollo de este trabajo ofrece, son aún muy primarias y para mitigar sus riesgos, Colombia deberá diseñar políticas económicas sociales y de salud que eliminen el uso de cianuro en la extracción del oro.

Por lo anterior, se hace necesario plantear la pregunta problema que encamine el desarrollo de este trabajo, la cual será:

¿Qué tan eficientes son los controles de eliminación del cianuro residual en la minería para la extracción de oro?

Objetivos

Objetivo General.

Evaluar los métodos de control de los desechos de cianuro en los residuos de la minería resultantes del proceso de cianuración en la extracción de oro.

Objetivos Específicos.

1. Comparar los diferentes métodos de control de los desechos de cianuro en los residuos de la minería.
2. Establecer criterios de efectividad en los métodos de control de los desechos de cianuro en los residuos de minería.
3. Demostrar el efecto de los métodos de control de cianuro en los residuos de minería.

Justificación

Colombia es un país exótico para el mundo, posee gran variedad de recursos naturales debido a su diversidad topográfica dentro de ellos está el petróleo, carbón, níquel, gas natural y oro. Lo que hace del territorio Colombiano un potencial atractivo de inversión, actualmente se encuentra ubicado en el puesto 48 entre 83 jurisdicciones en lo referente al índice de atracción de inversión minera. Un estudio demuestra que la percepción sobre Colombia como destino de inversión por parte de las empresas mineras mejoró en el último año. (González, 2019)

La política pública como impuestos y regulaciones son factores claves en el momento de iniciar la extracción de un mineral, debido que afectan la inversión en la exploración. Por otra parte, Chile se transforma en el país más atractivo dentro de América Latina para invertir en minería; lo anterior gracias a la implementación de buenas prácticas mineras. (MiningPress, 2018).

A pesar de que Colombia posee riqueza en recursos naturales especialmente en agua y biodiversidad, estos no han sido apreciados de manera correcta en el país. Durante los últimos gobiernos se ha impulsado un modelo extractivista no renovable, que simplemente se ha sintetizado en el incremento de la actividad sin medir daños, preservar el medio ambiente y mitigar el impacto ambiental y social que este genera. Adicional a esto, el otorgamiento indiscriminado de títulos mineros y en consecuencia el aumento de empresas que no se encuentran preparadas para dicha ejecución, son entregadas a las empresas sin importar que para desarrollar este tipo de actividades se requiere experticia,

tecnología, recursos financieros, cumplimiento ambiental y responsabilidad social. Existen leyes claras que respaldan el desarrollo de una minería amigable con el entorno, pero no existe una planificación y claridad de las reglas para el uso de las áreas estratégicas del país, responsabilidad por parte de las autoridades ambientales y finalmente adoptar medidas dirigidas a su conservación y uso sostenible.

Existe una falta de comunicación entre las empresas mineras y las poblaciones locales que se ven vulneradas por dicha actividad, lo que ha ocasionado que municipios del país como el sureste antioqueño, producto del marginamiento en la toma de decisiones y el evidente daño ocasionado por la minería, busque los medios para prohibirla en su territorio, lo que representa falta de planificación por parte del gobierno nacional y ausencia de respeto por parte de las empresas que solo buscan obtener su propio beneficio.

El grave impacto que está ocasionando la minería en el país, pone en evidencia la falta de intervención por los entes encargados de regular. La eficacia con que se le proporciona a las empresas licencias ambientales que respaldan el correcto manejo garantizando la adopción de medidas adecuadas dirigidas a prevenir, mitigar, manejar, corregir y compensar los impactos que genera la actividad minera en materia ambiental, social, cultural y económica. Esta situación requiere el implementar medidas de mayor rigor, establecer límites en pro de evitar daños pasivos que se verán evidenciados en años futuros de manera social y ambiental y por último reevaluar la finalidad de los instrumentos administrativos de manejo y control ambiental.

En ese orden de ideas, ante la evidente ausencia de planificación, ordenamiento, gestión, control y seguimiento sobre los procesos de deterioro de los recursos naturales renovables y no renovables por parte de las entidades ambientales y mineras a cargo de su regulación, planificación y administración y atendiendo que los recursos naturales pertenecen al Estado. (Garay, 2013. Pág. 54).

