



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Dirección General de Estudios de Posgrado
Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y
Geográfica
Unidad de Posgrado

**Influencia de la α -ciclodextrina en la extracción del oro
para la reducción de accidentes ocupacionales e
impactos ambientales negativos**

TESIS

Para optar el Grado Académico de Magíster en Gestión Integrada
en Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente

AUTOR

Luis Anthony ZEGARRA RUIZ

ASESOR

Dr. Casimiro ESCALANTE ABANTO

Lima, Perú

2022



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Zegarra, L. (2022). *Influencia de la α -ciclodextrina en la extracción del oro para la reducción de accidentes ocupacionales e impactos ambientales negativos*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, Unidad de Posgrado]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Luis Anthony Zegarra Ruiz
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	80613617
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0003-2146-3090
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Casimiro Escalante Abanto
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	10583025
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-8932-0945
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Romero Baylón Alfonso Alberto
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	31625834
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Jose Raúl López Kohler
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	21079898
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Mariano Pacheco Ortíz
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	06284228
Datos de investigación	

Línea de investigación	C.0.6.7. Seguridad Minera y Gestión de Riesgos
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento.
Ubicación geográfica de la investigación	Edificio: Laboratorio de la Facultad de Ingeniería Ambiental y Sanitaria de la “Universidad Nacional San Luis Gonzaga de ICA” País: Perú Departamento: ICA Provincia: ICA Distrito: ICA Urbanización : --- Avenida: Los Maestros S/N - Ica. Latitud: -14.087570 Longitud: -75.734824
Año o rango de años en que se realizó la investigación	2016 – 2022
URL de disciplinas OCDE	Minería, Procesamiento de minerales https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.07.05 Química inorgánica, Química nuclear https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.04.02 Ciencias del medio ambiente https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.05.08



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

SUSTENTACIÓN PÚBLICA

En la Universidad Nacional Mayor de San Marcos - Lima, a los veintiún días del mes de setiembre del año dos mil veintidos, siendo las once horas, se reúnen los suscritos Miembros del Jurado Examinador de Tesis, nombrado mediante Dictamen N° 000509-2022-UPG-VDIP-FIGMMG/UNMSM del 13 de setiembre del 2022, con la finalidad de evaluar la sustentación virtual a la amparo de la Directiva de la UNMSM aprobada con Resolución Rectoral N° 01357-R-20 de la siguiente tesis:

TÍTULO

«INFLUENCIA DE LA α -CICLODEXTRINA EN LA EXTRACCIÓN DEL ORO PARA LA REDUCCIÓN DE ACCIDENTES OCUPACIONALES E IMPACTOS AMBIENTALES NEGATIVOS »

Presentado por el Bach. **LUIS ANTHONY ZEGARRA RUIZ**, para optar el **GRADO ACADÉMICO DE MAGISTER** en **GESTIÓN INTEGRADA EN SEGURIDAD, SALUD OCUPACIONAL Y MEDIO AMBIENTE**.

El Secretario del Jurado Examinador de la Tesis, analiza el expediente N° 04621/FIGMMG/2016 de fecha 05 de mayo del 2016, en el marco legal y Estatutario de la Ley Universitaria, acreditando que tiene todos los documentos y que cumplió con las etapas del trámite según el «Reglamento General de Estudios de Posgrado», aprobado con Resolución Rectoral N° 04790-R-18 del 08 de agosto del 2018.

Luego de la Sustentación, se procede con la calificación de la Tesis, de acuerdo al procedimiento respectivo y se registra en el acta correspondiente de conformidad al Art. 100 del precitado Reglamento, correspondiéndole al graduando la siguiente calificación:

BUENO (15)

Habiendo sido aprobada la sustentación virtual de la Tesis, el Presidente recomienda a la Facultad se le otorgue el **GRADO ACADÉMICO DE MAGISTER** en **GESTIÓN INTEGRADA EN SEGURIDAD, SALUD OCUPACIONAL Y MEDIO AMBIENTE** al Bach. **LUIS ANTHONY ZEGARRA RUIZ**.

Siendo las 12:00 horas, se dio por concluido al acto académico.



DR. ALFONSO ALBERTO ROMERO BAYLÓN
Presidente



MG. MARIANO PACHECO ORTÍZ
Secretario



MG. JOSÉ RAÚL LÓPEZ KOHLER
Miembro



DR. CASIMIRO ESCALANTE ABANTO
Asesor



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
Universidad del Perú. Decana de América
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA, METALÚRGICA Y GEOGRÁFICA
UNIDAD DE POSGRADO

Lima, 27 de Junio del 2022

INFORME N° 000075-2022-UPG-VDIP-FIGMMG/UNMSM

INFORME DE ORIGINALIDAD

DIRECTOR DE LA UNIDAD DE POSGRADO

Dr. Rolando Reategui Lozano

OPERADOR DEL PROGRAMA INFORMÁTICO DE SIMILITUDES

Tec. Wendy María Sanca Bernabé

DOCUMENTO EVALUADO:

Tesis para optar el Grado Académico de Magister en Gestión Integrada en Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente titulado: **“INFLUENCIA DE LA α -CICLODEXTRINA EN LA EXTRACCIÓN DEL ORO PARA REDUCCIÓN DE ACCIDENTES OCUPACIONALES E IMPACTOS AMBIENTALES NEGATIVOS”**

AUTOR DEL DOCUMENTO:

BACH. LUIS ANTHONY ZEGARRA RUIZ

FECHA DE RECEPCIÓN DEL DOCUMENTO:

23/06/2022

FECHA DE APLICACIÓN DEL PROGRAMA INFORMÁTICO DE SIMILITUDES:

23/06/2022

SOFTWARE UTILIZADO

Turnitin

CONFIGURACIÓN DEL PROGRAMA DETECTOR DE SIMILITUDES

- Excluye textos entrecomillados
- Excluye fuentes para buscar similitud
- Excluye Bibliografía
- Excluye cadenas menores a 35 palabras

PORCENTAJE DE SIMILITUDES SEGÚN PROGRAMA DETECTOR DE SIMILITUDES

Diez por ciento (10 %)

FUENTES ORIGINALES DE LAS SIMILITUDES ENCONTRADAS

- | | |
|---|-----|
| • Submitted to Universidad Nacional Mayor de San Marcos | 4% |
| • Submitted to Ministerio de Defensa | 3% |
| • Submitted to University of Westminster | 1% |
| • cybertesis.unmsm.edu.pe | <1% |
| • Submitted to University of Nottingham | <1% |
| • docplayer.es | <1% |





UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
Universidad del Perú. Decana de América
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA, METALÚRGICA Y GEOGRÁFICA
UNIDAD DE POSGRADO

• instrumentalpasteur.com.ar	<1%
• documents.tips	<1%
• hdl.handle.net	<1%
• www.researchgate.net	<1%
• Submitted to Cranfield University	<1%
• www.scribd.com	<1%
• angelcoach.es	<1%
• archive.org	<1%
• dspace.unitru.edu.pe	<1%
• www.iswa.org	<1%
• www00.unibg.it	<1%

OBSERVACIONES

Ninguna

CALIFICACIÓN DE ORIGINALIDAD

Documento cumple criterios de originalidad, sin observaciones

- **27/06/2022**

ROLANDO REATEGUI LOZANO
DIRECTOR DE LA UNIDAD DE POSGRADO

RRL/wsb



Dedico el presente trabajo de investigación a nuestra madre tierra, que nos da todo lo que necesitamos para poder vivir.

A mi esposa a mis hijas, por darme ánimos y no dejar que me rinda para seguir adelante con mi tesis.

A mis padres por darme mis estudios y apoyarme en la tesis.

A mi asesor el Dr. Casimiro Escalante, por sus sabios consejos y regalarme su tiempo para absolver mis dudas.

A los colegas que me apoyaron, con sus conocimientos y aportes para seguir avanzando con la presente tesis.

A los profesionales encuestados que me regalaron su tiempo para desarrollar la encuesta y compartir sus conocimientos.

A la empresa BIZALAB SAC, por el apoyo en el análisis mineralógico por microscopía óptica, electrónica de barrido y difracción de rayos X, de la muestra.

Al Ingeniero Nabor, por facilitarme las instalaciones del laboratorio LABPERU, para la ejecución de las diferentes pruebas del presente trabajo de tesis.

Al Dr. Dante Calderón, decano de la facultad de ingeniería ambiental y sanitaria de la Universidad San Luis Gonzaga de ICA, por el préstamo de sus instalaciones de sus laboratorios para desarrollo de algunas pruebas para la presente tesis.

Índice general	
VEREDICTO DE LA TESIS	I
DEDICATORIA	II
Índice General	III
Lista de cuadros	VI
Lista de figuras	VIII
RESUMEN	X
ABSTRACT	XI
CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN	1
1.1. Situación Problemática	3
1.2. Formulación del problema	4
1.3. Justificación teórica	5
1.4. Justificación práctica	5
1.5. Objetivos de la investigación	6
1.5.1. Objetivo general	6
1.5.2. Objetivos específicos	6
CAPITULO 2: MARCO TEÓRICO	7
2.1. Marco filosófico de la investigación	7
2.2. Antecedentes de investigación	9
2.3. Bases teóricas	15
2.3.1. Aplicación sistemática de α -ciclodextrina en la extracción de oro	15
2.3.2. Impactos ambientales negativos	18
2.3.3. Accidentes ocupacionales	21
2.3.4. Extracción Ecológica	23
2.3.5. Química verde	23
2.3.6. Cinética química	26
2.3.7. Relación entre la cinética química y la termodinámica	27
2.3.8. Relación entre la química verde y la cinética química	27
2.3.9. Extracción de oro	28
2.3.10. Método de extracción de oro con α -ciclodextrina	30
CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA	34
3.1. Tipo y diseño de investigación	34
3.2. Unidad de análisis	35

3.3. Población de estudio	36
3.4. Tamaño de muestra	36
3.5. Selección de la muestra	38
3.6. Técnica de recolección de datos.	38
3.7. Análisis e interpretación de la información	40
3.8. Hipótesis y variables	45
3.8.1. Hipótesis general	46
3.8.2. Hipótesis específicas	46
3.9. Identificación de variables	47
3.10. Operacionalización de variables	48
3.11. Matriz de consistencia	49
CAPÍTULO 4: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	50
4.1. Análisis, interpretación y discusión de resultados	50
4.2. Pruebas de hipótesis	75
4.3. Presentación de resultados	88
CONCLUSIONES	121
RECOMENDACIONES	122
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	123
ANEXOS	129
Anexo 1. Método de extracción de oro con α -ciclodextrina	129
Anexo 2. Límites máximos permisibles para la descarga de efluentes líquidos de actividades minero metalúrgica	133
Anexo 3. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo decreto supremo N° 011-2017-MINAM	134
Anexo 4. Formato para la matriz de identificación de peligros y evaluación de riesgos	135
Anexo 5. Matriz de identificación de aspectos y evaluación de impactos ambientales	136
Anexo 6. Prueba para recoger juicios de valor respecto a la reducción de los accidentes ocupacionales e impactos ambientales negativos	137
Anexo 7. Informe de ensayos agua	140
Anexo 8. Informe de ensayos suelo	142

Anexo 9. Detalles técnicos de los equipos usados en el presente trabajo de investigación y sus parámetros de funcionamiento	144
Anexo 10. Glosario y/o abreviaturas	147
Anexo 11. Marcos conceptuales	149
Anexo 12. Matriz de evaluación del impacto ambiental	151
Anexo 13. Validación de la encuesta por los jueces expertos	155
Anexo 14. Determinación del alfa de Cronbach	152

Lista de cuadros

Tabla 1. Composición mineralógica mineral AZ	37
Tabla 2. Solubilidades de especies químicas	66
Tabla 3. Masa de oro obtenido de la muestra mineral AZ	76
Tabla 4. Intervalo de confianza prueba t de 1 muestra	79
Tabla 5. Cálculo de RSDr y RSD	81
Tabla 6. Cálculo de RSDr y RSD extracción con α -ciclodextrina	81
Tabla 7. Recuperación de oro en la lixiviación con bromo	82
Tabla 8. Recuperación de oro en la lixiviación con α -ciclodextrina	83
Tabla 9. Resultados de análisis de laboratorio suelos	84
Tabla 10. Resultados de análisis de laboratorio aguas	85
Tabla 11. Matriz de identificación de peligros y evaluación de riesgos	87
Tabla 12. Descripción de texturas de los incrementos de oro	89
Tabla 13. Parámetros operativos de pruebas de lixiviación de oro con bromo para pruebas de 1 a 5	90
Tabla 14. Eliminación de interferentes	91
Tabla 15. Caracterización de solución lixiviada de mineral AZ	92
Tabla 16. Parámetros operativos de pruebas de lixiviación de oro con bromo para pruebas de 6 a 25	93
Tabla 17. Parámetros operativos de pruebas de extracción de oro con α -ciclodextrina para pruebas de 17 a 25	96
Tabla 18. Extracto de las MSDS de los reactivos usados	97
Tabla 19. Extracto de las MSDS de los productos formados	97
Tabla 20. Matriz de identificación de aspectos y evaluación de impactos ambientales	98
Tabla 21. Porcentaje de índice de riesgo ambiental	99
Tabla 22. Porcentaje de índice de riesgo ocupacional	99
Tabla 23. Profesión de estudio	101
Tabla 24. Reactivos para extracción de oro	102
Tabla 25. Frecuencia y porcentaje de pregunta 1	103
Tabla 26. Frecuencia y porcentaje de pregunta 2	104
Tabla 27. Frecuencia y porcentaje de pregunta 3	105

Tabla 28. Frecuencia y porcentaje de pregunta 4	106
Tabla 29. Frecuencia y porcentaje de pregunta 5	107
Tabla 30. Frecuencia y porcentaje de pregunta 6	108
Tabla 31. Frecuencia y porcentaje de pregunta 7	109
Tabla 32. Frecuencia y porcentaje de pregunta 8	110
Tabla 33. Frecuencia y porcentaje de pregunta 9	111
Tabla 34. Frecuencia y porcentaje de pregunta 10	112
Tabla 35. Frecuencia y porcentaje de pregunta 11	114
Tabla 36. Frecuencia y porcentaje de pregunta 12	115
Tabla 37. Frecuencia y porcentaje de pregunta 13	116
Tabla 38. Frecuencia y porcentaje de pregunta 14	117
Tabla 39. Frecuencia y porcentaje de pregunta 15	119
Tabla 40. Promedio de porcentaje de la pregunta 1 a 15	120

Lista de figuras

Figura 1. Representación esquemática del auto-ensamblaje espontáneo de un α -Br	17
Figura 2. Prueba 1 del mineral AZ más solución de bromo	51
Figura 3. Calcinación de mineral AZ en horno de petróleo	52
Figura 4. Filtrado de la muestra luego del lixiviado de mineral AZ con bromo	53
Figura 5. Lixiviado de la muestra mineral AZ con agua	54
Figura 6. Lixiviación de la muestra con bromo en plancha de calentamiento	55
Figura 7. Lixiviación de la muestra con bromo en baño maría	55
Figura 8. Eliminación del exceso de bromo	56
Figura 9. Solución de tiosulfato de sodio luego de la eliminación del bromo	57
Figura 10. Solución lixiviada de extracción de oro con bromo	58
Figura 11. Ajuste de pH del lixiviado de mineral	68
Figura 12. Reacción de tetrabromuro áurico con α -ciclodextrina	69
Figura 13. Normalidad de resultados de oro en la extracción con bromo	77
Figura 14. Normalidad de resultados de oro en la extracción con α -ciclodextrina	78
Figura 15. Comparación de cantidad de oro lixiviado con bromo y valor nominal	80
Figura 16. Porcentaje de carreras profesionales encuestados	101
Figura 17. Porcentaje de conocimiento de reactivos para extracción de oro	102
Figura 18. Gráfica de porcentaje vs frecuencia pregunta 1	104
Figura 19. Gráfica de porcentaje vs frecuencia pregunta 2	105
Figura 20. Gráfica de porcentaje vs frecuencia pregunta 3	106
Figura 21. Gráfica de porcentaje vs frecuencia pregunta 4	107
Figura 22. Gráfica de porcentaje vs frecuencia pregunta 5	108
Figura 23. Gráfica de porcentaje vs frecuencia pregunta 6	109

Figura 24. Gráfica de porcentaje vs frecuencia pregunta 7	110
Figura 25. Gráfica de porcentaje vs frecuencia pregunta 8	111
Figura 26. Gráfica de porcentaje vs frecuencia pregunta 9	112
Figura 27. Gráfica de porcentaje vs frecuencia pregunta 10	113
Figura 28. Gráfica de porcentaje vs frecuencia pregunta 11	114
Figura 29. Gráfica de porcentaje vs frecuencia pregunta 12	115
Figura 30. Gráfica de porcentaje vs frecuencia pregunta 13	117
Figura 31. Gráfica de porcentaje vs frecuencia pregunta 14	118
Figura 32. Gráfica de porcentaje vs frecuencia pregunta 15	119
Figura 33. Esquema de equipo usado para extracción de oro	132

Resumen

En la presente investigación se aplicó un método para la extracción de oro que se basó en el artículo científico de (Cao et al., 2013), en este artículo se precisó como se extrajo el oro con α -ciclodextrina de una solución de tetrabromuro de oro y potasio. Antes de aplicar el procedimiento experimental del artículo científico precedente se aplicó el procedimiento experimental del artículo científico de (Sousa et al., 2017) que fue modificado, para formar tetrabromuro de oro y potasio del mineral; luego se determinó la influencia significativa en la reducción de accidentes ocupacionales e impactos ambientales negativos donde se aplicó sistemáticamente en la muestra de estudio conformada por 36 profesionales que tienen conocimiento en la extracción de oro, una encuesta tipo Likert para obtener sus juicios sobre el uso de α -ciclodextrina en la extracción de oro y la reducción de los accidentes ocupacionales e impactos ambientales negativos.

Los resultados obtenidos a partir de la aplicación sistemática de α -ciclodextrina en la extracción de oro, mostró un porcentaje de recuperación máximo de 3.9%, los resultados de los análisis del suelo y agua obtenidos luego de aplicado el procedimiento experimental propuesto, se encontraron por debajo de los LPM de los DS-011-2017- MINAM y DS-010-2010-MINAM, el desarrolló la matriz IPER dio un IRO de 2 para los peligros identificados en la extracción de oro con α -ciclodextrina, así mismo se desarrolló la matriz de identificación de aspectos y evaluación de impactos ambientales, el cual dio un nivel de impacto ambiental bajo, seguidamente se analizó las hojas de seguridad de los reactivos y productos formados, y, los resultados de la encuesta tipo Likert aplicada mostró una actitud favorable con respecto a la reducción de accidentes ocupacionales e impactos ambientales negativos en la extracción de oro con α -ciclodextrina con todos estos resultados obtenidos se aceptó la hipótesis general, concluyendo que la aplicación sistemática de la α -ciclodextrina, en la extracción de oro influye significativamente en la reducción de accidentes ocupacionales e impactos ambientales negativos.

Palabras claves: Minería de oro con α -ciclodextrina, accidentes ocupacionales e impactos ambientales negativos, juicio de valor.

Abstract

In the present investigation, a method was applied for the extraction of gold that was based on the scientific article of (Cao et al., 2013), in this article it was specified how the gold was extracted with α -cyclodextrin from a solution of tetra bromide of gold and potassium. Before applying the experimental procedure of the preceding scientific article, the experimental procedure of the scientific article of (Sousa et al., 2017) was applied, which was modified, to form gold and potassium tetra bromide from the mineral; Then the significant influence on the reduction of occupational accidents and negative environmental impacts was determined where a Likert-type survey was systematically applied in the study sample made up of 36 professionals who have knowledge in the extraction of gold, to obtain their judgments on the use of gold. α -cyclodextrin in the extraction of gold and the reduction of occupational accidents and negative environmental impacts.

The results obtained from the systematic application of α -cyclodextrin in the extraction of gold, showed a maximum recovery percentage of 3.9%, the results of the soil and water analyzes obtained after applying the proposed experimental procedure, were found by Below the LPM of DS-011-2017-MINAM and DS-010-2010-MINAM, he developed the IPER matrix, he gave an IRO of 2 for the hazards identified in the extraction of gold with α -cyclodextrin, and he also developed the matrix of identification of aspects and evaluation of environmental impacts, which gave a low level of environmental impact, then the safety sheets of the reagents and products formed were analyzed, and the results of the Likert-type survey applied showed a favorable attitude Regarding the reduction of occupational accidents and negative environmental impacts in the extraction of gold with α -cyclodextrin, with all these results obtained, the general hypothesis was accepted al, concluding that the systematic application of α -cyclodextrin in gold extraction significantly influences the reduction of occupational accidents and negative environmental impacts

Keywords: Gold mining with α -cyclodextrin, occupational accidents and negative environmental impacts, value judgment.

CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN

La presente investigación se inició buscando un método alternativo de extracción de oro, que cumplan con las características de la química verde, dichas características fueron, que el método no cause daño a las personas y al medio ambiente. El método de extracción de oro aplicado en el presente trabajo de investigación, se inspiró en primera instancia en la metodología propuesta por (Cao et al., 2013). En dicha metodología realizaron pruebas de extracción de oro con α -ciclodextrina en una solución que contiene tetrabromuro de oro y potasio, donde obtuvieron un porcentaje de recuperación de oro alrededor del 90%.

Ya que se usó la α -ciclodextrina para extraer oro del mineral, y esta cumple con los requisitos de la química verde, se realizó una investigación aplicada, el mismo que consistió en ver la influencia de la variable independiente aplicación sistemática de la α -ciclodextrina en la variable dependiente reducción de accidentes ocupacionales e impactos ambientales negativos, el diseño de investigación experimental usado en el presente trabajo de investigación fue el propuesto por (Kerlinger, 2002, p. 445), con su respectivo grupo de control, con este tipo y diseño de investigación se realizaron las pruebas para demostrar la hipótesis general.