En la minería el método de cianuración, es el más utilizado para la extracción de oro y plata y consiste en la disolución de los materiales en una solución alcalina diluida de cianuro. Cabe resaltar que el cianuro es considerado un potencial contaminante que ha ocasionado problemas ambientales. Hoy en día se sigue utilizando ampliamente debido a su bajo costo y simplicidad, lo que causa preocupación por quienes están expuestos a los residuos generados por este proceso y confusión debido a que existen normas ambientales y entidades que verifican su cumplimiento.

Tipo de Estudio

El tipo de estudio de este trabajo será experimental, toda vez que busca establecer con mayor seguridad, la relación causa-efecto de las variables determinantes en los controles de eliminación de cianuro residual en la extracción del oro.

La investigación experimental fue una de las primeras formas que los humanos desarrollaron, cuando gracias a las pruebas de ensayo-error, lograron descubrir que al enterrar una semilla esta germinaba dando paso a la agricultura. Por lo que el experimentar hace parte fundamental de nuestra vida de nuestro desarrollo y evolución.

La investigación experimental se caracteriza por realizar experimentos en condiciones similares, idénticas o diferentes, para conocer el cómo y el porqué de una situación concreta.

Particularmente esta investigación pretende tomar muestras para evaluar los desechos de cianuro en los residuos de la minería del oro y compararlas con los métodos de control que hasta el momento se han llevado a cabo evaluando su efectividad, por lo que con este estudio no solo se identifican las variables experimentales, sino que se controlan y se manipulan con el fin de observar los resultados y efectos.

La investigación experimental es sistémica y controlada y su propósito se enfoca en predecir y controlar los fenómenos examinando las probabilidades de su ocurrencia y la causalidad ente las variables seleccionadas.

Marco de Referencia.

Marco Teórico

Proceso de Cianuración para la extracción de plata y oro.

En el proceso de cianuración para la obtención de oro y plata a partir de sus vetas el análisis del cianuro es una operación compleja y de gran importancia para su control y para la descarga de sus efluentes. El cianuro se encuentra formado de diferentes compuestos, cada uno de ellos con diferente estabilidad y, por lo tanto, diferente toxicidad, diferente método de análisis y diferente método de eliminación.

Métodos químicos para la remoción de cianuro presente en residuos de cianuración provenientes del proceso de extracción de oro.

El cianuro es altamente tóxico, sin embargo, puede ser sometido a una degradación química, natural o biológica para disminuir su poder contaminante, dentro de los métodos químicos se tienen:

- **Precipitación con Sulfato Ferroso:** Este proceso es usado para transformar el cianuro libre a ferrocianuro y/o ferricianuro que son compuestos más estables considerados de baja toxicidad y se realiza un pH óptimo de 7.5 – 10.5 y el hierro se adiciona como sulfato ferroso.
- **Oxidación con Peróxido de Hidrógeno:** Este es un proceso nuevo y simple, con mínimos requisitos de supervisión y bajos costos; el peróxido de hidrógeno es un compuesto no tóxico y altamente oxidante que puede romper fácilmente el compuesto de cianuro.

- **Tratamiento con Hipoclorito de Calcio:** consiste en la oxidación de cianuro a cianato de calcio y luego a pH ácido, éste se descompone en amoníaco y bicarbonato; el uso de estos productos tiene desventajas como la formación de compuestos tóxicos como cloruro de cianógeno y organoclorados; se libera al medio ambiente cloro residual y cloruros, requiere condiciones alcalinas fuertes y el consumo del oxidante puede ser muy alto.

Uso de la rizofiltración para el tratamiento de efluentes líquidos de cianuración que contienen cromo, cobre y cadmio.

La rizofiltración, es una técnica alternativa de fitoremediación, que usa raíces de plantas para descontaminar aguas o efluentes líquidos. Se puede usar para el tratamiento de soluciones contaminadas con metales pesados, ya que es una de las opciones que presenta el mejor costo-beneficio respecto a otros métodos mecánicos o químicos empleados con los mismos fines.