La investigación se inicia realizando pruebas de extracción de oro de la muestra de mineral de origen peruano, en este punto al iniciar las pruebas de extracción de oro del mineral con α -ciclodextrina no fue posible extraerla, ya que el oro en estado nativo se mantuvo inalterado por α -ciclodextrina. A razón de estos resultados, se optó por aplicar un método previo a la extracción con α -ciclodextrina, con la finalidad de oxidar el oro y formar tetrabromuro de oro y potasio en solución, para tal fin se usó el procedimiento experimental del artículo científico de (Sousa et al., 2017). El cual se modificó para aplicar en la muestra del presente trabajo de investigación, en dicho artículo científico lograron oxidar el oro de una muestra de mineral con una solución de bromo

formada in situ, calentándola a 95°C, con 450 rpm de agitación por un periodo de 4 h, donde logran oxidar el oro y formar el tetrabromuro áurico.

En base a estos dos artículos científicos se propuso el procedimiento experimental aplicado a la muestra de mineral que se formó de un compuesto de 5000g de mineral proveniente de Perú de las ciudades de (Nasca, Arequipa y Andahuaylas), dicho procedimiento experimental, se le modificó algunos parámetros operativos, basándose en los resultados de las pruebas realizadas a la muestra de mineral en base a la aplicación de la cinética química, al mismo tiempo de la aplicación del procedimiento experimental, se realizó el análisis de laboratorio del agua y suelo colindantes al lugar donde se realizó las pruebas de extracción de oro con α -ciclodextrina, en base a los parámetros indicados en el DS – 010 - 2010 – MINAM y el DS – 011 - 2017 – MINAM, también se desarrollaron la matriz IPER, se midió el IRO, se desarrolló la matriz de identificación de aspectos ambientales y se analizó las hojas de seguridad de los reactivos y productos formados durante la extracción de oro con α -ciclodextrina, se aplicó una encuesta tipo Likert a 36 profesionales que tienen conocimiento de la extracción de oro en muestras de minerales, dichas encuestas mostraron actitud favorable con respecto a la reducción de accidentes ocupacionales e impactos ambientales negativos en la extracción de oro con α -ciclodextrina con lo cual se aceptó la hipótesis general formulada en los términos siguientes: *La aplicación sistemática de α -ciclodextrina en la extracción de oro influye significativamente en la reducción de accidentes ocupacionales e impactos ambientales negativos.*

Consecuentemente en el presente trabajo de investigación se logró extraer oro de la muestra de mineral y la aplicación sistemática de α -ciclodextrina en la extracción de oro influye significativamente en la reducción de accidentes ocupacionales e impactos ambientales negativos.

En otras palabras, el método propuesto ***Método de extracción de oro con α -ciclodextrina***, precisado en el anexo 1, en el presente trabajo de investigación puede extraer oro del mineral e influye significativamente en la reducción de accidentes ocupacionales e impactos ambientales negativos.

1.1. Situación Problemática

Nuevas investigaciones realizadas de extracción de oro se estudiaron como es el caso de la extracción de oro con α -ciclodextrina, publicada por (Cao et al., 2013); la revisión realizada del presente artículo se vio que las pruebas realizadas de extracción de oro con α -ciclodextrina no han sido realizadas en muestras de minerales, en el presente trabajo se vio la influencia de la α -ciclodextrina en la extracción de oro en mineral.

Se sabe de ante mano que si se logra extraer oro del mineral con α -ciclodextrina y así tener un posible uso en la industria minera, se tiene que ver la influencia de esta técnica en la reducción de accidentes ocupacionales e impactos ambientales negativos, aunque no se haya comprobado en el sector industrial, en el trabajo de investigación de (Cao et al., 2013), realizado a nivel laboratorio; se mencionó que el uso de α -ciclodextrina, en la extracción de oro es una alternativa económica, no es toxica para las personas que la manipulan y es ambientalmente benigna, lo que dio un indicio de que se puede reducir los accidentes ocupacionales e impactos ambientales negativos con el uso de α -ciclodextrina en la extracción de oro del mineral.

Hablando de minería relacionado a la actividad específica de extracción de oro, a lo largo de la historia se reportan accidentes ocupaciones mortales e impactos ambientales negativos como son los casos:

“Nuevo derrame de cianuro reportado por la minera Barrick Gold en la provincia de San Juan Argentina el 8 de setiembre del 2016 donde Barrick Gold reportó un derrame de cianuro de 1164000 litros de solución cianurada, un año después del derrame de cianuro de 1 millón de litros de solución cianurada por la minera Barrick Gold en la misma provincia”. (Rocha, 2016), con respecto a minería ilegal se reportó la “muerte de 37 menores por consumir agua del río Quito contaminadas con mercurio”, según estudio conocido por la corte constitucional de Ecuador (2015); con respecto a los accidentes laborales mortales “en la mina denominada el Castillo ubicada en el municipio de San Juan

del Rio, estado de Querétaro de Arteaga, país México; donde un trabajador se encontraba instalando una tubería que contenía solución cianurada cuando una de las válvulas se rompió inhalando dicha sustancia causándole la muerte”. (Luna, 2016), pero el mayor desastre industrial por inhalación de cianuro ocurrió en “Bhopal (India), el 3 de diciembre de 1984 donde la fuga de 40 toneladas de isocianato de metilo, causó la muerte de 3800 personas en cuestión de horas, 20000 después como consecuencia de la inhalación del compuesto cianurado y más de 500000 mil personas afectadas, varios estudios epidemiológicos realizados poco después del accidente mostraron un aumento de la morbilidad y la mortalidad en la población expuesta”. (Broughton, 2005, pp. 4:6-6).

En el Perú en la actualidad las grandes empresas mineras extraen oro con el uso de cianuro de sodio y el mercurio, que lo adquieren con el orden de toneladas y el uso diario también es de varias toneladas por día, la mala gestión y manipulación de estas sustancias letales causa daños irreversibles a la naturaleza y los seres vivos que la habitan; un ejemplo de derrame de mercurio ocurrió el día 2 de junio del año 2000, “donde un camión de transporte produjo el derrame de 151 Kg de mercurio metálico, más de un millar de campesinos y campesinas que no conocían los efectos tóxicos del mercurio fueron afectados por este accidente, estudios sobre daños a la salud, indican efectos en la salud por la absorción de vapor de mercurio en la boca, problemas respiratorios, sarpullido, así como temblores, labilidad emocional, insomnio, perdida de la memoria, cambios en el sistema neuromuscular, dolores de cabeza, dolor lumbar y articular” (Zegarra, 2009, p. 114).

1.2. Formulación del problema

Problema general

¿De qué manera la aplicación de α -ciclodextrina en la extracción de oro en mineral influye en la reducción de accidentes ocupacionales e impactos ambientales negativos?

Problemas específicos

1.2.1. ¿En qué medida los reactivos usados y los productos generados en la extracción de oro del mineral con α -ciclodextrina pueden contaminar el medio ambiente?

1.2.2. ¿En qué medida los reactivos usados y los productos generados en la extracción de oro del mineral con α -ciclodextrina pueden causar accidentes ocupacionales?

1.3. Justificación teórica

Los motivos que llevaron a la realización del presente trabajo de investigación se centraron en primera instancia en extraer el oro del mineral con α -ciclodextrina ya que es un compuesto orgánico no tóxico y ambientalmente benigno, de ser así podría reducir accidentes ocupacionales e impactos ambientales negativos.

El siguiente motivo es que no hay reportes del uso de α -ciclodextrina en la extracción de oro en muestras de minerales a nivel industrial. Por lo que es necesario realizar pruebas para ver la influencia de la extracción de oro con α -ciclodextrina.

Seguido se tiene que determinar en qué medida el proceso de extracción de oro con α -ciclodextrina propuesto en el presente trabajo de investigación influye en la reducción de accidentes ocupacionales e impactos ambientales negativos.

Se pretende que el presente trabajo de investigación logre contribuir con aportes científicos para el desarrollo de nuevas técnicas de extracción de oro del mineral sin dañar a las personas y medio ambiente y así poder lograr un desarrollo sostenible con responsabilidad social empresarial.

1.4. Justificación práctica

De manera práctica el proceso de extracción de oro del mineral realizado en el presente trabajo de investigación, se justificó de la manera siguiente.

La α -ciclodextrina directamente no lixivia al oro, aunque si reacciona con el uso del tetrabromuro de oro y potasio formado por la lixiviación

preliminar con una solución de bromo, el tiempo de lixiviación es de 6 horas a 95°C, las especies susceptibles a oxidación reaccionan con el bromo, y, el oro es oxidado a la forma de tetrabromuro áurico, que cuando se neutraliza entre un pH de 4 a 6 con hidróxido de potasio forma el tetrabromuro de oro y potasio en solución, al cual se adicionara la α -ciclodextrina para que reaccione formando un complejo de α -Br entre KAuBr_4 y la α -ciclodextrina, y, así se extrae el oro, los productos formados son neutralizados y fáciles de tratar, algunos de estos son reutilizables como α -ciclodextrina, los productos químicos formados no presentan peligros considerables para el medio ambiente y las personas, por lo que se justifica su uso práctico.

1.5. Objetivos de la investigación

1.5.1. Objetivo general

Determinar en qué porcentaje la aplicación de α -ciclodextrina en la extracción de oro influye en la reducción los accidentes ocupacionales e impactos ambientales negativos.

1.5.2. Objetivos específicos

1.5.2.1. Determinar en qué medida los reactivos usados y los productos generados en la extracción de oro del mineral con α -ciclodextrina pueden contaminar el medio ambiente.

1.5.2.2. Determinar en qué medida los reactivos usados y los productos generados en la extracción de oro del mineral con α -ciclodextrina pueden causar accidentes ocupacionales.

CAPITULO 2: MARCO TEÓRICO

2.1. Marco filosófico o epistemológico de la investigación

Hablar de la influencia de α -ciclodextrina en la extracción de oro, quiere decir, que influencia hay entre la materia con un número diferente de átomos, estos pueden unirse, no unirse o compartir sus electrones, para adquirir nuevas especies químicas, estos son cambios químicos, pero nunca se destruyen solo se transforman y luego aplicarlo a las actividades industriales y ver la influencia en la reducción de accidentes ocupacionales e impactos ambientales negativos.

“Al igual que Empédocles y Anaxágoras la filosofía de Demócrito está inspirada por la necesidad de conjugar la permanencia del ser con la explicación del cambio, adoptando una solución basada en la postulación de infinitos átomos que poseen las características de inmutabilidad y eternidad del ser que propuso Parménides”. (Katz, 2017, p. 49)

“... estos átomos se mueven en el vacío infinito, separados unos de otros y diferentes entre sí en figuras, tamaños, posición y orden; al sorprenderse unos a otros colisionan y algunos son expulsados mediante sacudidas al azar en cualquier dirección, mientras que otros, entrelazándose mutuamente en consonancia con la congruencia de sus figuras, tamaños, posiciones y ordenamientos, se mantienen unidos y así originan el nacimiento de los cuerpos compuestos”. (Katz, 2017, p. 50)

De lo mencionado por Demócrito de Abdera, se toma que los átomos colisionan y producto de esta colisión da nacimiento de los cuerpos compuestos.

Desde Demócrito de Abdera, el atomismo fue avanzando, Dalton postuló lo siguiente: “Cuando dos sustancias simples, A y B, se combinan entre sí para dar más de un compuesto, las masas de una de ellas m_A y m'_A que se combinan con la misma masa de la otra, m_B ,

guardan entre sí una relación de números enteros y pequeños”. (Katz, 2017, p. 143).

“Todos los postulados de Dalton tuvieron que modificarse a la luz de los resultados experimentales posteriores. Sin embargo, constituyeron durante más de un siglo los pilares sobre los que se asentó la investigación química y tienen, aún hoy, un cierto grado de validez en lo que respecta a la descripción macroscópica de muchas reacciones químicas”. (Katz, 2017, p. 143).

Si bien los postulados de Dalton tuvieron que modificarse debido a nuevos resultados experimentales posteriores, hoy tiene validez de que cuando se combinan dos sustancias simples forman una sustancia nueva con una nueva masa.

El α -ciclodextrina un polisacárido sintetizado a partir del almidón fue usado, “El primer registro escrito sobre ciclodextrinas fue publicado en 1891 por un científico francés A. Villiers, donde describió el aislamiento de 3 g de sustancia cristalina a partir de digestión bacteriana de 1 Kg de almidón”. (Vazques, 2021, p. 15).

Hasta la actualidad las ciclodextrinas, se usan en la industria farmacéutica, el uso en la extracción de oro es mínimo.

Ya sabemos que los accidentes ocupacionales e impactos ambientales en gran parte son causados por la mano del hombre, ya que el para realizar una actividad realiza un acto, este acto lo mencionan muchos filósofos como lo que se menciona a continuación:

“La presentación del tema relacionado al acto y la potencia como algo exclusivamente ligado al pensamiento aristotélico-tomista”. (Alvira, 1979, p. 2).

Alvira (1979) con la mencionado por Aristóteles sobre el acto, define al “acto en primer lugar acción, y de entre los diversos tipos de acciones el más aparente es el movimiento, porque va ligado a lo sensible y nuestro conocimiento intelectual comienza siempre en los datos obtenidos por los sentidos. De ahí que la acepción más inmediata de la palabra «acto» sea precisamente ésta: una acción que implica movimiento. Así, las acciones del hombre, por ejemplo, reciben también el nombre de actos humanos, las partes en las que se divide

una acción teatral o cinematográfica se califican como actos, etc, trasciende los límites de lo meramente cosmológico, constituyéndose de lleno en un tema metafísico”. (p. 1).

De lo mencionado por Aristóteles y Alvira, mencionan relacionan al acto como al movimiento, en otras palabras, a la acción de moverse, el ser humano para moverse lo puede hacer de dos formas pensando antes de realizar un acto y la otra es de forma sin pensar, interpretado el significado de acto, podemos relacionar que los impactos ambientales negativos y accidentes ocupacionales en su gran mayoría están relacionado a los actos del ser humano, que no se puede predecir.

2.2. Antecedentes de investigación

En el Perú hay muy pocos trabajos donde se realice la extracción de oro con α -ciclodextrina en minerales y no se reportan trabajos donde se ve la implicancia en la seguridad y salud de las personas y medio ambiente en la extracción de oro del mineral usando α -ciclodextrina. Para el presente trabajo se usó los siguientes antecedentes.

- Liu, Z., Frasconi, M., Lei, J., Brown, Z., Zhu, Z., Cao, D.,... Stoddart, F. (2013). Selective isolation of gold facilitated by second sphere coordination with α -cyclodextrin. Macmillan Publishers, NATURE COMMUNICATIONS, 4(1855), “tiene como objetivo la recuperación de oro utilizando la química ambientalmente benigna para lograr el objetivo usan las siguientes técnica de recolección de datos: Formación y caracterización de α -Br, análisis de rayos X y cristalizaciones y para todos los complejos, experimentos de adsorción de gas, análisis ICP-OES, experimentos de pH, proceso para La recuperación de oro a partir de materiales de oro-cojinete concluyen que el procedimiento de co-precipitación específica establece un motivo para la captura selectiva de oro en forma de KAuBr_4 , partiendo de materias primas y las mezclas de auríferos seis aniones planas cuadrado ($[\text{AuX}_4]^-$, $[\text{PtX}_4]^{2-}$ y $[\text{PdX}_4]^{2-}$, X=Cl, Br). La investigación pone de relieve la posible aplicación de una la tecnología verde para un proceso de recuperación económica de

oro usando el un disco α -ciclodextrina económica y ambientalmente benigna”.

- Moreno. C, en la tesis “Extracción de $\text{Au}(\text{CN})_2^-$ Mediante la amina primene 81R y Mezclas Sinérgicas de esta con derivados organofosforados neutros cyanex 923 y cyanex 921”, “tiene como objetivo la extracción de oro mediante la amina primene 81R y mezclas sinérgicas de esta, para lo cual propone su propia metodología de extracción donde hace muchos estudios cinéticos de extracción de oro donde hacen mención al bromo como un poderoso extractante del oro pero solo recientemente se ha aplicado para su recuperación, también mencionan que la ventaja de la utilización del bromo son la rápida extracción la no toxicidad y adaptabilidad en un amplio margen de valores de pH y llegan a las siguientes conclusiones: La extracción de $\text{Au}(\text{CN})_2^-$ mediante la mezcla formada por la amina primene SIR y el óxido de fosfina Cyanex 923 está influenciada por el pH del medio, la temperatura y la concentración de la mezcla de agentes de extracción. La presencia de sales inorgánicas en la fase acuosa inicial favorece la extracción de oro debido a un efecto salino y La extracción de $\text{Au}(\text{CN})_2^-$ mediante los óxidos de fosfina comerciales Cyaflex 923 y Cyanex 921 depende del pH del medio, de la temperatura, de la concentración del agente de extracción y del diluyente de la fase orgánica. La extracción de oro mediante estos óxidos también está muy influenciada por la presencia de una sal inorgánica en el medio acuoso”.
- Sousa, R., Futuro, A., Fiúza, A., Vila, M.C., y Dinis, M.L (2018). Bromine leaching as an alternative method for gold dissolution, Minerals Engineering, 118(2018), 16-23. “El objetivo de su trabajo es la realización de pruebas experimentales para evaluar la viabilidad del bromo producido in situ, en la lixiviación reactor, para disolver oro usando muestras de mineral de la mina portuguesa sin explotar de Castromil, para lograr el objetivo realizaron los siguientes pasos preparación mecánica de la muestra que consiste en chancado y pasado en malla hasta 0.48mm, las distribuciones

de tamaño de partícula se determinaron utilizando un equipo de separación láser de Master Mastersize. Se disolvió el oro usando una mezcla de hipoclorito de sodio bromuro de sodio y ácido clorhídrico utilizando un recipiente de reacción DURAN de 500 ml y obtuvieron como conclusiones Finalmente, la comparación con otros métodos muestra que la lixiviación con bromo logra recuperaciones similares a las obtenidas con cianuro y más altas que cuando se usa tiosulfato. También se podría concluir que el proceso de lixiviación con bromo presenta una tasa de disolución más rápida, tomando solo 4 h para disolver el 80% de oro, mientras que la lixiviación con cianuro requiere 24 h para obtener un rendimiento similar”.

- Seisko, S., Lampinen, M., Aromaa J., Laari, A., Koironen, T., y Lundström, M., (2018), Minerals Engineering, 115(2018), 131-141. “Tuvo como objetivo investigar la lixiviación de oro con cloruro férrico, para lo cual uso como instrumentos de recolección de datos diferentes estudios cinéticos como métodos electroquímicos y determinación del paso limitador de velocidad y la disolución del electrodo de disco giratorio de oro debido a la reacción de oxidación del oro en solución de cloruro por el oxidante (Fe^{3+}) en la superficie del disco. Se pudo concluir que la velocidad de rotación promueve igualmente reacciones anódicas y catódicas, también concluyo que el potencial redox se afectó linealmente en la velocidad de disolución del oro hasta aproximadamente 0,73 V vs. SCE (correspondiente a $[\text{Fe}] = 0,75 \text{ M}$), después de lo cual la velocidad de disolución se mantuvo aproximadamente igual y también se concluye que sin embargo, las tasas de disolución no alcanzaron un valor constante al aumentar la velocidad de rotación del RDE de oro en ninguna de las condiciones investigadas, por lo tanto, se espera que la transferencia de masa afecte al sistema independientemente de las altas velocidades de rotación”.
- Salcedo, M., (2015). “Optimización en el procesamiento de minerales auríferos utilizando el compuesto alfa ciclodextrina como agente extractor”, Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa,

Perú. “Tiene como objetivo general evaluar la eficiencia y la aplicabilidad técnica de la lixiviación en vat leaching de minerales auríferos, con el empleo del compuesto alfa-ciclodextrina como agente extractor del metal precioso, con el fin de optimizar la lixiviación de oro con el uso de lixiviantes compatibles con el medio ambiente. Para cumplir con el objetivo uso la técnica basada en Metodología de construcción del sistema piloto de lixiviación en Vat (50 TM de capacidad), que se basa en una lixiviación de oro del mineral usando un compuesto de α -CD de cianuro y para cuantificar el oro extraído uso las técnica de extracción de oro de ensayos al fuego y presenta las siguientes conclusiones, Si bien es cierto que el porcentaje de recuperación de oro y el tiempo de lixiviación con alfa-ciclodextrina es muy similar al cianuro, la ventaja más destacable del compuesto alfa-ciclodextrina, como agente extractor, frente al cianuro, es su compatibilidad con el medio ambiente por no ser un producto toxico; ya que es conocido el alto riesgo de contaminación directa con cianuro que ocasionan los relaves o desechos del tratamiento, al personal de operación, a la flora y la fauna y concluye que el alfa-ciclodextrina es un agente lixivante alternativo al cianuro para la lixiviación de minerales auríferos, ya que los resultados reportados en el presente estudio, no dejan lugar a dudas sobre el futuro que puede tener el alfa-ciclodextrina en el tratamiento de minerales auríferos, aunque la poca de producción actual de este insumo limitan la aplicación del proceso a nivel industrial.

- Rodríguez, S., (2007). Obtención de nano partículas y nano ordenamientos metálicos empleando la química de los compuestos de inclusión. Universidad de Chile, Santiago de Chile, Chile. “Tiene como objetivos obtener nano-estructuras químicas cristalinas, donde estén presentes: nanopartículas metálicas, matrices de α -ciclodextrina y huéspedes surfactantes. De manera tal, que la matriz conforme la nano-estructura, en la que se van a incluir periódicamente los surfactantes. Estos surfactantes, además de ser un pilar imprescindible en la obtención de las estructuras

supramoleculares (matrices), tienen la función de estabilizar y acomodar ordenadamente las nanopartículas metálicas, también estudiar y caracterizar las nanopartículas metálicas formadas, así como de las nanoestructuras químicas cristalinas donde están presentes los coloides metálicos. Para lo cual uso los siguientes instrumentos de recolección de datos: El coloide de oro fue preparado por el método de reducción con citrato de sodio. Nanoordenamientos metálicos en caras preferenciales de los compuestos de inclusión de α -ciclodextrina, Espectroscopía UV-visible, Espectrometría de absorción atómica (AAS), Microscopía de electrónica de transmisión (TEM), Microscopía electrónica de barrido (SEM) y energía dispersiva de rayos X (EDX), donde concluye la obtención de los ordenamientos de las nano partículas metálicas sobre la superficie de los compuestos de inclusión de α -CD depende fundamentalmente de la localización del grupo funcional en el dímero de α -CD, del pH del medio en que se encuentran las nano partículas y del tipo de estabilizador que las acompaña. Los huéspedes que presentan 8 átomos de carbono en la cadena alquílica, los grupos funcionales se localizan fuera y a la entrada de la cavidad del complejo de α -CD, favoreciéndose la obtención de los nano-ordenamientos. Además, el pH del medio en que se encuentran las nano partículas metálicas debe propiciar la ruptura de enlaces de hidrógeno tipo puente entre los grupos funcionales de los huéspedes de la α -CD. Así, en los compuestos de inclusión de α -CD con octilamina se favorece el desplazamiento parcial de la capa que acompaña a las nano partículas cuando el medio es ácido y para los compuestos de inclusión de α -CD con ácidos carboxílicos cuando el medio es básico. Por último, cuando la interacción nano partícula-estabilizador está más favorecida que la interacción parcial nano partícula-huésped del complejo de α -CD, no se producen los nano ordenamientos, como ocurre, por ejemplo, con el cluster Au₅₅ estabilizado con trifenilfosfina”.

- Requejo, K., (2014). “Síntesis y caracterización de nanopartículas de oro con quitosana como agente reductor y estabilizador”.

Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú. “Tiene como objetivo la síntesis y caracterización de nanopartículas de oro con quitosana, para lo cual se usó los siguientes instrumentos de recolección de datos: Para formar las nanopartículas de oro se usa la técnica de nucleación-crecimiento propuesta por (Pierre, A. 2002, p. 101-156), para la caracterización se usó microscopía electrónica de transmisión (TEM), espectroscopia infrarroja y espectroscopia UV-Vis, técnica de dispersión de luz electroforética (ELS), con estas técnicas se llega a las siguientes conclusiones: El aumento del número de moles de unidades de quitosana favoreció la obtención de nAu de menor tamaño así como una mayor estabilidad de las nAu. Se observó que a pH 4,46 las soluciones de nAu con relación molar Qna/Au^{3+} a partir de 95/1 fueron estables tanto a temperatura ambiente como a 2°C por al menos 2 meses, en el caso de la solución de nAu con relación molar 367/1, está fue estable luego de 6 meses a temperatura ambiente comparada con la solución con relación molar 50/1 en la cual se observó precipitado. Las nAu obtenidas con quitosana muestran una banda de plasmones de superficie alrededor de 522 nm que presenta corrimiento hacia mayores o menores longitudes de onda y ensanchamiento según los parámetros de relación molar Qna/Au^{3+} , tiempo de reacción, temperatura, pH y concentración. Las mejores condiciones para obtener nAu más estables y mono dispersas se logra con una relación molar Qna/Au^{3+} mayor o igual a 100/1, a una hora de reacción, a pH 5, a 75°C y con concentraciones de 0,27% (w/v) para quitosana y de $1,58 \times 10^{-4}$ mol/L para $HAuCl_4$. La síntesis a 50°C produjo nAu de mayor tamaño de partícula comparada con las síntesis a 75°C y 100°C. Aunque no existe diferencia en la banda de plasmones para la síntesis a 75°C y 100°C a una hora de reacción, se obtuvieron nAu en menos tiempo a 100°C. La disminución del pH de 5 a 1 produjo nAu poco estables (más grandes y una distribución de tamaños más amplia), lo que se podría deber a la hidrólisis de las cadenas de quitosana o al mayor

grado de protonación de los grupos amino. En el caso de las síntesis a pH 4,46 y 5, las nAu fueron estables”.

- Zegarra, L. (2013). “Determinación complexométrica de cinc en concentrados de cinc”. Universidad Nacional Federico Villarreal. Lima, Perú. “Tiene como objetivo la eliminar los interferentes del concentrado de cinc con la finalidad de cuantificar el cinc en concentrado de cinc, para lo cual como técnica de recolección de datos usa el método propuesto de determinación de cinc en concentrado de cinc y obtiene las siguientes conclusiones el método propuesto es preciso y veraz, elimino todos los interferentes menos el cadmio por lo que nos da a conocer diferentes elementos que componen el mineral”.

2.3. Bases teóricas

2.3.1. Aplicación sistemática de α -ciclodextrina en la extracción de oro

Definición:

“Las ciclodextrinas son una familia de oligosacáridos cíclicos derivados del almidón que contienen unidades de (α -1,4)-D-glucopiranososa y poseen una superficie externa hidrofílica y una cavidad lipofílica central” (Centurión, 2016, p. 23).

(Martínez y Gómez, 2007). Menciona que. “Las ciclodextrinas son compuestos macrocíclicos formados por varias unidades de glucosa unidas mediante enlaces α -D-(1,4). A pesar de su alta solubilidad en agua, la cavidad interna de las ciclodextrinas es apolar y estos compuestos son capaces de producir complejos anfitrión- huésped mediante la inclusión de moléculas hidrófobas. Igualmente, las ciclodextrinas actúan como anfitriones en la formación de compuestos de inclusión de polímeros, dando lugar a complejos cristalinos a través de interacciones no covalentes. Las cadenas del polímero huésped quedan confinadas en los canales de las ciclodextrinas de forma extendida y aisladas de los efectos de las cadenas vecinas. La liberación de los polímeros huésped a partir de

sus complejos de inclusión, puede conducir a una significativa reordenación estructural y morfológica. Finalmente, se ha conseguido la miscibilidad de mezclas incompatibles, mediante la coalescencia de compuestos de inclusión poliméricos con ciclodextrinas que contienen dos polímeros inmiscibles”.

Para el presente trabajo se usa una ciclodextrina formada por 6 moléculas de glucosa, conocida como α -ciclodextrina.

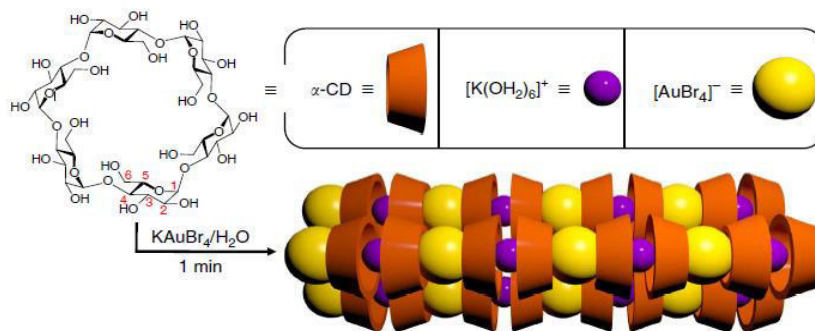
Problemática de la aplicación sistemática de α -ciclodextrina en la extracción de oro

“En las publicaciones más recientes de la extracción de oro con la α -ciclodextrina se aplicó sistemáticamente en una solución acuosa que contenía oro en solución bajo la forma del compuesto KAuBr_4 al adicionarle una solución que contenía α -ciclodextrina nos muestra el montaje espontáneo de un complejo supramolecular unidimensional con una extendida $\{[\text{K}(\text{OH}_2)_6]\text{C}[\text{AuBr}_4](\alpha\text{-ciclodextrina})_2\}_n$ superestructura de cadena formada durante la rápida coprecipitación de α -ciclodextrina y KAuBr_4 en agua. El artículo menciona que hay una combinación perfecta en el reconocimiento molecular entre una α -ciclodextrina y $[\text{AuBr}_4]^-$ conduce a una casi orientación axial iónico con respecto al canal α -ciclodextrina, lo que facilita una coordinación segunda esfera altamente específico que implica $[\text{AuBr}_4]^-$ y $[\text{K}(\text{OH}_2)_6]^+$ y las unidades de la coprecipitación del 1:2 aducto. Este descubrimiento anuncia un procedimiento hospedador-huésped verde para la recuperación de oro a partir de materias primas con contenido de oro que hacen uso de una α -ciclodextrina un hidrato de carbono de bajo costo y ambientalmente benigna”. (Cao et al., 2013).

El artículo precedente confirma que la α -ciclodextrina, reacciona con el oro que se encuentra disuelto bajo la forma de KAuBr_4 formando una superestructura lineal con enlaces de hidrógeno. Como se muestra en la figura 1.

Figura 1

Representación esquemática de la auto-ensamblaje espontáneo de un α -Br.



Fuente. “Selective isolation of gold facilitated by secondsphere coordination with α -cyclodextrin” (Cao et al., 2013, p. 2).

Nota. El grafico representa la macromolécula ensamblada por la reacción química de α -ciclodextrina tetrabromo áurico y el complejo Hexaacuo de potasio 6.

También se encontró que se ha extraído oro con α -ciclodextrina en materias primas que contienen oro como es el caso de la chatarra. Los científicos (Cao et al., 2013, pp 6-7), realizaron el siguiente experimento “Para convertir dos aleaciones auríferas de chatarra que contienen 58 % en peso de Au y 42 % en peso de otros metales (Zn, Cu y Ag) en HAuBr_4 disolviéndolos con una mezcla de HBr concentrado y HNO_3 como la solución decapante. Sobre la base de este experimento de pH, KOH se utilizó para neutralizar ambas soluciones oro disuelto a pH 4-6, y en consecuencia HAuBr_4 se convierte a KAuBr_4 . Cuando se añadió α -ciclodextrina para ambas soluciones, la co-precipitación de una α -Br ocurrió inmediatamente, incluso en presencia de las cantidades significativas de sales de Zn y Cu. El co-precipitado de una α -Br complejo, a saber, se recuperó el oro y se separó de las impurezas por filtración, después se reduce con un agente reductor, tal como tiosulfito de sodio, para proporcionar el metal de oro recuperado. El oro residual en el filtrado puede ser reciclado, mientras que α -ciclodextrina puede ser

reutilizado por recristalización a partir del filtrado. Este proceso a escala de laboratorio es altamente selectivo para el oro, además de ser económico, rápido y factible”.

De la revisión a los experimentos realizados por (Cao et al., 2013), no se ha aplicado sistemáticamente la α -ciclodextrina en la extracción de oro del mineral, por lo que, al no tener pruebas, es lógico deducir que no se podría usar en la metalurgia de oro a nivel industrial debido a que no se sabe si se va a poder extraer el oro del mineral con α -ciclodextrina, así se considere que el uso de la α -ciclodextrina en la extracción de oro es ambientalmente benigna y menos toxica para las personas que la manipulan.

Para que se pueda aplicar sistemáticamente α -ciclodextrina en la extracción de oro tiene que ocurrir una interacción con el oro presente en el mineral, al interaccionar ocurrirá una disolución del oro del mineral con la α -ciclodextrina, en otras palabras, si es que el oro en estado nativo logra reaccionar con la α -ciclodextrina.

Estrategia:

Como poder extraer el oro con α -ciclodextrina, podría ser formar el compuesto KAuBr_4 , luego aplicar el experimento “Selective isolation of gold facilitated by second sphere coordination with α -cyclodextrin” de (Cao et al., 2013). Con lo que se podrá seguir estudiando los efectos de la aplicación sistemática de α -ciclodextrina en la extracción del oro y como se reducen los impactos ambientales negativos y accidentes ocupacionales, en la aplicación sistemática de la α -ciclodextrina con el oro del mineral.

2.3.2. Impactos ambientales negativos

Definición:

Algunos autores lo definen como:

“Los cambios espaciales y temporales de un parámetro ambiental como resultado de la interacción de una acción humana en particular, otros definen los impactos como alteraciones

significativas, de carácter negativo o beneficioso, que se producen en el ambiente como resultado de la actividad humana” (Espinoza, 2002, p.150).

“Cambio en el medio ambiente, ya sea adverso o beneficioso, como resultado total o parcial de los aspectos ambientales de una organización” (ISO 14001:2015).

“La contaminación ambiental se produce cuando se altera el medio ambiente con los residuos de las actividades humanas, tanto de origen industrial como doméstico. La contaminación es uno de los problemas fundamentales de la humanidad. La expresión industrial y urbana de siglo XIX produjo un aumento considerable de la contaminación, en condiciones tales que las relaciones del niño y medio ambiente se encuentran totalmente alteradas” (Apaza, 2015, p. 28).

Problemática en la extracción de oro:

Según la historia de la extracción del oro del suelo, se inició con el uso del cianuro y mercurio en la extracción del oro y con el uso se iniciaron los impactos ambientales negativos en la extracción de oro, como son los casos siguientes:

“Derrame de cianuro reportado en Perú, La Libertad, 29 de agosto del 2018, inició acciones de supervisión ante el derrame de solución cianurada, ocurrida el miércoles 29 de agosto, en la unidad minera La Arena S.A., de la empresa Tahoe Perú, ubicada en el distrito de Huamachuco, provincia de Sánchez Carrión, departamento de La Libertad” (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental [OEFA], 2018).

“Según el reporte de emergencia de la empresa, el hecho se habría ocasionado por un corte de la geomembrana y de una tubería que transportaba la solución cianurada. Según lo reportado por la empresa, los hechos han sido parte de un intento de robo de oro por parte de personas no identificadas. Esto habría ocasionado el

derrame de aproximadamente 600 metros cúbicos de dicha solución hacia la quebrada Sayapampa”. (OEFA, 2018).

El caso que los impactos ambientales negativos en la extracción de oro no se detienen y cada vez nuestro medio ambiente se ve deteriorado por la mano del hombre.

Lo que mencionaron los diferentes autores citados en el presente trabajo, sobre los impactos ambientales negativos en la extracción del oro del mineral, podemos atribuir que la mano del hombre es el causante de todos los impactos ambientales negativos producidos al usar reactivos peligrosos para el medio ambiente como el mercurio y cianuro.

Un caso de derrame de mercurio reportado en Perú, es en “Cajamarca, situada en los Andes del norte de Perú, se ubica la Minera Yanacocha, la mina de oro más grande de América Latina. El día viernes 2 de junio del año 2000 un camión de transporte produjo el derrame de 151 kg de mercurio metálico; más de un millar de campesinos y campesinas que no conocían los efectos tóxicos del mercurio fueron afectados por este accidente” (Zegarra, 2009, p. 113).

Todas las definiciones sobre los impactos ambientales negativos coinciden en que hay un cambio negativo y la atribuyen a la interacción de la mano del hombre, cuando se rompe el débil y frágil equilibrio en el que se encuentra el planeta donde habita el hombre, sea cual sea la causa, un simple error puede ocasionar una rotura de este equilibrio, los seres humanos como seres imperfectos con sentimientos, con días malos, buenos, con problemas familiares, con problemas económicos y demás, estamos propensos a cometer errores, o a causarlos deliberadamente, así la evolución industrial en tema del cuidado de medio ambiente haya avanzado, pero igual los impactos ambientales negativos por el uso de cianuro siguen ocurriendo, ocasionando daños irreversibles a la naturaleza.

Estrategias para reducción de impactos ambientales negativos:

Vemos que han ocurrido impactos ambientales negativos hasta 2021, como es el caso de. “La tragedia producto de la negligencia se volvió a presentar en las operaciones mineras de Grupo México. Esta vez ocurrió en la planta electrolítica de cinc ubicada en el área metropolitana de San Luis Potosí, donde se registró una explosión que movilizó hace tres días, el 8 de febrero de 2021, a diferentes organismos de emergencia para conocer y controlar, de ser posible, el origen del estallido que se ubicó en el área de controles. De inmediato y dada la gravedad del suceso, los trabajadores fueron evacuados por el riesgo de intoxicación; en el reporte se asienta que se derramaron cientos de litros de aceite y como consecuencia se inició un gran incendio. La descarga fue de tal magnitud que las autoridades del gobierno anunciaron una alerta para toda la zona y sus alrededores con la finalidad de que las personas suspendieran sus actividades al aire libre, mientras se dispersara el humo altamente tóxico en el ambiente, para evitar mayores daños a la salud” (Gómez, 2021).

Los hechos hasta el momento vemos que mucho tiene que ver con los seres humanos, pensar en una o más estrategias desde mi percepción personal sería la sustitución de reactivos peligrosos, por menos peligros para el medio ambiente y que sean renovables.

2.3.3. *Accidentes ocupacionales*

Definición:

“Un accidente es un incidente que ha dado lugar a un daño, deterioro de la salud o a una fatalidad” (OHSAS 18001, 2007, p. 4)

Seguridad y salud ocupacional son “Condiciones y factores que afectan o podrían afectar, la salud y seguridad de empleados, trabajadores temporales, contratistas, visitas y cualquier otra persona en el lugar de trabajo” (OHSAS 18001, 2007, p. 6)

“El factor humano es importante, ya que las personas no pueden hacer frente a determinadas condiciones, especialmente las imprevistas. Por definición, los accidentes son imprevistos y la mayoría de las personas tienen dificultad para manejar situaciones imprevistas” (Saari, 2002).

(ISO/ DIS 45001, 2018, p. 16), menciona que “se debe mejorar el desempeño de la seguridad salud en el trabajo durante los cambios planificados tales como el traslado de instalaciones el rediseño de los procesos o la sustitución de la maquinaria y las plantas”.

El decreto supremo N° 005-2012-TR, establece que “El Accidente de Trabajo (AT) es todo suceso repentino que sobrevenga por causa o con ocasión del trabajo y que produzca en el trabajador una lesión orgánica, una perturbación funcional, una invalidez o la muerte. Es también accidente de trabajo aquel que se produce durante la ejecución de órdenes del empleador, o durante la ejecución de una labor bajo su autoridad, y aun fuera del lugar y horas de trabajo”. La misma definición es compartida en el decreto supremo N° 023-2017-EM.

La REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. (2021). Menciona que la palabra “ocupacional tiene como adjetivo. Pertenece o relativo a la ocupación laboral y por otra parte ocupación significa trabajo, empleo u oficio”. De lo mencionado por la REAL ACADEMIA ESPAÑOLA, inferimos que los accidentes ocupacionales son accidentes de trabajo.

Problemática en la extracción de oro:

Los accidentes ocupacionales en la minería, “según el reporte del Ministerio de Energía y Minas de accidentes ocupacionales reporta un total de 3171 accidentes entre leves, incapacitantes y mortal, en diferentes actividades mineras, en el año 2020”. En su informe: Índice de Frecuencia y Severidad de Accidentes de Trabajo. (Ministerio de Energía y Minas, 2020)

Al ver las cifras vemos que hay un problema muy grave en la industria minera, lo cual nos hace hacer conciencia de que tan riesgoso puede ser el trabajo en el sector minero, por lo que tiene que plantearse muchas estrategias para reducir esta cantidad de accidentes.

Estrategia para reducción de accidentes ocupacionales en la extracción de oro:

En el presente trabajo se pretendió aplicar de manera sistemática la α -ciclodextrina, con la finalidad de reducir accidentes ocupacionales, al ser este un compuesto orgánico que no causa daño a las personas por ende se reducirían los accidentes ocupacionales en la extracción de oro, en otras palabras, es sustituir los compuestos que se vienen usando en la extracción del oro por uno menos tóxico.

2.3.4. Extracción Ecológica

Hablar de la extracción ecológica es hablar de usar reactivos químicos para la extracción de oro que sean ambientalmente benignos.

(Anastas y Warner, 2000) mencionan que “la industria química, los gobiernos, la academia y las organizaciones no gubernamentales han tomado diferentes medidas para enfrentar el reto de la interfase entre la química y la sustentabilidad. Entre ellas se encuentran la Iniciativa Global para el Cuidado Responsable del Consejo Internacional de Asociaciones Químicas, las conferencias sobre química sustentable de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) y diversas leyes y convenios internacionales para la regulación de los productos y procesos químicos”.

2.3.5. Química verde

Porque hablar de química verde, la química verde nace como una respuesta de los científicos preocupados por el daño del medio ambiente de parte del ser humano, y, en consecuencia, varios

autores comienzan a definirla y describirla algunos de estas definiciones y descripciones se mencionan a continuación:

“La Química Verde consiste en el diseño y rediseño de procesos y productos químicos, que contribuyan a prevenir los problemas de contaminación, en lugar de provocar dichos problemas y luego buscar cómo solucionarlos”. (Anastas y Warner, 2000)

“A lo largo de la última década, la química verde ha demostrado cómo pueden proteger las metodologías científicas fundamentales. La salud humana y el medio ambiente en un beneficio económico manera. Se están logrando avances significativos en varias investigaciones clave áreas como la catálisis, el diseño de productos químicos más seguros y disolventes benignos para el medio ambiente, el desarrollo de materias primas renovables. Los químicos actuales y futuros están siendo entrenados para diseñar productos y procesos con una mayor concienciación ambiental. Actividades de divulgación dentro de la química verde. Con la finalidad de tener un desarrollo sostenible”. (Anastas y Kirchhoff, 2002).

“Para todos los vinculados con el ámbito químico, debe ser ya un compromiso tener presente las particularidades múltiples de la Química Verde; los principios que la rigen, las diferentes áreas que permiten aplicarla y, sobre todo, la necesidad de implantar esta nueva metodología para beneficio del ambiente. Asimismo, es importante resaltar que es ya obligado tener conocimiento claro que el objetivo primordial de esta nueva manera de hacer química es la prevención de la contaminación más no su remediación” (Doria y Ruvalcaba, 2013).

“La química verde consiste en productos químicos y procesos químicos diseñados para reducir o eliminar los impactos ambientales negativos. El uso y la producción de estos productos químicos pueden implicar productos de desecho reducidos, componentes no tóxicos y eficiencia mejorada”. (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos [EPA], 2014).

A continuación, se muestra los principios de la química verde propuestos por (Vargas y Ruiz).