Marco Conceptual

- **Cianuro:** Sal del ácido cianhídrico, el cual es un potente veneno.
- **Cianuración:** Es una técnica metalúrgica para la extracción de oro de mineral baja calidad, que busca convertir el oro (insoluble en agua) en aniones metálicos complejos de aurocianida, solubles en agua mediante un proceso denominado lixiviación.

- **Lixiviación:** también conocida como extracción sólido-líquido es un proceso en el que un disolvente líquido pasa a través de un sólido pulverizado para que se produzca la disolución de uno o más de los componentes solubles del sólido.
- **Disolvente:** es una sustancia química en la que se diluye un soluto (un sólido, líquido o gas químicamente diferente), resultando en una disolución.
- **Disolución:** es una mezcla homogénea a nivel molecular o iónico de dos o más sustancias puras que no reaccionan entre sí, cuyos componentes se encuentra en proporciones variables.

Marco Legal

- **Decreto 1594 de 1984:** Uso del agua y residuos líquidos. En sus artículos 16, 17 y 18 la definición de toxicidad normal, aguda y crónica respectivamente.
- **Ley 9 de 1979:** Protección del Medio Ambiente, se estipulan normas generales, procedimientos y medidas para la protección del medio ambiente en el artículo 1 y 2. En los artículos 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9 se da todas las especificaciones del control sanitario de los usos del agua. Se estipula el proceso de control de los residuos líquidos en los artículos 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20 y 21.
- **Decreto 2811 de 1974:** Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente.

Hipótesis

Ho: Los controles existentes para la cianuración reducen la toxicidad de los residuos de la extracción del oro en la minería.

Ha: Los controles existentes para la cianuración no reducen la toxicidad de los residuos de la extracción del oro en la minería.

Pruebas Estadísticas

Para el presente estudio se desea evaluar la efectividad de los métodos de control de los desechos contaminados con cianuro, provenientes de la extracción del oro.

Las variables del estudio son continuas, debido a que el resultado arrojado en el análisis de la muestra se representa con decimales; los cuales infieren bastante y son significativas. Se evalúan por medio de la prueba estadística t-student (comparación de porcentajes)

Muestra y Métodos de Muestreo.

Se define la muestra como los residuos causados por el proceso de Cianuración en las minas de extracción de oro en Colombia (puede haber también otros minerales como plata y cobre, pero esta investigación se centra solo en el oro). Para la toma de las muestras se requiere hacer un método probabilístico de Muestreo Polietápico ya que se desea investigar cada una de las etapas de estos residuos, por etapas se hace referencia a los residuos que no hayan sido tratados con ningún

control existente y aquellos residuos que han sido tratados con el método 1,2,3 o 4 respectivamente.

Recolección y Procesamiento de la Información.

La recolección de la información es de fuentes secundarias, basados en investigaciones científicas ya publicadas las cuales explican los diferentes métodos de controles que se usan para eliminar el cianuro de los residuos del proceso de cianuración.

Si es necesario para el progreso de la investigación se hará uso de técnicas de entrevista vía internet, correo y telefónica con investigadores que tengan mayor conocimiento y experiencia en el tema de los controles de residuos del proceso de cianuración.

Presupuesto.