- I. "Prevención: Es preferible evitar la producción de un residuo que tratar de limpiar lo una vez que se haya formado". Vargas y Ruiz (2007).
- II. "Economía atómica: Los métodos de síntesis deberán diseñarse de manera que incorporen al máximo, en el producto final, todos los materiales". Vargas y Ruiz (2007).
- III. "Uso de metodologías que generen productos con toxicidad reducida: Siempre que sea posible, los métodos de síntesis deberán diseñarse para utilizar y generar sustancias que tengan poca o ninguna toxicidad, tanto para el hombre como para el medio ambiente". Vargas y Ruiz (2007).
- IV. "Generar productos eficaces, pero no tóxicos: Los productos químicos deberán ser diseñados de manera que mantengan la eficacia a la vez que reduzcan su toxicidad". Vargas y Ruiz (2007).
- V. "Reducir el uso de sustancias auxiliares: Se evitará, en lo posible, el uso de sustancias que no sean imprescindibles (disolventes, reactivos para llevar a cabo separaciones, etc.) y en el caso de que se utilicen que sean lo más inocuos posible". Vargas y Ruiz (2007).
- VI. "Disminuir el consumo energético: Los requerimientos energéticos serán catalogados por su impacto medioambiental y económico, reduciéndose todo lo posible. Se intentará llevar a cabo los métodos de síntesis a temperatura y presión ambientes".
- VII. "Utilización de materias primas renovables: La materia prima ha de ser preferiblemente renovable en vez de agotable, siempre que sea técnica y económicamente viable". Vargas y Ruiz (2007).
- VIII. "Evitar la derivatización innecesaria: Se evitará en lo posible la formación de derivados (grupos de bloqueo, de protección/desprotección, modificación temporal de procesos físicos/químicos)".
- IX. "Potenciación de la catálisis: Se emplearán catalizadores (lo más selectivos posible), reutilizables en lo posible, en lugar de reactivos estequiométricos". Vargas y Ruiz (2007).
- X. "Generar productos biodegradables: Los productos químicos se diseñarán de tal manera que al finalizar su función no persistan en

el medio ambiente, sino que se transformen en productos de degradación inocuos”. Vargas y Ruiz (2007).

XI. “Desarrollar metodologías analíticas para la monitorización en tiempo real: Las metodologías analíticas serán desarrolladas posteriormente, para permitir una monitorización y control en tiempo real del proceso, previo a la formación de sustancias peligrosas”. Vargas y Ruiz (2007).

XII. “Minimizar el potencial de accidentes químicos: Se elegirán las sustancias empleadas en los procesos químicos de forma que se minimice el riesgo de accidentes químicos, incluidas las emanaciones, explosiones e incendios”. Vargas y Ruiz (2007).

Ya conocido las definiciones y principios de la química verde, como lo llevamos a la práctica de qué forma que consideraciones se debe tener para lograr llevarlo a la práctica, en el presente trabajo de investigación primero se demuestra que el oro que se encuentra en el mineral es extraído con α -ciclodextrina, para lograrlo nos basamos en las siguientes aplicaciones de conceptos y/o constructos a una escala de pruebas de laboratorio.

2.3.6. Cinética química

Diferentes autores definen a la cinética como:

La cinética química se encarga del estudio de la velocidad de reacción química.

(Patel, 2012, p. 9) “menciona que la cinética química, también conocida como cinética de reacción, es el estudio de las tasas de procesos y mecanismo de las reacciones químicas, efecto de diversas variables, Incluyendo desde la reorganización de átomos, formación de intermedios, etc. Estudiantes, investigadores, investigadores científicos, químicos y fraternidades de la industria necesitan comprender la cinética química para poder controlar las reacciones industriales, y sus mecanismos comprendidos la cinética química también proporciona una idea para hacer predicciones”.

2.3.7. Relación entre la cinética química y la termodinámica

La termoquímica obedece a las leyes de la termodinámica por lo que podemos deducir que la cinética química al tener una relación con la termodinámica se ve afectada por la temperatura, presión y el número de moles de los reactivos.

El número de moles nos va a dar la cantidad de reactivo que está involucrado en la reacción que le ocurre.

Ambos constructos son deducidos por:

(Misra p. 69) “menciona que la termodinámica en química es hablar de la termoquímica que se encarga de estudiar los cambios de energía (ΔU) y los cambios de entalpía (ΔH) de diversos tipos de transformaciones, físicas y reacciones químicas se denomina termoquímica”.

(Patel, 2012, p. 31) menciona que “existe una relación cercana y obligatoria entre la cinética y la termodinámica”.

“Es el área de la química que estudia la velocidad o rapidez con que ocurren las reacciones químicas. La velocidad de las reacciones químicas se ve afectada por varios factores, es decir, factores que influyen en la velocidad de las mismas” (Robles, 2009, p. X).

“La velocidad de una reacción química puede estar afectada por diversas variables. En los sistemas homogéneos las variables son la temperatura, la presión y la composición” (Levenspiel, 1986, p. 5).

2.3.8. Relación entre la química verde y la cinética química

Ya sabemos que la cinética química estudia la velocidad de la reacción química y Vargas y Ruiz (2007). Mencionamos “los principios de la química verde es usar reactivos benignos, renovables, condiciones de reacción, etc. Que no dañen a las personas y el medio ambiente”. Pero esta concepción no deja de ser parte de la química y las reacciones que ocurren en el ámbito de la química verde también están afectas a las variables que afectan la velocidad de reacción química en otras palabras la cinética química.

Lo interesante de aplicar una reacción química contemplando los principios de la química verde es pensar primero en las personas y el medio ambiente, con estas reglas, ocurre que las variables de la cinética química va limitarse como consecuencia de respetar los principios de la química verde, esto se convierte en un verdadero reto para el presente trabajo de investigación, ya que la industria extractiva de oro, tiene elevada recuperación de mineral precioso, por lo que la aplicación de la química verde en el proceso de extracción de oro del mineral además de ser ambientalmente benigna, no dañar a las personas tiene que competir con recuperación de oro del mineral en algunos casos superiores al 90% con los reactivos de extracción de oro convencionales como cianuro y mercurio, los cuales se mencionan a continuación.

2.3.9. Extracción de oro

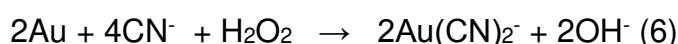
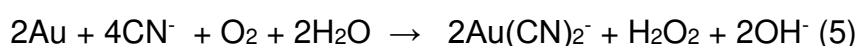
A continuación, se muestra el proceso de extracción de oro con reactivos convencionales como cianuro o mercurio.

Para extraer el oro lo más común es lixiviarlo con cianuro de potasio o amalgamar con mercurio.

Extracción de oro con cianuro de sodio.

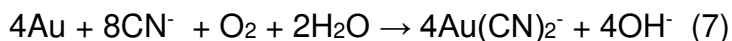
(Srithammavut, 2008, p. 8). “Menciona que la técnica de cianuración de oro se ha utilizado como la principal técnica de extracción de oro desde la A finales del siglo XIX. Esto es debido a costo relativamente bajo y gran efectividad para la disolución del oro. Además, a pesar de algunas preocupaciones sobre la toxicidad del cianuro, se puede aplicar con poco riesgo para la salud y el medio ambiente”.

“La extracción del oro del mineral con el cianuro se produce por lixiviación del oro con el cianuro, el mecanismo de lixiviación del oro se muestra con las reacciones químicas propuestas por” (Marsden y House, 1992); (Kondos et al, 1995); (De Andrade y Hodouin, 2005).



La suma de las dos reacciones parciales se presenta en la ec. (7), según lo propuesto por

Elsner:



“Esta reacción nos muestra los reactivos y los productos de reacción que tiene la extracción de oro con cianuro, la excelente recuperación del oro con cianuro que puede llegar a ser a un 95% de recuperación si se manipula correctamente las variables de la cinética de reacción química” (Dadgar, 1989).

“La forma más tóxica del cianuro es el HCN gaseoso. La Conferencia Norteamericana de Higienistas Industriales Gubernamentales (ACGIH) establece el límite de umbral tope de HCN en 4.7 ppm. En concentraciones de 20 a 40 ppm de HCN en el aire, se puede observar cierto malestar respiratorio después de varias horas. La muerte ocurre en pocos minutos con concentraciones de HCN por encima de aproximadamente 250 ppm en el aire, para el cianuro libre, la dosis letal en humanos por ingestión o inhalación varía entre 50 y 200 mg (1 a 3 mg de cianuro libre por kg. de masa corporal). La dosis letal por absorción dérmica es considerablemente mayor, alrededor de 100 mg por kg de peso corporal”. (Logsdon et al., 2001).

Extracción de oro con mercurio.

“Al igual que el cianuro el mercurio es selectivo para la extracción de oro, el mercurio forma con el oro una amalgama que se calienta hasta que el mercurio se evapore y queda el oro este método es usado por la minería aurífera artesanal y en pequeña escala; el sitio donde se usa esta práctica de evaporación de la amalgama de oro tiene alcanzan concentraciones peligrosamente elevadas y casi siempre superan el límite fijado por la OMS para la exposición de las personas, que es de $1,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ” (Organismo Mundial de la Salud [OMS], 2013).

El Organismo Mundial de la Salud “Concluye La exposición al mercurio en las comunidades donde se practica la minería aurífera artesanal y en pequeña escala se acompaña de efectos nocivos sobre la salud como disfunción renal, trastornos auto inmunitarios y síntomas del sistema nervioso. Las concentraciones urinarias de

mercurio en las comunidades donde se practica la superan las que se han asociado con efectos nocivos neurales y renales. El pescado, fuente importante de proteínas de muchos grupos de población en las zonas donde se practica la minería aurífera artesanal, está contaminado con mercurio según se desprende de las concentraciones de este". (OMS, 2013).

Al igual que el cianuro vemos que el mercurio causa daños a nuestra salud y medio ambiente, pero es una forma simple y excelente de extraer el oro del mineral.

Ambos casos de extracción vemos que están muy estudiados y que las recuperaciones obtenidas de oro superan el 90%, pero no cumplen los principios de la química verde, por lo que tienen un gran potencial de poder causar daño al medio ambiente y a las personas, como ya ha ocurrido a lo largo de la historia.

2.3.10. Método de extracción de oro con α -ciclodextrina

Introducción

Antes de iniciar el presente procedimiento experimental se tuvo como base que una solución de tetrabromuro de oro y potasio reacciona con α -ciclodextrina y se extrajo el oro sin contaminar el medio ambiente y dañar a las personas. (Cao et al., 2013). La matriz con la que trabajó se puede considerar como agua que contenía oro en forma de tetrabromuro de oro y potasio.

En el presente procedimiento de extracción se trabajó en la matriz mineral, el oro de la matriz se encuentra como oro nativo que no ha sido oxidado, de antemano se sabe que el oro es difícil de oxidar por lo que pocos reactivos logran oxidarlo, el α -ciclodextrina no tuvo la capacidad de oxidar al oro en forma nativa y se mantuvo inalterado en la muestra.

Ya con los resultados de que el α -ciclodextrina no oxidó al oro nativo del mineral, se realizó una oxidación previa del oro del mineral el cual se realizó en base al siguiente artículo, (Sousa et al., 2017, pp. 16-23),

al cual se modificó los parámetros operativos para aplicarlo a la muestra de mineral, el artículo científico precedente oxido al oro nativo de una muestra de mineral usando una solución de bromo el producto de la oxidación fue el tetrabromuro de oro, luego se regulo el pH entre 4 a 6 con hidróxido de potasio y se formó el tetrabromuro de oro y potasio, ya con el tetrabromuro de oro y potasio en solución acuosa se aplicó la α -ciclodextrina siguiendo los lineamientos del artículo científico de (Cao et al., 2013).

De los dos artículos científicos mencionados se propone el siguiente procedimiento experimental precisado en la parte de método.

Alcance

El presente método extrae oro de muestras de mineral, independiente de la concentración de otros metales susceptibles a oxidación que están dentro del mineral por el bromo.

Objetivos de método propuesto

- Extraer oro del mineral con α -ciclodextrina.
- Reducir los accidentes ocupacionales e impactos ambientales negativos.

Interferentes

Los metales susceptibles a oxidación pueden consumir el oxidante bromo y no dejar bromo para que reaccione el oro.

Método

a. Reactivos.

Los reactivos usados fueron de grado reactivo de la marca Merck, Sigma Aldrich y J.T. Baker, Fisher.

- Solución de bromo: agregar bajo una campana extractora los siguientes reactivos (30 mL Hipoclorito de sodio 5.25%, 4.4g bromuro de potasio 99.99%, 42 mL de ácido clorhídrico 1M y 28 mL de agua tipo 1).

- Solución de Hipoclorito de sodio 5.25%.
- Bromuro de sodio 99.99%.
- Solución de Ácido clorhídrico 1M.
- α -ciclodextrina.
- Papel filtro Whatman 42.
- Tiosulfato de sodio PA
- Agua tipo 01.

b. Equipos

- Agitador magnético con calentamiento.
- Horno de petróleo, capaz de llegar a una temperatura de 1200 °C.
- Balanza analítica.
- Refrigerante de bola.
- Sistema de reflujo de vidrio.
- Balón de destilación.
- Magnetos revestidos de teflón.
- Cronometro.

c. Pretratamiento de la muestra

La muestra de mineral es secada a una temperatura de 105 °C en una estufa hasta peso constante (el peso constante se obtiene con una variedad entre pesos y secada consecutiva de 0.5g)

La muestra seca es chancada y pulverizada con una chancadora rompe mandíbula, luego con una tritadora de rodillos.

d. Tratamiento de la muestra

Se pesa entre 10 a 100g de muestra pretratada en la balanza analítica y trasvasamos al balón de destilación, el peso de muestra dependerá de la cantidad de oro que tenga la muestra de mineral.

Se procede a agregar en el siguiente orden 28 mL de agua, 42 mL de solución de ácido clorhídrico, 4.4 g de bromuro de potasio y 30 mL de la solución de hipoclorito de sodio (solución de bromo); a la muestra que está dentro del balón de destilación. Si se ve la desaparición del color anaranjado, agregar más reactivos para la formación de bromo

manteniendo la proporción inicial y proseguir el procedimiento experimental.

Luego programamos el equipo agitador magnético con calentamiento a una temperatura de 95 °C y procedemos a lixiviar la muestra por 6 horas.

Pasado las 6 horas se realiza vacío conectando una trampa conteniendo tiosulfato de sodio, para neutralizar el exceso de bromo.

Seguido dejamos enfriar el balón de destilación con la muestra lixiviada por 30 minutos a temperatura ambiente.

Luego se procede a filtrar en papel filtro Watman N°42.

A la solución filtrada se le regula el pH entre 4 y 6 con hidróxido de potasio.

Volvemos a filtrar si es que se vemos la formación de sólidos.

Agregamos (1.5 mL, 26.7 mM) de α -ciclodextrina por cada (1mL, 20mM) de tetrabromuro de oro y potasio, formado.

Procedemos a filtrar con papel filtro Watman N°42, la solución filtrada se reduce con 300 mg de tiosulfito de sodio.

El proceso de reducción produce un precipitado de oro sólido, la solución líquida producto de la reducción vuelve a producir α -ciclodextrina que se recristaliza para su reutilización.

CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

El tipo de investigación se realizará en el presente trabajo pertenece al marco de la investigación aplicada, el mismo que consiste en ver la influencia de la variable independiente aplicación sistemática de α -ciclodextrina en la variable dependiente reducción de accidentes ocupacionales e impactos ambientales negativos.

El diseño de investigación es experimental donde diagrama se elaboró en base al diseño propuesto por (Kerlinger, 2002, p. 445), es el siguiente:

Mr	E1	X	E2	(Experimental)
	C1	-X	C2	(Control)

Dónde:

Mr: Es la muestra correspondió al total de 25 muestras de mineral que representan a un lote de 5000g de mineral y 36 personas encuestadas que representan a una población de 100 personas.

E1, C1: Es la línea base o prueba de entrada correspondió a la administración de las pruebas de matriz de identificación de aspectos ambientales, la matriz de identificación de peligros y evaluación de riesgos antes de la manipulación de la variable independiente, vale decir, la aplicación sistemática de α -ciclodextrina en la extracción de oro y se administró la escala Likert.

X: Es el experimento y se realizó de la siguiente manera: Se Manipuló la variable independiente vale decir la extracción de oro con la aplicación sistemática de α -ciclodextrina, para reducir los accidentes

ocupacionales y los impactos ambientales negativos, que consistirá en realizar análisis químicos del suelo y agua colindantes al lugar donde se realizan las pruebas de extracción de oro del mineral usando α -ciclodextrina y los productos generados, y, el desarrollo de la matriz de identificación de aspectos ambientales, también, la matriz de identificación de peligros y evaluación de riesgos, finalmente la evaluación del índice de riesgo ocupacional en la extracción de oro del mineral con α -ciclodextrina y la encuesta tipo Likert. Con lo que se logrará determinar que se reduce de manera significativa los accidentes ocupacionales e impactos ambientales negativos.

-X: Es el grupo de control donde no se manipuló la variable independiente, vale decir, no aplicaremos sistemáticamente el α -ciclodextrina en la extracción de oro, si no, otra sustancia que podría ser el cianuro y mercurio en la extracción de oro. Estas dos sustancias se aplicaron para controlar, que en el grupo de control no influya la variable independiente ni otras intervinientes.

E2, y C2: Es el post test, correspondió a la administración de las mismas pruebas basadas en la matriz identificación de aspectos ambientales, la matriz de identificación de peligros y evaluación de riesgos y encuesta de Likert. Para el recojo de los datos y tratar de reducir los accidentes ocupacionales e impactos ambientales negativos en la extracción de oro.

3.2. Unidad de análisis

En la presente investigación se consideró dos tipos de unidad de análisis:

- a) Oro extraído del mineral usando α -ciclodextrina. Esta unidad de análisis nos ayudó a determinar la influencia de extracción de oro con α -ciclodextrina y los efectos del proceso de extracción sobre la salud de los trabajadores y el medio ambiente.
- b) Profesionales con experiencia en la extracción de oro de mineral encuestado, los trabajadores encuestados nos dieron sus juicios de valor en la extracción de oro usando α -ciclodextrina. Ya que no se

ha usado el α -ciclodextrina en la industria, los profesionales encuestados no conocen el proceso de extracción de oro con α -ciclodextrina, por lo que antes de obtener el juicio de valor, se explicó el proceso de la extracción de oro con α -ciclodextrina, nos permitió determinar en qué medida se puede reducir los accidentes ocupacionales e impactos ambientales negativos.

3.3. Población de estudio

Estuvo conformada por 100 profesionales que tienen conocimiento en técnicas de extracción de oro y un composito de un total de 5000g de mineral proveniente de Nasca, Arequipa y Andahuaylas, cuyas características se describen a continuación.

Código de muestra		Mineral 01 AZ		
Matriz		Mineral		
Fecha de Composito		01/07/2019		
Hora de Composito (horas)		18:00		
Procedencia	País	Perú		
	Ciudades	Nasca	Arequipa	Andahuaylas
Peso de muestra usada para el composito por lugar de procedencia (g)		1700	1700	1600
Peso total de muestra usada para el composito (g)		5000		
Condiciones físicas	Tamaño de partícula (mm)	<0.074 mm		
	Humedad (%)	0		

3.4. Tamaño de muestra

Estuvo conformada por: 36 profesionales que tengan conocimiento en técnicas de extracción de oro (muestra 1), que representan el 36 % de la población y 5 muestras de 100 g de mineral y 20 muestras de 20 g de mineral (muestra 2), que representan al 18 % de los 5000 g de mineral, cuya composición mineralógica se muestra en la tabla 1.

Características	Población	Unidades	Muestra	Porcentaje de muestra con respecto a la población
profesionales que tienen conocimiento en técnicas de extracción de oro	100	personas	36	36 %
composito de un total de 5000g de mineral proveniente de Nasca, Arequipa y Andahuaylas	5000	gramos	900	18 %
Promedio				27 %

Tabla 1*Composición mineralógica mineral AZ*

Composición mineralógica global	Porcentaje (%)
Ganga	33.5
Calcopirita	32.89
Galena	13.3
Pirita	12.1
Esfalerita	4.5
Covelita	Traza
Bornita	Traza
Digenita	Traza
Magnetita	Traza
Molibdenita	Traza
Sulfosales	Traza
Cobre gris	Traza
Arsenopirita	Traza
Pirrotita	Traza
Hematita	Traza
Plata	Traza
Oro	0.002174

Fuente. Informe de ensayo BIZ-F-11 Ver. 01 e informe de ensayo julio 22-2019. LABPERU EIRL.

Nota. La presente tabla muestra los resultados obtenidos del análisis mineralógico por microscopía óptica, electrónica de barrido y difracción de rayos X de una muestra y el análisis de oro por vía seca, el porcentaje de oro es de 0.002174 %, que equivale a 21.74 mg/Kg y 0.314 g de oro en la muestra mineral AZ.

3.5. Selección de la muestra

La muestra se tomó usando un “muestreo no probabilístico que es el muestreo propositivo propuesto por (Kerlinger, 2002, p. 160), porque se eligieron a juicio del investigador con la finalidad que los resultados que se obtendrán logren dar la percepción de la reducción de accidentes ocupacionales y reducción de impactos ambientales negativos en la aplicación de la α -ciclodextrina en la extracción de oro, por lo que selecciona como muestra a 36 profesionales que tengan conocimiento en técnicas de extracción de oro, de modo que los resultados de sus juicios de valor sean lo más real posible en el tema de estudio del presente trabajo de investigación.

El mineral que es parte de la muestra se tomó con la finalidad de obtener resultados para determinar la influencia de la α -ciclodextrina en la extracción de oro del mineral, para lograr tal fin se opta por usar la técnica de muestreo especificado en la ISO 12743 Copper, lead, zinc and nickel concentrates — Sampling procedures for determination of metal and moisture content.

Dicha técnica se basó en varias etapas, las cuales son homogenización, cuarteos y toma de muestras por incrementos; con la finalidad de obtener muestras homogéneas para aplicar las pruebas de determinación de la influencia de la α -ciclodextrina en la extracción de oro del mineral.

3.6. Técnica de recolección de datos

Para recoger nuestros datos se usó las siguientes técnicas de recolección de datos:

1era técnica de recolección de datos

Encuesta tipo Likert, que es un estudio de campo cuantitativo, con la cual se recabó los resultados para poder evaluar a través del juicio de valor de cada encuestado si se reduce los accidentes ocupacionales y la reducción de los impactos ambientales negativos, al ser esta aplicada a la muestra.

Estos datos nos sirvieron para aceptar o rechazar la hipótesis específica 2

2da técnica de recolección de datos

Pruebas de determinación de la influencia de la α -ciclodextrina en la extracción de oro del mineral, con la finalidad de reducir accidentes ocupacionales e impactos ambientales negativos.

Para ver la influencia de α -ciclodextrina en la extracción de oro se basó en dos trabajos de investigación los cuales son los siguientes:

1er proceso:

Consiste en oxidar el oro con bromo con la finalidad de formar el complejo KAuBr_4 tomando como base los lineamientos del procedimiento descrito en el artículo científico de (Sousa et al., 2017).

2do proceso:

Con el KAuBr_4 obtenido en el 1er proceso se procede a aplicar el proceso de extracción de oro según el artículo científico de (Cao et al., 2013).

Para la demostración de hipótesis específica 02, se realizó análisis en laboratorio en base a los parámetros indicados en el decreto supremo N° 010-2010-MINAM para el caso de efluentes líquidos productos de la extracción de oro con la α -ciclodextrina y decreto supremo N° 011-2017-MINAM para el caso de los relaves (residuos de extracción de oro del mineral con α -ciclodextrina).

El procedimiento experimental de ambos procesos se encuentra descritos secuencialmente en el anexo 01.

Con lo que se aceptó la hipótesis 02.

Con estas dos técnicas de recolección de datos se aceptó o la hipótesis general.

3.7. Análisis e interpretación de la información

La información recabada de las técnicas de recolección de datos se describe a continuación:

La muestra constó de 36 profesionales que tengan conocimiento en técnicas de extracción de oro y 900 g de mineral donde se tomó 5 sub muestras, de 100 gramos y luego 20 sub muestras de 20g donde se realizó las pruebas analíticas descrita en el anexo 01, lo cual permitió la optimización del proceso extracción de oro, concluido la primera parte de la extracción de oro se procedió a realizar la extracción de oro del mineral con α -ciclodextrina que se describió en el anexo 01, para los cuales se hicieron las pruebas de extracción en la que se consideró 20 réplicas de muestras de 20 gramos.

La interpretación de la información se realizó con los siguientes estadísticos de prueba para la demostración de las hipótesis:

- Gráfico de barras, nos permitió evaluar las frecuencias de los resultados obtenidos en la encuesta tipo Likert.
- Índice de riesgo ocupacional (IRO)

Se expresa como:

$$\text{IRO} = \text{IP} \times \text{IS}$$

$$\text{IP} = \text{IE} + \text{IF} + \text{II} + \text{IC}$$

Donde:

IE = Frecuencia de exposición al peligro.

IF = Frecuencia del riesgo.

II = Implementación de controles.

IC = Capacitación.

IP = Probabilidad.

IS = Severidad.

- Porcentaje del índice de riesgo ocupacional

$$IROM = \frac{IROp}{IROMáx} \times 100$$

$$IROnm = 100\% - IROM$$

Donde:

IROM = Porcentaje de que el índice de riesgo ocupacional se materialice en un accidente de trabajo.

IROP = Promedio de índices de riesgo ocupacional de todas las etapas de un determinado proceso.

IROMáx = Índice de riesgo ocupacional máximo de acuerdo a la calificación bajo, medio y alto del siguiente cuadro, el cual fue de 25.

IRO	Nivel de Riesgo
Bajo	1 - 7
Medio	8 - 12
Alto	13 - 25

IROnm = Porcentaje de que el índice de riesgo ocupacional no se materialice en un accidente de trabajo.

- Índice de riesgo ambiental (IRA)

Se define como:

$$IRA = IM + IS + IPI + IP$$

Donde:

IM = Índice de magnitud.

IS = Índice de severidad del aspecto ambiental.

IPI = Índice de opinión de las partes interesadas.

IP = Índice de probabilidad de ocurrencia del aspecto ambiental.

IRA = Índice de riesgo ambiental.

- Porcentaje del índice de riesgo ambiental

$$IRAm = \frac{IRAp}{IRAmáx} \times 100$$

$$IRAnm = 100\% - IRAm$$

Donde:

IRAm = Porcentaje de que el índice de riesgo ambiental provoque un impacto ambiental.

IRAp = Promedio de índices de riesgo ambiental de todas las etapas de un determinado proceso.

IRAmáx = Índice de riesgo ambiental máximo de acuerdo a la calificación bajo, medio y alto del siguiente cuadro, el cual fue de 12.

IRA	Nivel de Riesgo
Bajo	< 8
Medio	8 – 9
Alto	10 – 12

IRAnm = Porcentaje de que el índice de riesgo ambiental no se materialice en un impacto ambiental.

- Cuantificación de oro por técnica analítica de ensayos al fuego.

Gramos de oro = Masa de oro determinada en microbalanza (g)

- Prueba de Kolmogorov-Smirnov, “se basa en una prueba de hipótesis de una muestra para determinar si la población de la cual extrajo su muestra es no normal. Muchos procedimientos

estadísticos dependen de la normalidad de la población, de modo que recurrir a una prueba de normalidad para determinar si se rechaza este supuesto pudiera ser un paso importante en su análisis. La hipótesis nula para una prueba de normalidad establece que la población es normal. La hipótesis alternativa establece que la población es no normal. Para determinar si los datos de su muestra provienen de una población no normal, usted puede elegir entre cuatro pruebas”.

Esta prueba se determina de la siguiente manera:

$$D = \max \left| F_n(X) - F_0(X) \right|$$

Donde:

$F_n(X)$: Función de distribución muestral.

$F_0(X)$: Función teórica o correspondiente a la población normal especificada en hipótesis nula.

Se evalúa la normalidad de una población con una presentación gráfica de probabilidad normal, la cual genera de manera gráfica valores de datos ordenados en comparación con los valores que usted espera sean cercanos a los primeros, si la población de la muestra está normalmente distribuida. Si la población es normal, los puntos de la gráfica conformarán una línea aproximadamente derecha.

- Prueba de t-studen de una muestra para determinar la veracidad de los resultados. La prueba t de una muestra o intervalo de confianza t para la media. Se usa para calcular un intervalo de confianza y valor de probabilidad y así poder saber si los resultados obtenidos son veraces.

$$t_{\text{cal}} = \frac{[V_{\text{ref}} - V_{\text{cal}}] * n^{(0.5)}}{S_r} \quad \begin{array}{l} t_{\text{cal}} < t_{\text{crítico}} \\ \text{p-value} \geq 0.05 \end{array}$$

Donde:

t cal = Es el t calculado

Vref = Valor de referencia

Vcal = Valor calculado

n = Numero de datos

Sr = Desviación estándar de repetibilidad

t-critico = Es el valor de t para un intervalo de confianza de 95% y (n) números de datos.

- Prueba de comparación del RSDr de Horwitz y el RSD calculado para determinar la precisión de los resultados.

$$\text{RSD} = \frac{S * 100}{X} \quad \text{RSDr} < 0.67 * \text{RSD}_R$$

Y

$$\text{RSD}_R (\%) = 2^{(1-0.5*\log(C))}$$

Donde:

RSDr = Desviación estándar relativa obtenida de resultados experimentales.

RSD_R = Desviación Estándar Relativa obtenida de la ecuación de Horwitz

S = Desviación estándar simple obtenido de las pruebas experimentales de extracción de oro con α-ciclodextrina.

X = Promedio obtenido de los valores de pruebas experimentales de extracción de oro con α-ciclodextrina.

C = Resultado de la cantidad de oro obtenido en la muestra, analizado en laboratorio.

- Determinación del porcentaje de recuperación de oro obtenido al aplicar el procedimiento del anexo 01, para lo cual se cuantificó una muestra de oro en un laboratorio por la técnica gravimétrica de ensayos al fuego.

$$\%R = \frac{V_{\text{expe}}}{C} * 100$$

Donde:

%R = porcentaje de recuperación

V_{expe} = Cantidad de oro obtenido con la extracción de oro con α -ciclodextrina o bromo en (g)

C = Resultado de la cantidad de oro obtenido en la muestra, analizado en laboratorio en (g)

- Realización de las reacciones químicas ocurridas durante la aplicación del procedimiento experimental del anexo 01, para evaluar el efecto que tiene los productos generados en el medio ambiente y la salud de las personas para lo cual nos basaremos en una comparación con la información proporcionada en las hojas de seguridad de los reactivos y productos formados.

Se expresó mediante reacciones químicas que ocurren en el 1er proceso y 2do proceso.

3.8. Hipótesis y variables

“El primer paso en un proceso de ensayo de hipótesis es la formulación de la hipótesis estadística que se quiere aceptar o rechazar. Comúnmente, se formulan las hipótesis estadísticas con el propósito de rechazarlas para así probar el argumento deseado. Por ejemplo, para demostrar que un producto es mejor que otro, se hace la hipótesis de que son iguales, es decir, que cualquier diferencia observada es

debida únicamente a fluctuaciones en el muestreo. O, por ejemplo, si se quiere demostrar que una moneda está trucada (no existe la misma probabilidad de que salga cara o cruz) se hace la hipótesis de que no está trucada (es decir, la probabilidad p de cara o cruz es siempre 0.5) y a continuación se estudió si los datos de la muestra llevan a un rechazo de esa hipótesis. Por este motivo, a la hipótesis de partida que se quiere contrastar se la llama hipótesis nula, y se representa por H_0 . La hipótesis nula es por tanto la hipótesis que se acepta o rechaza como consecuencia del contraste de hipótesis. Por otra parte, la hipótesis que se acepta cuando se rechaza H_0 es la hipótesis alternativa, denotada por H_1 . Es decir, si se acepta H_0 se rechaza H_1 y al contrario. En el ejemplo de la moneda trucada la hipótesis nula sería $p = 0.5$ y la hipótesis alternativa $p < 0.5$. En muchas ocasiones una hipótesis nula referida a un parámetro poblacional especificar a un valor exacto del parámetro, mientras que la hipótesis alternativa incluirá la posibilidad de varios valores. Por otra parte, cuando se trate de comparar dos poblaciones, la hipótesis nula suele ser que las dos poblaciones tienen el mismo parámetro (ejemplo, media) y la alternativa, que los parámetros son diferentes” (Gorgas et al., 2011, p. 140).

3.8.1. Hipótesis general

H_0 : La aplicación sistemática de α -ciclodextrina en la extracción de oro influye significativamente en la reducción de accidentes ocupacionales e impactos ambientales negativos.

H_1 : La aplicación sistemática de α -ciclodextrina en la extracción de oro influye de manera escasa en la reducción de accidentes ocupacionales e impactos ambientales negativos.

3.8.2. Hipótesis específicas

Hipótesis específica 1

H_0 : El análisis químico del suelo y agua colindantes al lugar donde se realizan las pruebas de extracción de oro del mineral usando α -

ciclodextrina y los productos generados determina la medida en que estos pueden generar impactos ambientales negativos.

H₁: El análisis químico del suelo y agua colindantes al lugar donde se realizan las pruebas de extracción de oro del mineral usando α -ciclodextrina y los productos generados determina la medida en que estos no pueden generar impactos ambientales negativos.

Hipótesis específica 2

H₀: El desarrollo de la matriz de identificación de peligros y evaluación de riesgos, y, la evaluación del índice de riesgo ocupacional en la extracción de oro del mineral con α -ciclodextrina permite determinar la medida en que se puede reducir los accidentes ocupacionales.

H₁: El desarrollo de la matriz de identificación de peligros y evaluación de riesgos, y, la evaluación del índice de riesgo ocupacional en la extracción de oro del mineral con α -ciclodextrina no permite determinar la medida en que se puede reducir los accidentes ocupacionales.

3.9. Identificación de variables

En el presente trabajo se identificaron las siguientes variables:

Variable Independiente (X1)

La aplicación sistemática de α -ciclodextrina en la extracción de oro

Variable Dependiente (Y)

Reducción de accidentes ocupacionales e impactos ambientales negativos

3.10. Operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Definición real o dimensiones	Definición operacional o indicadores	Instrumentos de recolección de datos
Variable Independiente (X1) la aplicación sistemática de α -ciclodextrina en la extracción de oro	Martínez y Gómez (2007). Menciona que. "Las ciclodextrinas son compuestos macrocíclicos formados por varias unidades de glucosa unidas mediante enlaces α -D-(1,4). A pesar de su alta solubilidad en agua, la cavidad interna de las ciclodextrinas es apolar y estos compuestos son capaces de producir complejos anfitrión- huésped mediante la inclusión de moléculas hidrófobas. Igualmente, las ciclodextrinas actúan como anfitriones en la formación de compuestos de inclusión de polímeros, dando lugar a complejos cristalinos a través de interacciones no covalentes. Las cadenas del polímero huésped quedan confinadas en los canales de las ciclodextrinas de forma extendida y aisladas de los efectos de las cadenas vecinas. La liberación de los polímeros huésped a partir de sus complejos de inclusión, puede conducir a una significativa reordenación estructural y morfológica. Finalmente, se ha conseguido la miscibilidad de mezclas incompatibles, mediante la coalescencia de compuestos de inclusión poliméricos con ciclodextrinas que contienen dos polímeros inmiscibles".	Unidades de glucosa α -D-(1,4). Solubilidad. Cavidad interna apolar. Complejo anfitrión huésped	1. Unión de varias unidades de glucosa 2. Alta solubilidad. 3. Mediana solubilidad 4. Baja solubilidad 5. Compuesto no soluble en agua 6. Hidrato de carbono de bajo costo 7. Se perciben ambientalmente benignas 8. Acepta como huésped al oro en forma de tetrabromuro áurico y potasio. 9. Reacciona con agentes reductores recuperando el oro y volviendo a generar la ciclodextrina	1. Análisis de oro por la técnica de ensayos al fuego. 2. Análisis de oro por la técnica de plasma inductivamente acoplado ICP-OES. 3. Hojas de seguridad de reactivos usados en extracción de oro. 4. Análisis de pH. 5. Análisis de aceites y grasas. 6. Análisis de cianuro total. 7. Análisis de cadmio total. 8. Análisis de cobre total. 9. Análisis de hierro disuelto. 10. Análisis de plomo total. 11. Análisis de mercurio. 12. Análisis de cinc total. 13. Análisis de demanda química de oxígeno. 14. Análisis de demanda bioquímica de oxígeno.
Variable Dependiente (Y) Reducción de accidentes ocupacionales e impactos ambientales negativos	El impacto ambiental negativo es el efecto que produce la actividad humana sobre el medio ambiente. El concepto puede extenderse a los efectos de un fenómeno natural catastrófico. Técnicamente, es la alteración de la línea de base ambiental.	Análisis cuantitativo de reactantes Productos de reacción generados en la extracción de oro con α -ciclodextrina.	1. Análisis de reactivos y productos formados en la extracción de oro con α -ciclodextrina 2. Identificación de productos de reacción. 3. Comparación de productos identificados con su MSDS individual de cada producto generado.	1. Hojas de seguridad de productos de reacción (MSDS). 2. Desarrollo de matriz IPER para los productos de reacción de la lixiviación de oro con α -ciclodextrina 3. Desarrollo de matriz de aspectos ambientales. 4. Determinación del índice de riesgo ocupacional. 5. Determinación de nivel de impacto ambiental. 6. Encuestas tipo Likert.
	Accidentes ocupacionales es un suceso repentino que sobreviene por causa o con ocasión del trabajo y que produce pérdidas tales como lesiones personales, daños materiales, derroches y/o impacto al medio ambiente; con respecto al trabajador le puede ocasionar una lesión orgánica, una perturbación funcional, una invalidez o la muerte.	Posibles accidentes que sobreviene con ocasión del trabajo en la extracción de oro con α -ciclodextrina Daños materiales Impacto negativo al medio ambiente Lesiones personales Pérdidas humanas	4. Aplicación sistemática de la matriz IPER de seguridad y salud en el trabajo 5. Aplicación sistemática de las hojas de seguridad 6. Aplicación de sistema de matriz IPER Ambiental. 7. Cantidad de personas lesionadas y fallecidas	

Fuente. Propia

3.11. Matriz de consistencia

Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Variables
			Independiente (X1)
¿En qué porcentaje la aplicación de α -ciclodextrina en la extracción de oro en mineral influye en la reducción de accidentes ocupacionales e impactos ambientales negativos?	Determinar en qué porcentaje la aplicación de α -ciclodextrina en la extracción de oro influye en la reducción los accidentes ocupacionales e impactos ambientales negativos.	<p>Ho: La aplicación sistemática de α-ciclodextrina en la extracción de oro influye significativamente en la reducción de accidentes ocupacionales e impactos ambientales negativos.</p> <p>H₁: La aplicación sistemática de α-ciclodextrina en la extracción de oro influye de manera escasa en la reducción de accidentes ocupacionales e impactos ambientales negativos.</p>	La aplicación sistemática de α -ciclodextrina en la extracción de oro.
Problema Específico N° 1	Objetivo Específico N° 1	Hipótesis Específica N° 1	Dependiente (Y)
¿En qué medida los reactivos usados y los productos generados en la extracción de oro del mineral con α -ciclodextrina pueden contaminar el medio ambiente?	Determinar en qué medida los reactivos usados y los productos generados en la extracción de oro del mineral con α -ciclodextrina pueden contaminar el medio ambiente.	<p>Ho: El análisis químico del suelo y agua colindantes al lugar donde se realizan las pruebas de extracción de oro del mineral usando α-ciclodextrina y los productos generados determina la medida en que estos pueden generar impactos ambientales negativos.</p> <p>H₁: El análisis químico del suelo y agua colindantes al lugar donde se realizan las pruebas de extracción de oro del mineral usando α-ciclodextrina y los productos generados determina la medida en que estos no pueden generar impactos ambientales negativos.</p>	Reducción de accidentes ocupacionales e impactos ambientales negativos
Problema Específico N° 2	Objetivo Específico N° 2	Hipótesis Específica N° 2	
¿En qué medida los reactivos usados y los productos generados en la extracción de oro del mineral con α -ciclodextrina pueden causar accidentes ocupacionales?	Determinar en qué medida los reactivos usados y los productos generados en la extracción de oro del mineral con α -ciclodextrina pueden causar accidentes ocupacionales.	<p>Ho: El desarrollo de la matriz de identificación de peligros y evaluación de riesgos, y, la evaluación del índice de riesgo ocupacional en la extracción de oro del mineral con α-ciclodextrina permite determinar la medida en que se puede reducir los accidentes ocupacionales.</p> <p>H₁: El desarrollo de la matriz de identificación de peligros y evaluación de riesgos, y, la evaluación del índice de riesgo ocupacional en la extracción de oro del mineral con α-ciclodextrina no permite determinar la medida en que se puede reducir los accidentes ocupacionales.</p>	

Fuente. Propia

CAPÍTULO 4: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis, interpretación y discusión de resultados

Para extraer el oro se basó en el artículo de (Cao et al., 2013). Que extraen el oro con la α -ciclodextrina a partir del siguiente compuesto químico que contiene oro (KAuBr_4), en el mineral el oro no se encontró como (KAuBr_4), si no se encontró como Electrum y oro nativo en la muestra, según el informe de ensayo OTIV-79 Rev.0.

Teniendo en consideración que el oro se encontró como Electrum y oro nativo, se buscó un oxidante fuerte que nos ayude a formar el compuesto (KAuBr_4), para lo cual usó la técnica indicada en el artículo científico de (Sousa et al., 2017, pp. 16-23). Que usó una mezcla de hipoclorito de sodio, bromuro de potasio y ácido clorhídrico para la formación del oxidante bromo (Br_2), luego calentó a $90\text{ }^\circ\text{C}$ y en agitación se forma la especie química (KAuBr_4), que es lo que se pretendió obtener para la posterior extracción del oro con α -ciclodextrina.

En base a los artículos de los párrafos precedentes se creó el procedimiento experimental mencionado en el anexo 01.

Análisis de la variable independiente (X1): La aplicación sistemática de α -ciclodextrina en la extracción de oro.

Con respecto a la presente variable, se usaron las siguientes técnicas de recolección de datos:

Análisis de oro por la técnica de ensayos al fuego.

Análisis de oro por la técnica de plasma inductivamente acoplado ICP-OES.

Al aplicar sistemáticamente la α -ciclodextrina en la extracción de oro, tuvimos que realizar la extracción de oro del mineral con α -ciclodextrina antes de proceder con la aplicación de los métodos de ensayo al fuego

o ICP-OES, para determinar la cantidad de oro que se pudo extraer con α -ciclodextrina.

Para lograr tal fin se aplicó a las muestras de 01 a 05 el procedimiento experimental indicado en el anexo 01 del presente trabajo de investigación, donde se obtuvo resultados de 0 % de recuperación de oro, lo que se muestra en la tabla 02.

Interpretación

Figura 2

Prueba 1 del mineral AZ más solución de bromo



Fuente. Propia

Nota. La presente figura muestra, que la decoloración inmediata del bromo (naranja) cuando entra en contacto con la muestra mineral AZ, y sin calentamiento, quedando un color transparente.

De lo observado interpretamos que la decoloración del bromo, se debió a la formación de nuevas especies químicas, dicha observación se notó en las pruebas correspondientes a las muestras de 01 a 09.

Figura 3

Calcinación de mineral AZ en horno de petróleo



Fuente. Propia

Nota. La presente figura muestra el desprendimiento de vapores producto de la calcinación de la muestra mineral AZ a 935 °C por 15 minutos.

Las pruebas posteriores fueron calcinadas, incluidas las muestras 6 a 9, durante el proceso de calcinación se observó el desprendimiento de vapores blancos y se percibió un fuerte olor a sulfuros, el desprendimiento de vapores que se observó en la figura 3, indicó que están eliminando componentes de la muestra mineral AZ por evaporación, también, se observó que la muestra mineral AZ luego de la calcinación se tornó de un color negro a un color marrón, de lo que se observó y percibió; se interpreta que al momento de la calcinación la muestra mineral AZ ha sufrido cambios químicos.

Figura 4

Filtrado de la muestra luego del lixiviado de mineral AZ con bromo



Fuente. Propia

Nota. La presente figura muestra que al momento de la filtración del lixiviado se muestra una solución color celeste.

En la figura 4 se observó que la solución filtrada es de color celeste luego de la lixiviación con bromo, en las pruebas 6 a 9 se notó esta característica, de lo observado se dedujo que durante el proceso de lixiviación en las pruebas indicadas hubo una reacción química que formó una nueva especie.

La prueba 9, además de usar una masa de 20 g, se trabajó con una temperatura de 120 °C y nos dio 0% de recuperación de oro en el lixiviado en comparación con las pruebas 10 y 11, dan una recuperación de 2.9 % y 3.2 % respectivamente, trabajando bajo las mismas condiciones que la muestra 9 a excepción de la temperatura que en este caso se trabajó con 95 °C, se interpreta además del

consumo de bromo por algunas especies químicas susceptibles de oxidación, también, se puede perder el bromo por cambios físicos.