EGRESOS (Pesos Colombianos).				INGRESOS (Pesos Colombianos).			
Nomina.	Tiempo (mes).	Salario (mes).	Salario (año)	Aportes.	Porcentaje (%).	Egreso Total.	Inversión.
Ingeniero Químico.	12	\$ 1.500.000	\$ 18.000.000	Institución de Apoyo	100%	\$ 77.430.000	\$ 77.430.000
Técnico Químico 1.	12	\$ 1.000.000	\$ 12.000.000	TOTAL INGRESO POR APORTES.			\$ 77.430.000
Técnico Químico 2.	12	\$ 1.000.000	\$ 12.000.000				
Pasante Sena Químico.	8	\$ 900.000	\$ 7.200.000				
TOTAL EGRESO NÓMINA.			\$ 49.200.000				
Planta.	Tiempo (mes).	Arriendo (mes).	Arriendo (año).				
Laboratorio.	12	\$ 800.000	\$ 9.600.000				
TOTAL EGRESO PLANTA.			\$ 9.600.000				
Servicios.	Tiempo (mes).	Costo (mes).	Costo(año.)				
Internet.	12	\$ 50.000	\$ 600.000				
Luz	12	\$ 70.000	\$ 840.000				
Agua.	12	\$ 40.000	\$ 480.000				
Arriendo Camioneta.	2	\$ 800.000	\$ 1.600.000				
TOTAL EGRESO SERVICIOS.			\$ 3.520.000				
Equipo.	Cantidad(uni).	Costo(uni).	Costo(total).				
Computador Personal.	3	\$ 1.600.000	\$ 4.800.000				
Escritorio.	3	\$ 450.000	\$ 1.350.000				
Silla Ergonómica.	3	\$ 150.000	\$ 450.000				
Kit de toma de muestras.	2	\$ 2.000.000	\$ 4.000.000				
Herramientas de Lab.	2	\$ 1.500.000	\$ 3.000.000				
TOTAL EGRESO EQUIPO.			\$ 13.600.000				
Gastos Varios.	Cantidad(uni).	Costo(uni).	Costo(total).				
Viáticos Viaje.	3	\$ 100.000	\$ 300.000				
Fotocopias.	200	\$ 50	\$ 10.000				
Caja Menor	12	\$ 100.000	\$ 1.200.000				
TOTAL EGRESO GASTOS VARIOS.			\$ 1.510.000				
TOTAL EGRESOS TOTALES.			\$ 77.430.000	TOTAL INGRESOS TOTALES.		\$ 77.430.000	

Recuperación de la Inversión.

Equipo.	Vida Útil (año).	Valor Inicial.	Depreciación(%).	Valor Final.	Cantidad (uni)	Recuperación.
Computador Personal.	5	\$ 1.600.000	80%	\$ 1.280.000	3	\$ 3.840.000
Escritorio.	10	\$ 450.000	90%	\$ 405.000	3	\$ 1.215.000
Silla.	10	\$ 150.000	90%	\$ 135.000	3	\$ 405.000
Kit Herramientas Toma de Muestras.	5	\$ 2.000.000	80%	\$ 1.600.000	2	\$ 3.200.000
Heraamientas de Lab	5	\$ 1.500.000	80%	\$ 1.200.000	2	\$ 2.400.000
RECUPERACIÓN TOTAL DE INVERSIÓN POR EQUIPOS.						\$ 11.060.000

Bibliografía

González, J. (2019, febrero 28). Colombia recupera 16 posiciones en el Índice de Atracción de Inversión Minera. La república. Recuperado de <https://www.larepublica.co/economia/colombia-recupera-16-posiciones-en-el-indice-de-atraccion-de-inversion-minera-2834343>.

Informe fraser 2017: Finlandia destino predilecto de la inversión minera. Chile favorito en la región. MiningPress. Recuperado de <http://www.miningpress.com/nota/314659/informe-fraser-2017-finlandia-destino-predilecto-de-la-inversion-minera-chile-favorito-en-la-region>

Garay, L (2013, mayo). Minería en Colombia fundamentos para superar el modelo extractivista. Contraloría general de la república. Recuperado de <https://www.las2orillas.co/wp-content/uploads/2013/07/informeMINERIAluisjorgegaray.pdf#page=82>

Nava, F. Elorza, E. Uribe, A. & Pérez, R. (2007, ene-feb). Análisis químico de cianuro en el proceso de cianuración: revisión de los principales métodos. Revista de Metalurgia, 43 (1) Recuperado de file:///C:/Users/GOLDEN/Downloads/48-48-1-PB.pdf

Estudio de métodos químicos de remoción de cianuro presente en residuos de cianuración provenientes del proceso de extracción de oro de veta en el departamento de Nariño

(http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-24742010000200002&lng=en&tlng=en&fbclid=IwAR1p7HbUPqDtOobOnqZKVCynSIGfbu-XXK1_fqY6oZL5Y8xk7h8aGG38x9rE#)

Uso de la rizofiltración para el tratamiento de efluentes líquidos de cianuración que contienen cromo, cobre y cadmio (<http://www.rlmm.org/archivos/S01/N2/RLMMArt-09S01N2-p871.pdf>)