Figura 5

Lixiviado de la muestra mineral AZ con agua



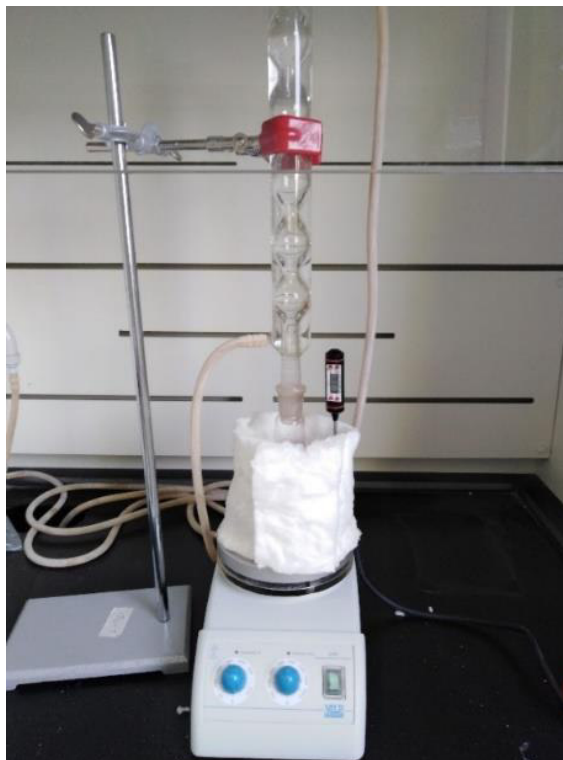
Fuente. Propia

Nota. La figura muestra el lixiviado de la muestra mineral AZ calcinada, que se encuentra en el papel filtro donde se observa que la solución de lavado se torna de color celeste.

Las pruebas 12 a 25 fueron lixiviadas con agua desionizada, a razón de 1:10 peso de mineral volumen de agua desionizada, se observó en la figura 5 que la solución filtrada es de color celeste, se interpretó que la solución se tornó de color celeste debido a que el agua solubiliza especies químicas que componen la muestra.

Figura 6

Lixiviación de la muestra con bromo en plancha de calentamiento

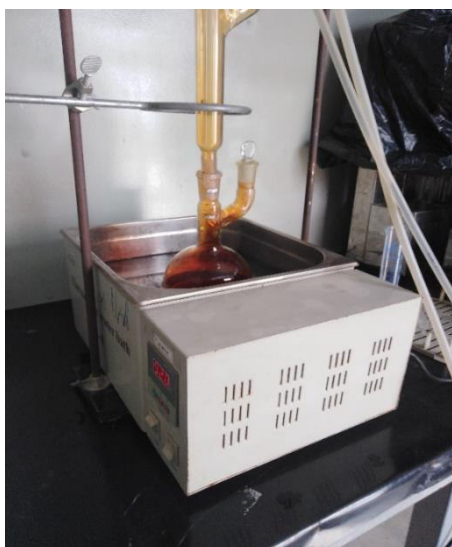


Fuente. Propia

Nota. La figura muestra lixiviación de la muestra con solución de bromo a 95°C, en plancha de calentamiento.

Figura 7

Lixiviación de la muestra con bromo en baño maría



Fuente. Propia

Nota. La figura muestra la lixiviación de la muestra con solución de bromo a 95°C, en baño maría.

Las pruebas de 12 a 25, se usó 20 g de KBr, 120 mL de NaClO, 100 mL de HCl 1M y 80 mL de agua desionizada, para formar el bromo, este no se desapareció durante toda la lixiviación, del enunciado se interpreta que si se produjo suficiente bromo para que reaccione con el oro.

En la prueba 12 se usó una plancha de calentamiento, cubriendo la muestra con una capa de lana de vidrio como se muestra en la figura 6 para mantener la temperatura de calentamiento de 95 °C, en las pruebas de 13 a 25 se optó por el uso de un baño maría como se muestra en la figura 7 para realizar el calentamiento, en las pruebas de 12 a 25 se notó que la coloración característica del bromo no se desapareció durante toda la lixiviación, de este enunciado se interpretó que la cantidad de bromo formado en las pruebas 12 a 25, no desapareció por lo que si hubo el suficiente bromo para que reaccione con el oro.

Figura 8

Eliminación del exceso de bromo

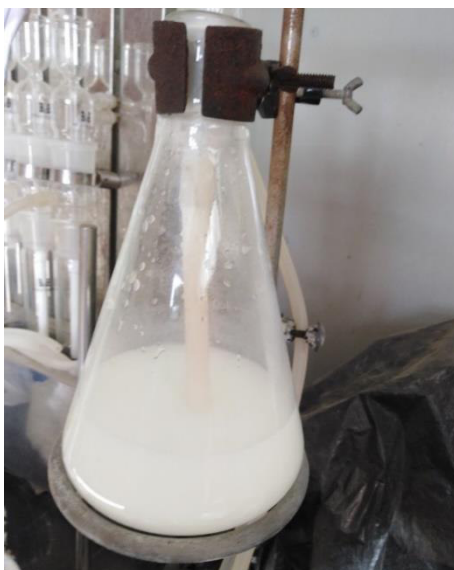


Fuente. Propia

Nota. La imagen muestra un sistema de concepción de vacío con un matraz que sirve conteniendo tiosulfato disuelto en agua, que sirve para neutralizar el exceso de bromo en forma de gas.

Figura 9

Solución de tiosulfato de sodio luego de la eliminación del bromo



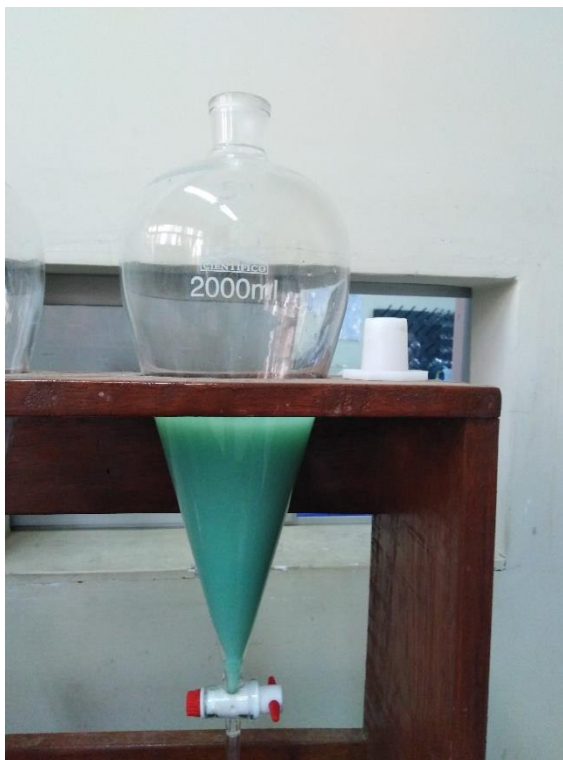
Fuente. Propia.

Nota. La figura muestra la reacción del exceso de bromo extraído por vacío sobre una solución de tiosulfato de sodio.

Al sistema de lixiviación de oro se adaptó un matraz con solución de tiosulfato de sodio conectado a una bomba de vacío, así se extrajo el bromo en exceso y así se neutralizó el bromo, luego de haber realizado vacío al sistema de destilación, la solución de tiosulfato de sodio se tornó blanca lechosa como se muestra en la figura 9, donde se observó la eliminación de la coloración anaranjada, se interpreta que el bromo se ha neutralizado por un cambio químico con el tiosulfato de sodio.

Figura 10

Solución lixiviada de extracción de oro con bromo



Fuente. Propia.

Nota. La figura muestra la solución lixiviada luego de la lixiviación y eliminación del exceso de bromo, donde se reguló el pH entre 4 a 6.

A las pruebas 17 a 25, que tienen una recuperación de oro superior a 87 % con la lixiviación de bromo, a estas muestras se le realizaron las pruebas de extracción con de α -ciclodextrina, bajo los lineamientos del anexo 01, cuando ajustamos el pH entre 4 y 6 se nota la formación de un precipitado verdoso como se muestra en la figura 10, posteriormente este precipitado se separó por filtración, donde se agregó porciones de agua, a la solución filtrada se le agregó α -ciclodextrina como se indica en el anexo 01, no se observó cambio alguno, se interpreta que la formación del complejo rojizo característico formado por la reacción del tetrabromuro de oro y potasio, y, la α -ciclodextrina, se debió a dos posibilidades la reacción no se dio o es impermisible a la vista, igualmente se continuó con el procedimiento experimental, por lo que se adicionó tiosulfito de sodio como se indica en el anexo 01, el cual no

se observó cambio alguno. Dicha solución se procedió a analizar por la técnica de ICP-OES, la cual dio resultados de recuperación de oro menores al 4.0 %.

Análisis de la variable dependiente (Y): Reducción de accidentes ocupacionales e impactos ambientales negativos.

Para poder analizar e interpretar la variable dependiente (Y) reducción de accidentes ocupacionales e identificación de aspectos y evaluación de impactos ambientales, se usaron las siguientes técnicas de recolección de datos:

Matriz de identificación de peligros y evaluación de riesgos.

Matriz de identificación de aspectos y evaluación de impactos ambientales

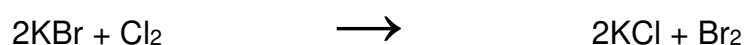
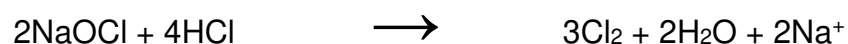
Hojas de seguridad de los productos generados

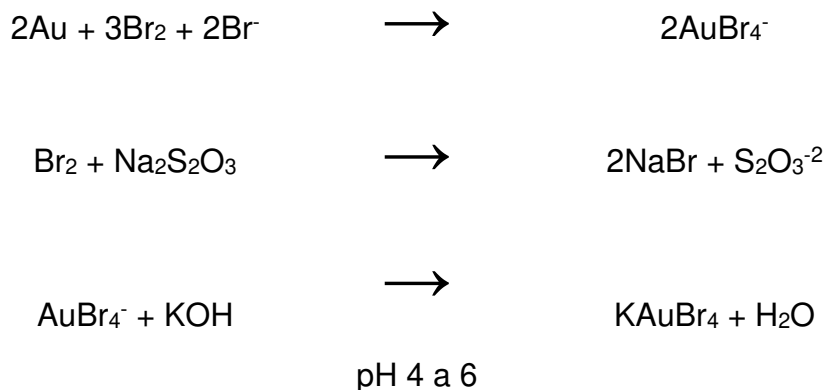
Encuesta tipo Likert

Interpretación

Las muestras de 1 a 25 se usaron para demostrar las hipótesis del presente trabajo de investigación, se realizó con el procedimiento experimental mencionado en el anexo 01.

En el anexo 01 indicó que reactivos se usa para la extracción de oro con mineral, pero no se menciona nada de los productos formados durante las reacciones ocurridas, durante el proceso de extracción de oro, de acuerdo al artículo científico de (Sousa et al., 2017, pp. 16-23). Ocurren las siguientes reacciones químicas:





De las reacciones químicas se interpretó que se formaron nuevas especies químicas, las cuales fueron evaluadas en la matriz de identificación de peligros y evaluación de riesgos, matriz de identificación de aspectos, y, evaluación de impactos ambientales y hojas de seguridad de los productos generados.

El análisis del suelo y agua dentro del laboratorio donde se realizaron las pruebas de extracción de oro mostraron que los resultados estuvieron por debajo de los límites máximos permisibles de los decretos supremos N° 011-2017-MINAM y decreto supremo N° 010-2010 MINAM, lo cual se interpretó que no hubo contaminación ambiental durante el procedimiento de extracción de oro mostrado en el anexo 01.

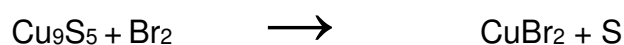
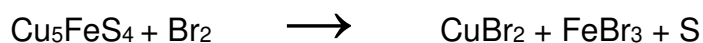
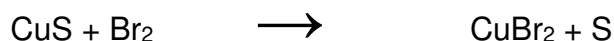
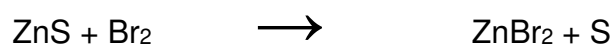
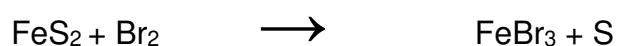
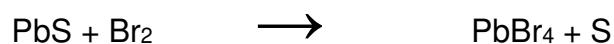
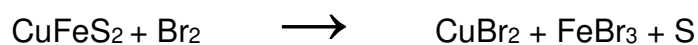
La encuesta que se realizó a parte de la muestra de 36 profesionales con conocimientos en la extracción de oro, se realizó con la finalidad de obtener juicios de valor con respecto a la extracción de oro con reactivos convencionales como el cianuro y mercurio, y, el α -ciclodextrina, también se vio la relación de estos con respecto a los accidentes ocupacionales e impactos ambientales negativos, de los resultados de las 15 preguntas de la encuesta realizada a los profesionales encuestados, se interpretó de acuerdo al juicio de valor de los profesionales encuestados, que el cianuro y mercurio son reactivos con la capacidad de hacer daño al medio ambiente y a las personas que lo manipulan, así mismo el α -ciclodextrina es menos

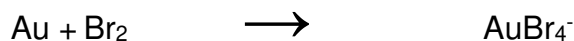
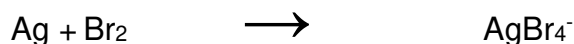
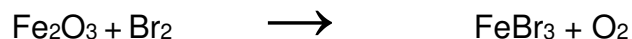
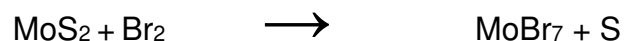
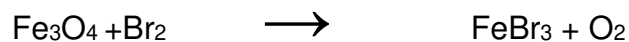
dañino que el cianuro y mercurio, tanto para el medio ambiente y las personas que lo manipulan.

Discusión de resultados

El bromo (Br_2) que se usó en la lixiviación del oro en la muestra de mineral es un oxidante fuerte que oxida al oro, pero no es selectivo por lo que puede oxidar a otras especies químicas que conforman el mineral, ya que por medio del análisis de ICP-OES de la solución lixivante con bromo mostró que el bromo a disuelto a varios metales lo cual se muestra en la tabla 15.

La tabla 03, mostró los resultados de difracción por rayos X del mineral AZ, lo cual mostró que especies mineralógicas se encuentran en un porcentaje elevado, las reacciones químicas que se producen entre estas especies mineralógicas y el bromo; éstas se mostraron a continuación y se realizaron en base a la teoría de oxidación reducción de (Vogel, 1983, p. 124).



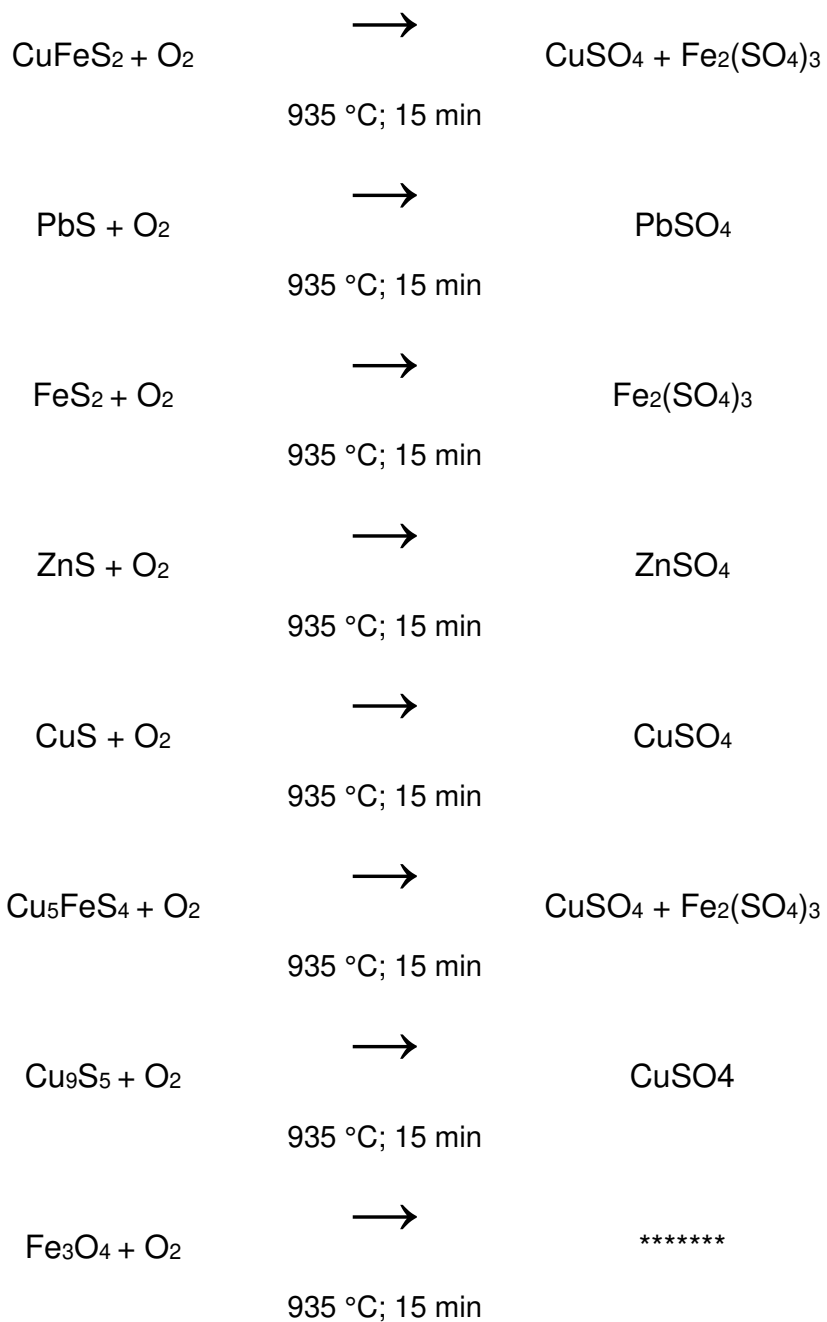


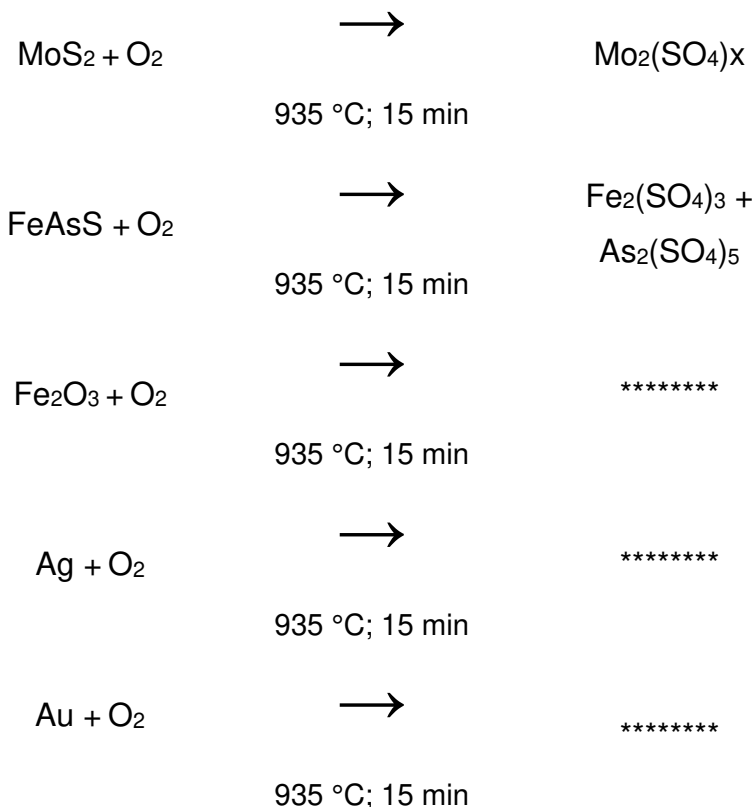
Las reacciones químicas muestran que el bromo reacciona en primer lugar con los minerales de mayor abundancia y fáciles de oxidar consumiéndose así todo el bromo, esto se mostró por la decoloración del bromo; al no haber bromo el oro que hay en la muestra no reaccionó y se mantuvo inalterado, por lo que cuando se analizó el lixiviado supuestamente rico en oro por la técnica de ICP-OES, dan cero de concentración de oro.

Las pruebas de 1 a 5 fueron de 100g y se aplicó el tratamiento del artículo científico de, (Sousa, et al., 2017, p. 16-23). Donde se obtuvo 0 % de recuperación de oro. En dicho artículo las muestras de mineral que usaron fueron de procedencia holandesa y obtuvieron resultados de porcentaje de recuperación mayor al 90 %, la composición de sus muestras no se menciona en el artículo precedente. Por lo que en el presente trabajo de investigación se realizó algunas modificaciones para obtener resultados esperados con muestras de origen peruano, como es la muestra mineral AZ.

La calcinación de la muestra mineral AZ se realizó en un horno de petróleo a una temperatura de 935 °C por un periodo de durante 15

minutos, y se eliminó las especies de sulfuros y oxidar los minerales que componen la muestra, con la finalidad de que no interfieran en la oxidación de oro con bromo, en el proceso de calcinación ocurrió las siguientes reacciones químicas, estas reacciones se realizaron en base a la teoría de oxidación reducción. (Vogel, 1983, p. 124).





Los productos químicos formados mostrados en las reacciones químicas líneas arriba, formaron especies químicas con su mayor estado de oxidación por pérdida de electrones, también ocurrió que parte del sulfuro fue eliminado por evaporación en el momento de la calcinación y otra parte formó nuevas especies químicas.

En un mineral la presencia de minerales sulfurados le da una coloración negra, el cambio de color a marrón demostró que el mineral AZ luego de la calcinación ha perdido todos los sulfuros y formado nuevas especies químicas, lo que se mostró en las reacciones químicas propuestas líneas arriba, en consecuencia, se logró eliminar las especies químicas: Covelita, Bornita, Digenita, Magnetita, Molibdenita, Arsenopirita, Pirrotita y Hematita.

Las pruebas 6 a 9 usaron 20 g de la muestra mineral AZ calcinado, se obtuvieron 0 % de recuperación de oro en el lixiviado, lo que indicó que el oro se mantuvo inalterado en la muestra.

La solución filtrada es de color celeste luego de la lixiviación con bromo, en las pruebas 6 a 9, se debió a la formación de la solución de sulfato de cobre pentahidratado y sulfato de manganeso que tienen este color característico, esto indicó que a pesar de la calcinación para eliminar interferentes aún hay especies químicas en la muestra que reacciona con el bromo y lo consumen; por ese motivo el oro se mantiene inalterado y los resultados muestran 0 % de recuperación, en las pruebas de 6 a 9 se redujo la masa de la muestra a 20 g y las muestras de 7 a 9 se trabajó con una temperatura mayor a 95 °C, el resultado fue el mismo 0% de recuperación, ya que todo el bromo se consumió por las especies oxidables del mineral AZ, por lo que no hubo posibilidad de que este oxidara el oro.

La prueba 9 se trabajó a 120 °C y la recuperación es de 0 %, lo que indicó que el oro se mantuvo inalterado en la muestra, esto se debió a que la elevada temperatura hace que se pierda el exceso de bromo en la solución lixivante y por tal motivo la recuperación fue de 0 %, en comparación con las pruebas 10 y 11 se trabajó a 95 °C y dieron una ligera recuperación de 2.9 % y 3.2 %, la diferencia se debió a la temperatura de calentamiento, por lo que se dedujo que a una temperatura de 120 °C se evaporó la solución lixivante de bromo y no quedó nada para reaccionar con el oro de la muestra.

La lixiviación con agua de la muestra mineral AZ, se realizó con la finalidad de solubilizar los interferentes solubles formados después de la calcinación y eliminarlos por medio de filtración, en base a los datos de la tabla 4.

Tabla 2*Solubilidades de especies químicas*

Formula molecular	Solubilidad en (g/100g de H ₂ O a 20°C)
CuSO ₄	27,5
Fe ₃ (SO ₄) ₂	48.0
PbSO ₄	0,0041
ZnSO ₄	60.0

Fuente. (Zegarra, 2013).

Nota. La tabla muestra las solubilidades de las especies químicas que se formaron luego de la calcinación de la muestra, a 20 °C de temperatura.

En base a las solubilidades mostradas en la tabla 02, se lixivio la muestra calcinada con agua desionizada, a una razón de 1:10 de mineral a agua desionizada, con lo que se eliminó las especies químicas mayoritarias que reaccionan con el bromo las cuales son: Sulfato cúprico (CuSO₄), sulfato de cinc (ZnSO₄) y sulfato férrico Fe₃(SO₄)₂ y sulfato plúmbico (PbSO₄), la eliminación de estas especies mencionadas líneas arriba se mostraron en los resultados de lectura por ICP-OES, del mineral oxidado lixiviado de la tabla 14; donde se mostró que no se elimina en su totalidad las especies químicas mayoritarias mencionadas líneas arriba Cu, Pb y Zn si no que se eliminó 0.631, 0.146 y 0.120 g respectivamente, por lo que además de las especies químicas mencionadas líneas arriba, los elementos Cu, Pb y Zn, formaron especies insolubles al agua usada para la lixiviación y por lo tanto al haber presencia de minerales oxidables en la muestra, estos consumieron el bromo en su oxidación y no dejan nada para reaccionar al oro.

Por lo que para las pruebas 12 a 25, se decidió hacer el lixiviado del mineral oxidado con agua, con la finalidad de que se pueda usar un mínimo de bromo para la oxidación del oro.

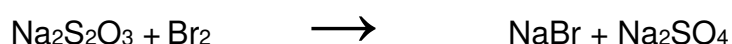
Las pruebas 12 a 25 se usó 20g de KBr, 120 mL de NaClO, 100 mL de HCl 1M y 80 mL de agua desionizada, dicha mezcla formó más cantidad

de bromo, para que las especies químicas interferentes no consumieran todo el bromo y quede bromo para que reaccione el oro, las pruebas 12 a 25 se usaron la misma cantidad de bromo y presentaron resultados de recuperación de oro mayor al 50 %.

La prueba 12 se realizó a 95 °C, usando una plancha de calentamiento para llevar la muestra a 95 °C, se obtuvo un resultado de 51.9 % de recuperación de oro, con 4 horas de lixiviación; las pruebas de 13 a 18 donde se usó un baño maría para el calentamiento se obtuvo resultados entre 77.4 % a 88.5 % de recuperación de oro en 4 horas de lixiviación. La única diferencia que hay entre la prueba 12 y las pruebas 13 a 18, es el equipo de calentamiento; el porcentaje de recuperación de oro en las pruebas 13 a 18, son superiores a la prueba 12, esto se debió a que con el baño maría usado para el calentamiento hubo una transmisión de calor homogénea en el balón usado para la lixiviación de la muestra, lo que no ocurrió con la plancha de calentamiento, esto se debió a que esta solo calienta la base del balón usado para la lixiviación y la transmisión de calor no es homogénea en todo el balón.

Los resultados de las pruebas 19 a 25, se realizaron aumentando el tiempo de lixiviación a 6 horas, con la finalidad de que más oro reaccione con el bromo y aumente la recuperación, en efecto se logró un aumento en la recuperación de oro, que va entre 90.5 % a 94.9 %.

El vacío realizado al exceso de bromo que se encuentra en una temperatura de 95 °C, superior a su punto de ebullición y se recibió en un matraz con solución de tiosulfato de sodio, esta rápidamente reaccionó reduciéndose a su forma de bromuro de sodio, como se muestra en la siguiente ecuación química. La teoría de oxidación reducción. (Vogel, 1983, p. 124).



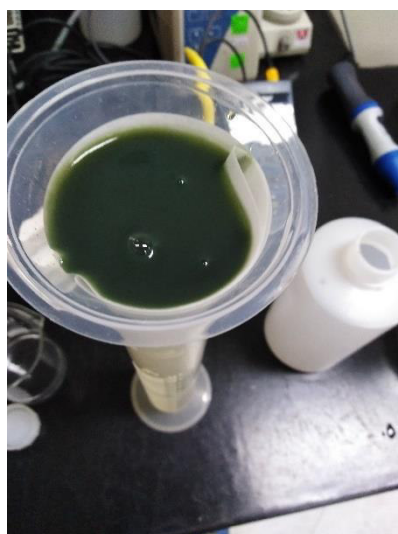
Los productos formados fueron químicamente estables a temperatura ambiental, fácilmente manipulables y de transportar, esta afirmación se

sustentó con la evaluación de las hojas de seguridad de los reactivos y productos mostrados en las tablas 18 y 19.

A las pruebas de 17 a 25 donde se realizó la extracción de oro con α -ciclodextrina, se ajustó el pH entre 4 y 6, donde se formó un precipitado verdoso, producto de la precipitación del cobre y otras especies insolubles al pH de 4 a 6, como se muestra en la figura 11. (Cao et al, 2013, p. 6).

Figura 11

Ajuste de pH del lixiviado de mineral AZ



Fuente. Propia.

Nota. La figura muestra que cuando se ajusta el pH entre 4 a 6, se forma un precipitado verdoso de las especies insolubles a dicho pH.

La solución filtrada es transparente, a dicha solución se le agregó α -ciclodextrina y no se vio el cambio químico esperado como se muestra en la figura 12.

Figura 12

Reacción de tetrabromuro áurico con α -ciclodextrina



Fuente. (Cao et al, 2013, p. 3).

Nota. La figura muestra el precipitado anaranjado rojizo que se forma entre el tetrabromuro áurico en solución y la α -ciclodextrina.

Dicho cambio no se vio debido a que al momento que se precipitaron las especies insolubles parte del oro se perdió en el precipitado ya que la cantidad de precipitado comparado con el oro, este es insignificante con un máximo de 0.002174 % de oro en el mineral.

En el artículo científico de (Cao et al., 2013, p. 6) Las pruebas experimentales no fueron realizadas con muestras de minerales, lo más cercano a un mineral fue “una aleación de Oro Rojo (58 % en peso de Au y 42 % en peso de Cu y Ag, % en peso Cu>Ag) y un trozo de Aleación de oro amarillo (58 % en peso de Au y 42 % en peso de Cu, Zn y Ag, % en peso Ag>Cu>Zn), los cuales les dio resultados de recuperación de oro entre 92 % a 95 %”.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación se realizaron en minerales que tuvieron una concentración de oro de 0.002174 % como se indica en la tabla 1, que durante el proceso de formación del tetrabromuro de oro y potasio, que es la especie de oro que usaron en el artículo científico de (Cao et al, 2013) y al ver poca cantidad de oro este se perdió con la presencia de otras especies de mineral que superan el 99 % de mineral, en todo el proceso.

Al tener una cantidad mínima de oro en forma de tetrabromuro de oro y potasio, y, aplicar la extracción con α -ciclodextrina mencionada en el

anexo 01, no se logró distinguir el oro debido a la pequeña cantidad del complejo de tetrabromuro de oro y potasio con α -ciclodextrina, pero las pruebas realizadas de ICP-OES mostraron una recuperación de 3.7 % a 3.9 % de oro, lo que probó que si se formó el complejo de tetrabromuro de oro y potasio con α -ciclodextrina.

La aplicación del procedimiento de extracción de oro del anexo 01, formó nuevas especies químicas, esto se debió a las reacciones que ocurren en el proceso de extracción de oro del mineral, dichas reacciones se mostraron líneas arriba en la discusión de resultados y siguiendo el procedimiento experimental mencionado en el anexo 01. En consecuencia, a estas nuevas especies químicas se aplicó las técnicas de recolección de datos como sigue:

Hojas de seguridad de los productos reactivos y productos generados mostró que estos pueden ocasionar quemaduras graves a la piel, irritación ocular grave y mortal en caso de inhalación para el bromo.

A pesar de que se usó reactivos con potencial de causar daño y se genera nuevas especies químicas en el proceso de extracción de oro, se obtuvo un índice de riesgo ocupacional de 2 el cual nos dio un nivel de riesgo bajo, así mismo, la determinación del IRO, involucra la evaluación en un proceso específico y la probabilidad de que pueda ocurrir un accidente ocupacional, en la presente tesis se analizó el IRO del proceso de extracción de oro con α -ciclodextrina, que es una evaluación del índice del riesgo que involucró las etapas de la aplicación del método de extracción de oro con α -ciclodextrina, de que el peligro pueda materializarse.

La matriz de identificación de aspectos y evaluación de impactos ambientales tuvo un índice de riesgo ambiental de 3 el cual dio un nivel de impacto bajo, dichos resultados se mostraron en las tablas 11 y 20, esto se debió a que los el tiempo de exposición a estos reactivos es corto y son fácilmente tratables, dicha matriz se contrasto con la matriz de (Fernandez, V. 2014. P. 253), la cual nos dio la importancia del

impacto irrelevante o incompatible con el medio ambiente, la cual se muestra en el anexo 12.

Los resultados de las muestras de agua y suelo que se analizaron se muestran en los anexos 7 y 8, estos se compararon con los LMP de los decretos supremos N° 011-2017 – MINAM ECA DE SUELOS y N° 010-2010 MINAM, todos los resultados estuvieron por debajo de los LMP de dichos decretos. Esto se debió a que los reactivos usados en la extracción de oro al final del proceso, se controló de manera eficiente y no contaminó el medio ambiente.

Para medir el grado de contaminación del suelo, se realizó un muestreo dirigido o a juicios de expertos, ya que en la presente tesis, hay la posibilidad de que emisiones atmosféricas puedan impactar el suelo, dicha técnica se detalla en. Guía para el muestreo de suelos del Ministerio del Ambiente. (2014).

Parte de la muestra conformada por 36 profesionales con conocimiento en la extracción de oro, se aplicó la encuesta tipo Likert que consistió en realizar 15 preguntas y se obtuvieron los juicios de valor con respecto a la extracción de oro del mineral con cianuro, mercurio y α -ciclodextrina y su relación con los accidentes ocupacionales e impactos ambientales negativos se discuten a continuación.

La tabla 21 mostró las carreras a las que pertenecen los profesionales con conocimiento en la extracción de oro, el cual nos dio un total de 34, 1 y 1 profesionales de la carrera de ingeniería metalúrgica, ingeniería química e ingeniería forestal y ambiental respectivamente, este resultado refleja que la carrera de ingeniería metalurgia es la que tiene más conocimiento de extracción de oro del mineral, al ser una carrera que se dedica al estudio de minerales, su extracción y transformación entre otros campos relacionados a minerales, a pesar del conocimiento en la extracción de minerales los resultados de la encuesta, mostraron que ninguno de los profesionales encuestados tuvieron conocimiento en la extracción de oro con α -ciclodextrina.

Las tablas 23 y 24, dieron resultados con respecto, si el uso de cianuro o mercurio en la extracción de oro del mineral es peligroso para las personas que la manipulan, se obtuvo lo siguiente:

Para el caso de extracción de oro con cianuro

19 % Estuvieron totalmente de acuerdo

53 % Estuvieron de acuerdo

Para el caso de extracción de oro con mercurio

31 % Estuvieron totalmente de acuerdo

53 % Estuvieron de acuerdo

Además de lo mencionado vimos que no hay encuestados para el caso de cianuro que estuvieran totalmente en desacuerdo con la pregunta mencionada sobre el uso del cianuro o mercurio.

Con esta respuesta se vio que los profesionales que han sido preparado para el uso de cianuro o mercurio en la extracción de oro en su gran mayoría estuvieron totalmente de acuerdo y de acuerdo con respecto a que estos reactivos son un peligro para los trabajadores que lo manipulan y para el medio ambiente, la evaluación también mostró que todo el conjunto de resultados de todos los encuestados tuvieron una actitud favorable con un resultado mayor a 108 y menos a 180.

“Otras encuestas realizadas en trabajos de investigación sobre la extracción de oro con cianuro y mercurio, revelaron con respecto a los elementos de suelo, los resultados de la investigación referente a la encuesta a los trabajadores de la concesión minera PIERINA XXI referente si la contaminación del suelo con mercurio y otros metales representa una amenaza en contra del bienestar de las futuras generaciones, del total de encuestados se tuvieron como resultados que de 58 personas encuestadas; el 31% están totalmente en desacuerdo, 45% están en desacuerdo, el 16% están de acuerdo y el 9% están totalmente de acuerdo”. (Vega, 2017). Vemos que en los juicios de valor de los profesionales encuestados del presente trabajo

de investigación su opinión es que estuvieron de acuerdo y totalmente de acuerdo en que el uso de cianuro y mercurio en la extracción de oro son peligrosos para las personas que la manipulan y el medio ambiente con un porcentaje mayor al 73% entre las alternativas totalmente de acuerdo y en acuerdo, por otra parte, en el trabajo de (Vega, 2017); muestra que el 76% está en desacuerdo y totalmente en desacuerdo que el uso del mercurio cause daño a las personas y el medio ambiente. Mi apreciación de este resultado es que depende de la muestra tomada en el trabajo de (Vega, 2017) se usó como muestra 58 mineros informales de la concesión minera Pierina XXI, por lo que su juicio de valor está abocado a la experiencia obtenida en la extracción de oro y no en conocimiento de seguridad ocupacional y medio ambiente.

Las preguntas 10 a 15 de la encuesta realizada en el presente trabajo de investigación correspondió a la extracción de oro con α -ciclodextrina, como los profesionales encuestados no conocían el procedimiento experimental aplicado en este trabajo de investigación, se da una pequeña explicación de cada etapa del proceso de extracción de oro con α -ciclodextrina, con la finalidad de que el juicio de valor refleje la percepción de un posible uso de la extracción de oro con α -ciclodextrina en la minería a nivel industrial.

Los juicios de valor de los profesionales encuestados con respecto a las etapas de extracción de oro con α -ciclodextrina se discutieron a continuación.

Primera etapa: lixiviación con solución de bromo.

Se realizó la lixiviación con solución de bromo durante 4 horas a 95 °C, donde el exceso de bromo luego de la lixiviación, es fácilmente tratable, luego de esta explicación se realiza las preguntas a los profesionales encuestados sintetizando se enuncia ¿Considera que el bromo es menos peligroso que el cianuro y mercurio teniendo en cuenta lo mencionado en el presente párrafo?

Las respuestas que se obtuvieron se mostraron en la tabla 34, con 42 % de los profesionales encuestados estuvieron de acuerdo y 8.3 %

estuvieron totalmente de acuerdo, por lo que un 72 % de los profesionales encuestados tuvieron una actitud positiva a considerar que sería menos peligroso usar el bromo que cianuro y mercurio,

Segunda etapa: Aplicación de α -ciclodextrina

Se menciona a los profesionales encuestados, que es α -ciclodextrina y cómo reacciona con el oro y se le pregunta ¿Considera que el α -ciclodextrina puede sustituir al cianuro y mercurio en la extracción de oro?

Las respuestas obtenidas se mostraron en la tabla 35, donde 39 % estuvieron de acuerdo, 17 % estuvieron totalmente de acuerdo, 28 % ni de acuerdo ni desacuerdo, los resultados muestran que hay una tendencia de más de 50 % de aceptar como sustituto del cianuro y mercurio por el α -ciclodextrina y considero que el 28 % presentó una indecisión de parte de los profesionales encuestados con respecto a la presente pregunta, por lo que se necesita brindarle más información para que las profesionales con indecisión puedan estar de acuerdo o totalmente de acuerdo, con respecto a la sustitución del cianuro y mercurio por α -ciclodextrina.

Ya discutido el juicio de valor de los profesionales encuestados sobre las etapas de extracción de oro con α -ciclodextrina, se obtuvo los juicios de valor de los profesionales encuestados respecto a la implicancia de la extracción de oro con α -ciclodextrina en relación con la seguridad ocupacional y medio ambiente, las tablas 36 a 39 mostraron resultados de acuerdo y totalmente de acuerdo mayores al 50 %, por lo que de acuerdo al juicio de valor de los profesionales encuestados sobre el uso de α -ciclodextrina en la extracción de oro permite sustituir el cianuro y mercurio, así mismo reducir los accidentes ocupacionales e impactos ambientales negativos en la extracción de oro del mineral, la evaluación de todos los encuestados mostraron una actitud positiva sobre esta premisa.

(Cao et al., 2013, p. 1). Menciono que Aislamiento selectivo de oro facilitado por coordinación de segunda esfera con α -ciclodextrina

“representa una estrategia prometedora que se basa en la coordinación de segunda esfera, proporcionando un procedimiento de hospedador-huésped muy atractivo para la recuperación de oro en forma de KAuBr_4 , a partir de materias primas con contenido de oro y haciendo uso de α -CD, un hidrato de carbono de bajo costo y ambientalmente benigna”.

Yo coincido con las respuestas obtenida de las encuestas y lo mencionado por los científicos (Cao et al, 2013), ya que las matrices de identificación de peligros y evaluación de riesgos, y, la matriz de identificación de aspectos y evaluación de impactos ambientales, mostraron niveles bajo de índice de riesgo ocupacional e índice de riesgo ambiental.

4.2. Pruebas de hipótesis

Hipótesis General

Ho: La aplicación sistemática de α -ciclodextrina en la extracción de oro influye significativamente en la reducción de accidentes ocupacionales e impactos ambientales negativos.

La hipótesis general se demostró en dos partes la primera parte tiene que ver con el proceso de extracción de oro “tratamiento 01”, para lo cual se usa los resultados que se obtuvieron bajo condiciones de repetibilidad mostrados en la tabla 3, donde se le aplica los estadísticos de prueba test de normalidad, Prueba de t-studen, RSDr Hortwitz y porcentaje de recuperación, de las cuales nacen las siguientes hipótesis.

Ho: El oro de la muestra mineral AZ, puede ser extraído por α -ciclodextrina.

H₁: El oro de la muestra mineral AZ, no puede ser extraído por α -ciclodextrina.

La cual uso los siguientes resultados y evaluaciones estadísticas para aceptar o rechazar la hipótesis nula sobre la extracción de oro con α -ciclodextrina.

Tabla 3*Masa de oro obtenido de la muestra mineral AZ*

N° de prueba	Característica de muestra	Masa de oro en la muestra Mineral AZ (mg)	Masa de oro en el lixiviado con bromo (mg)	Masa de oro en el lixiviado con α -ciclodextrina
17	Mineral AZ (Calcinado) - lavado con agua	0.314	0.276	0.0116
18	Mineral AZ (Calcinado) - lavado con agua	0.314	0.278	0.0118
19	Mineral AZ (Calcinado) - lavado con agua	0.314	0.284	0.0118
20	Mineral AZ (Calcinado) - lavado con agua	0.314	0.286	0.0117
21	Mineral AZ (Calcinado) - lavado con agua	0.314	0.292	0.0118
22	Mineral AZ (Calcinado) - lavado con agua	0.314	0.295	0.0122
23	Mineral AZ (Calcinado) - lavado con agua	0.314	0.289	0.0120
24	Mineral AZ (Calcinado) - lavado con agua	0.314	0.298	0.0122
25	Mineral AZ (Calcinado) - lavado con agua	0.314	0.291	0.0124

Fuente. Propia.

Nota. La tabla hace referencia a la cantidad de oro obtenido en la lixiviación de la muestra con solución de bromo y la continuación final extraída con α -ciclodextrina, también indica el resultado de la cantidad de oro reportada por el laboratorio LABPERU EIRL, el cual se usa como valor aceptado como verdadero para fines de cálculo; estos resultados son los que se realizaron bajo condiciones de repetibilidad.

A continuación, se realiza los estadísticos test de normalidad, prueba de t-studen y RSDr Hortwitz, a los resultados mostrados en la tabla 3.

Test de normalidad

Se aplicó el test de normalidad de Kolmogorov – Smirnov, que hizo mención a los resultados de la extracción de oro con bromo.