LICENCIA DE USO – AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES

Actuando en nombre propio identificado (s) de la siguiente forma:

Nombre Completo Juan Sebastián Ciro Zárate

Tipo de documento de identidad: C.C. T.I. C.E. Número: J.110.503.534

Nombre Completo Mayerly Johanna Ruznez Guevara

Tipo de documento de identidad: C.C. T.I. C.E. Número: J.110.536.179

Nombre Completo _____

Tipo de documento de identidad: C.C. T.I. C.E. Número: _____

Nombre Completo _____

Tipo de documento de identidad: C.C. T.I. C.E. Número: _____

El (Los) suscrito(s) en calidad de autor (es) del trabajo de tesis, monografía o trabajo de grado, documento de investigación, denominado:

Efectividad de los métodos de control de los desechos de cianuro en los residuos de minería.

Dejo (dejamos) constancia que la obra contiene información confidencial, secreta o similar: SI NO
(Si marqué (marcamos) SI, en un documento adjunto explicaremos tal condición, para que la Universidad EAN mantenga restricción de acceso sobre la obra).

Por medio del presente escrito autorizo (autorizamos) a la Universidad EAN, a los usuarios de la Biblioteca de la Universidad EAN y a los usuarios de bases de datos y sitios webs con los cuales la Institución tenga convenio, a ejercer las siguientes atribuciones sobre la obra anteriormente mencionada:

- A. Conservación de los ejemplares en la Biblioteca de la Universidad EAN.
- B. Comunicación pública de la obra por cualquier medio, incluyendo Internet
- C. Reproducción bajo cualquier formato que se conozca actualmente o que se conozca en el futuro
- D. Que los ejemplares sean consultados en medio electrónico
- E. Inclusión en bases de datos o redes o sitios web con los cuales la Universidad EAN tenga convenio con las mismas facultades y limitaciones que se expresan en este documento
- F. Distribución y consulta de la obra a las entidades con las cuales la Universidad EAN tenga convenio

Con el debido respeto de los derechos patrimoniales y morales de la obra, la presente licencia se otorga a título gratuito, de conformidad con la normatividad vigente en la materia y teniendo en cuenta que la Universidad EAN busca difundir y promover la formación académica, la enseñanza y el espíritu investigativo y emprendedor.

Manifiesto (manifestamos) que la obra objeto de la presente autorización es original, el (los) suscritos es (son) el (los) autor (es) exclusivo (s), fue producto de mi (nuestro) ingenio y esfuerzo personal y la realizó (zamos) sin violar o usurpar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es de exclusiva autoría y tengo (tenemos) la titularidad sobre la misma. En vista de lo expuesto, asumo (asumimos) la total responsabilidad sobre la elaboración, presentación y contenidos de la obra, eximiendo de cualquier responsabilidad a la Universidad EAN por estos aspectos.

En constancia suscribimos el presente documento en la ciudad de Bogotá D.C.,

NOMBRE COMPLETO: <u>Mayerly Ramirez G</u>	NOMBRE COMPLETO: <u>Juan Sebastián Ciro Zárate</u>
FIRMA: <u>Mayerly Ramirez G</u>	FIRMA: <u>Juan Sebastián Ciro Zárate</u>
DOCUMENTO DE IDENTIDAD: <u>1.110.536.119</u>	DOCUMENTO DE IDENTIDAD: <u>1.110.503.524</u>
FACULTAD: <u>Salud</u>	FACULTAD: <u>Salud</u>
PROGRAMA ACADÉMICO: <u>Esp. Seguridad y Salud en el Trabajo</u>	PROGRAMA ACADÉMICO: <u>Esp. Seguridad y Salud en el Trabajo</u>

NOMBRE COMPLETO: _____	NOMBRE COMPLETO: _____
FIRMA: _____	FIRMA: _____
DOCUMENTO DE IDENTIDAD: _____	DOCUMENTO DE IDENTIDAD: _____
FACULTAD: _____	FACULTAD: _____
PROGRAMA ACADÉMICO: _____	PROGRAMA ACADÉMICO: _____

Fecha de firma: 22 mayo 2019