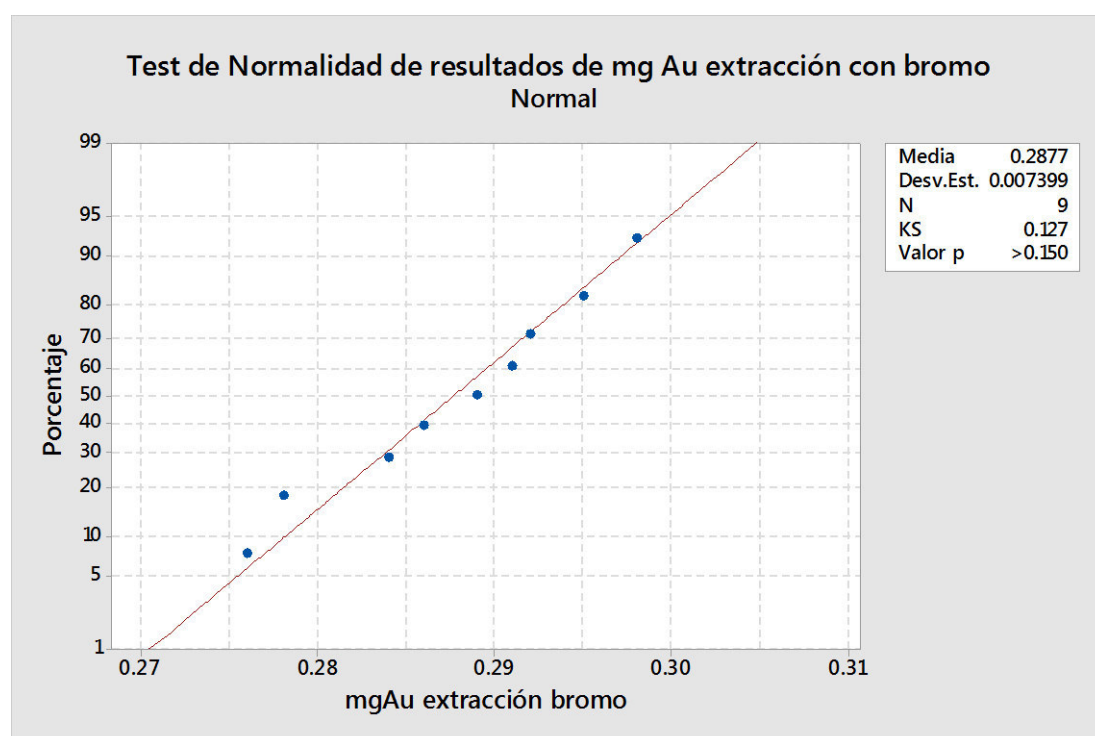
Contraste de hipótesis de resultados de mg de oro con lixiviación con bromo (tabla 3).

H_0 : La masa de oro obtenido en el lixiviado con bromo se distribuye de forma normal.

H_1 : La masa de oro obtenido en el lixiviado con bromo no se distribuye de forma normal.

Figura 13

Normalidad de resultados de oro en la extracción con bromo



Fuente. Propia.

Nota. La figura muestra el test de normalidad de Kolmogorov – Smirnov, para los resultados de la tabla 3 de extracción con bromo.

Vemos que al 95% de confianza, el valor de probabilidad fue mayor que el nivel de significancia de 0.05 al 95% de confianza por lo cual se acepta la hipótesis nula H_0 .

Se aplica el test de normalidad de Kolmogorov – Smirnov, que hizo mención a los resultados de la extracción de oro con α -ciclodextrina.

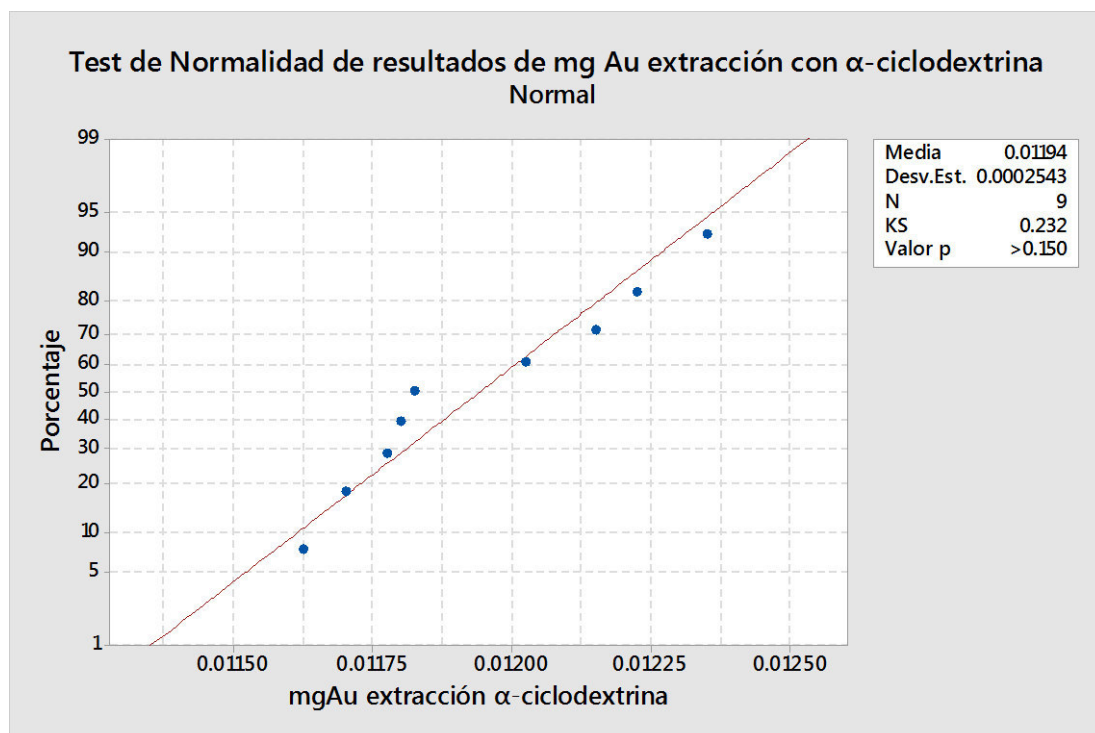
Contraste de hipótesis de resultados de mg de oro con lixiviación con α -ciclodextrina (tabla 3)

H_0 : La masa de oro obtenido en el lixiviado con α -ciclodextrina se distribuye de forma normal.

H_1 : La masa de oro obtenido en el lixiviado con α -ciclodextrina no se distribuye de forma normal.

Figura 14

Normalidad de resultados de oro en la extracción con α -ciclodextrina



Fuente. Propia

Nota. La figura muestra el test de normalidad de Kolmogorov – Smirnov, para los resultados de la tabla 3 de extracción con α -ciclodextrina.

Vemos que al 95% de confianza, el valor de probabilidad fue mayor que el nivel de significancia de 0.05 al 95% de confianza por lo cual se acepta la hipótesis nula H_0 .

Prueba de t-studen de 1 muestra

La prueba se realiza con la finalidad de saber que los resultados obtenidos son veraces.

Prueba de t-studen para las pruebas de la tabla 3, que hace mención a los resultados de la extracción de oro con bromo.

Contraste de hipótesis

H_0 : El promedio de mg Au extracción con bromo es igual a 0.314 mg Au.

H_1 : El promedio de mg Au extracción con bromo no es igual a 0.314 mg Au.

Aplicando la prueba t de una muestra mg Au extracción con bromo se obtiene, construye la tabla 4.

Tabla 4

Intervalo de confianza prueba t de 1 muestra

Nº de datos	μ	Desviación estándar	Error estándar de la media	IC al 95% para μ
9	0.28767	0.0074	0.00247	(0.28198; 0.29335)

Fuente. Propia

μ : Media de mg de Au con extracción con bromo

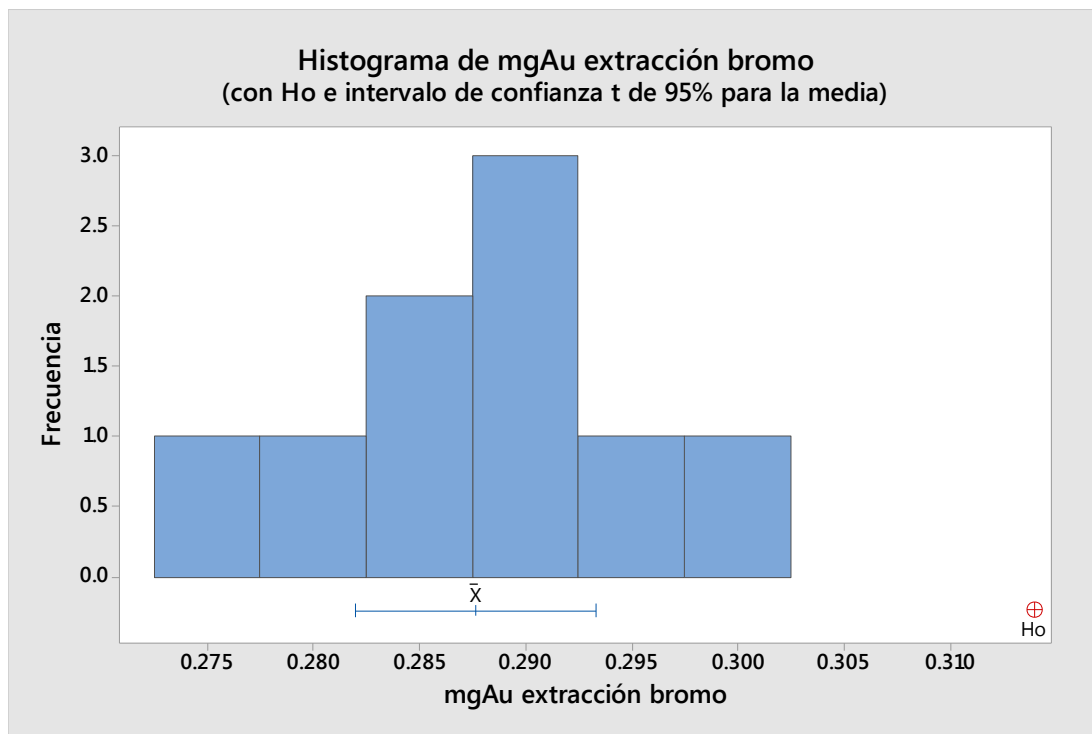
Evaluación cuantitativa de la prueba t de una muestra

De la tabla 4 el valor nominal de 0.314, no se encontró dentro del intervalo de confianza para la media de los resultados de extracción de Au con bromo, por lo que se rechaza la hipótesis nula.

Evaluación cualitativa de la prueba t de 1 muestra

Figura 15

Comparación de cantidad de oro lixiviado con bromo y valor nominal



Fuente. Propia.

Nota. La figura muestra que el valor nominal se encuentra fuera del rango de aceptación de los resultados de extracción de oro con bromo de la muestra mineral AZ.

De la figura 15, se vio que el valor aceptado como verdadero Ho de 0.314 mg Au, se encuentra fuera del intervalo de confianza por lo que se rechaza la hipótesis nula

De las evaluaciones cualitativas y cuantitativas, se infiere, que los resultados obtenidos en comparación con el valor aceptado como verdaderos no fueron veraces.

RSDr Hortwitz

La prueba que se realizó fue con la finalidad de probar si hay precisión en los resultados obtenidos, este estadístico se usa en los resultados obtenidos bajo condiciones de repetibilidad.

Prueba de RSDr Hortwitz, se realizó para los resultados de masa de oro de la tabla 3, que hace mención a los resultados de la extracción de oro con bromo.

Tabla 5

Cálculo de RSDr y RSD

Pruebas	RSDr Hortwitz	RSD	Criterio de aceptación
17 a 25 (tabla 3)	12.762	2.369	$RSD < 0.67 * RSDr$

Fuente. Propia.

De la tabla 5, se observó que el RSD es menor que $0.67 * RSDr$, por lo que se aceptó la hipótesis nula, entonces los resultados son precisos.

Prueba de RSDr Hortwitz, se realizó para los resultados de masa de oro de la tabla 3, que hizo mención a los resultados de la extracción de oro con bromo y posterior extracción con α -ciclodextrina.

Tabla 6

Cálculo de RSDr y RSD extracción con α -ciclodextrina

Pruebas	RSDr	RSD	Criterio de aceptación
17 a 25 (tabla 3)	12.762	1.550	$RSD < 0.67 * RSDr$

Fuente. Propia.

De la tabla 6, se observó que RSD es menor que $0.67 * RSDr$, por lo que se acepta la hipótesis nula, entonces los resultados son precisos.

Porcentaje de recuperación

Se determinó el porcentaje de recuperación de la extracción de oro con bromo y la extracción posterior con α -ciclodextrina, los cuales se presenta a continuación:

Tabla 7*Recuperación de oro en la lixiviación con bromo*

N° de prueba	Característica de muestra	Masa de oro en la muestra Mineral AZ (mg)	Masa de oro en el lixiviado con bromo (mg)	% Recuperación
17	Mineral AZ (Calcinado)	0.314	0.276	87.9
18	Mineral AZ (Calcinado)	0.314	0.278	88.5
19	Mineral AZ (Calcinado)	0.314	0.284	90.5
20	Mineral AZ (Calcinado)	0.314	0.286	91.1
21	Mineral AZ (Calcinado)	0.314	0.292	93.0
22	Mineral AZ (Calcinado)	0.314	0.295	93.9
23	Mineral AZ (Calcinado)	0.314	0.289	92.0
24	Mineral AZ (Calcinado)	0.314	0.298	94.9
25	Mineral AZ (Calcinado)	0.314	0.291	92.7

Fuente. Propia.

Nota. La tabla muestra el porcentaje de recuperación obtenido en la primera etapa de extracción de oro de la muestra (mineral AZ) previamente lixiviada con agua, secada y finalmente lixiviada con bromo para las pruebas 17 a 25.

Tabla 8*Recuperación de oro en la lixiviación con α -ciclodextrina*

N° de prueba	Característica de muestra	Masa de oro en la muestra Mineral AZ (mg)	Masa de oro en el lixiviado con α -ciclodextrina	% Recuperación
17	Mineral AZ (Calcinado) - lavado con agua	0.314	0.0116	3.7
18	Mineral AZ (Calcinado) - lavado con agua	0.314	0.0118	3.8
19	Mineral AZ (Calcinado) - lavado con agua	0.314	0.0118	3.8
20	Mineral AZ (Calcinado) - lavado con agua	0.314	0.0117	3.7
21	Mineral AZ (Calcinado) - lavado con agua	0.314	0.0118	3.8
22	Mineral AZ (Calcinado) - lavado con agua	0.314	0.0122	3.9
23	Mineral AZ (Calcinado) - lavado con agua	0.314	0.0120	3.8
24	Mineral AZ (Calcinado) - lavado con agua	0.314	0.0122	3.9
25	Mineral AZ (Calcinado) - lavado con agua	0.314	0.0124	3.9

Fuente. Propia.

Nota. La tabla muestra el porcentaje de recuperación obtenido en la segunda etapa de extracción de oro sobre el lixiviado de bromo donde contiene tetrabromuro de oro y potasio, para las pruebas 17 a 25.

A pesar de que fue rechazada la hipótesis nula sobre la prueba de t-studen, las pruebas de test de normalidad, RSDr Hortwitz y el porcentaje de recuperación, nos dieron las evidencias suficientes para aceptar la hipótesis nula, Ho: El oro de la muestra mineral AZ, puede ser extraído por α -ciclodextrina.

Ya aceptada la hipótesis nula que el oro de la muestra mineral AZ, puede ser extraído con α -ciclodextrina, se vio la influencia significativa en la reducción de accidentes ocupaciones e impactos ambientales negativos, para ver dicha influencia se usara las hipótesis específicas 1 y 2.

Hipótesis específica 1

Ho: El análisis químico del suelo y agua colindantes al lugar donde se realizan las pruebas de extracción de oro del mineral usando α -ciclodextrina y los productos generados determina la medida en que estos pueden generar impactos ambientales negativos.

Tabla 9

Resultados de análisis de laboratorio suelos

Elemento	Unidades	Resultados	LMP del Decreto
			Supremo N° 011-2017-MINAM
Arsénico	mg/Kg	8.9	140
Bario	mg/Kg	<113.0	2000
Cadmio	mg/Kg	<1.00	22
Mercurio	mg/Kg	0.117	24
Plomo	mg/Kg	20.5	800
Cromo	mg/Kg	< 5	1000
Cianuro libre	mg/Kg	<0.9	8

Fuente. Propia.

Nota. La tabla muestra los resultados del laboratorio para la muestra de suelo colindante a lugar donde se realizaron las pruebas de lixiviación de oro del presente trabajo de investigación y los límites máximos permisibles del decreto supremo N° 011-2017-MINAM.

Tabla 10

Resultados de análisis de laboratorio aguas

Elemento	Unidades	Resultados	Límites máximos permisibles para la descarga de efluentes líquidos de actividades minero metalúrgicas
Arsénico	mg/L	0.00242	0.1
Cadmio	mg/L	< 0.00022	0.05
Cromo hexavalente	mg/L	< 0.008	0.1
Cobre	mg/L	0.02167	0.5
Hierro	mg/L	0.0015	2
Plomo	mg/L	0.01006	0.2
Mercurio	mg/L	< 0.00007	0.002
Cinc	mg/L	0.04904	1.5
Cianuro total	mg/L	< 0.0091	1
Sólidos suspendidos totales	mg/L	3.0	50
Aceites y grasas	mg/L	<1.2	20
pH	Unidades de pH	6.7	6-9
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	6.3	---

Fuente. Propia

Nota. La tabla muestra los resultados del laboratorio para la muestra de agua residual en el lugar donde se realizaron las pruebas de lixiviación de oro del trabajo de investigación y los límites máximos permisibles del decreto supremo N° 010-2010 MINAM.

Los resultados de análisis químico del suelo y el agua colindantes al lugar donde se realizaron las pruebas de extracción de oro del mineral usando α -ciclodextrina y los productos, mostrados en las tablas mostraron que estos no generaron impactos ambientales negativos en el proceso de extracción, por lo que se aceptó la hipótesis nula de la hipótesis específica 1.

Hipótesis específica 2

Ho: El desarrollo de la matriz de identificación de peligros y evaluación de riesgos, y, la evaluación del índice de riesgo ocupacional en la extracción de oro del mineral con α -ciclodextrina permite determinar la medida en que se puede reducir los accidentes ocupacionales.

Para demostrar la presente hipótesis se desarrolló la matriz de identificación de peligros y evaluación de riesgos, que se muestra en la tabla 11.

Tabla 11

Matriz de identificación de peligros y evaluación de riesgos

Categoría	Peligro	Riesgo	Control actual	Situación			Evaluación del Riesgo Ocupacional Base						IRO: Índice Riesgo Ocupacional	Nivel de Riesgo	
				Rutinaria	No rutinaria	Emergen- cia	IE	IF	II	IC	$\Sigma=IE+IF+II+IC$	IP			IS
Reactivos químicos usados para la lixiviación del mineral	Sustancias químicas (HCl 1M, HClO, KBr) esta mezcla forma Br ₂)	1. Sustancias que pueden causar daño si se ingieren. 2. Sustancias que pueden ser inhaladas (gases, polvos, vapores, etc.). 3. Sustancias que pueden causar lesiones por contacto o absorción por la piel. 4. Sustancias que pueden dañar los ojos.	Uso de EPP, trabajo bajo campana extractora, barrera de vidrio contra salpicaduras		X		2	3	2	1	8	2	1	2	BAJO
Reactivos químicos formados luego del tratamiento con tiosulfato de sodio y neutralización con KOH	Sustancias químicas (NaBr, KCl, precipitado especies insolubles)	1. Sustancias que pueden dañar los ojos.	Uso de EPP, trabajo bajo campana extractora, barrera de vidrio contra salpicaduras		X		2	3	2	1	8	2	1	2	BAJO
Reactivos químicos formados luego de la extracción de oro con α -ciclodextrina	Sustancias químicas (Tiosulfito de sodio, α -ciclodextrina)	1. Sustancias que pueden dañar los ojos.	Uso de EPP, trabajo bajo campana extractora, barrera de vidrio contra salpicaduras		X		2	3	2	1	8	2	1	2	BAJO

Fuente. Propia.

Nota. La presente tabla muestra el cálculo del índice de riesgo ocupacional, con ayuda de la matriz de identificación de peligros y evaluación de riesgos, la cual se realizó a todas las etapas del proceso del procedimiento experimental indicado en el anexo 01.

El índice de riesgo ocupacional mostró un resultado de 2 para cada etapa de extracción de oro del mineral mencionado en el anexo 01, lo que dio un nivel de riesgo bajo de que ocurra un accidente en el proceso de extracción, por lo que se aceptó la hipótesis nula de la hipótesis específica 2.

Ya aceptada la hipótesis nula de que el α -ciclodextrina extrae el oro del mineral y las hipótesis nulas de las hipótesis específicas 1, 2 se aceptó la hipótesis general.

4.3. Presentación de resultados

A continuación, presentamos los resultados

Antes de realizar las pruebas para la demostración de las hipótesis en el presente trabajo de investigación, se realizó la caracterización del mineral AZ, con la finalidad de poder saber de qué forma se encontraba el oro presente en el mineral y en que concentración se encontraba, los cuales se muestra a continuación.

Tabla 12*Descripción de texturas de los incrementos de oro*

Minerales mixtos	%	Descripción de texturas de los intercrecimientos
py-Au	Traza	Oro nativo incluido en pirita
GGs-py-el-gn	Traza	Electrum en asociación lateral e incluido en ganga

Fuente. Informe de ensayo BIZ-F-11 Ver. 01. "Análisis mineralógico por microscopía óptica, electrónica de barrido y difracción de rayos X de una muestra".

Nota. La tabla muestra la descripción de texturas de los intercrecimientos.

Con la información de la forma se encontraba el oro distribuido en la muestra mineral AZ, se procedió a realizar las pruebas para demostrar las hipótesis.

Tabla 13

Parámetros operativos de pruebas de lixiviación de oro con bromo para pruebas de 1 a 5

N° de prueba	Característica de muestra	Masa de muestra (g)	Equipo de calentamiento	T °C	Velocidad de Agitación (rpm)	Tiempo de lixiviación (h)	Solución de bromo				% Recuperación de oro en la lixiviación de oro	Técnica de recolección de resultados
							KBr (g)	NaClO (mL)	HCl 1M (mL)	H ₂ O (mL)		
1	Mineral AZ	100	Plancha de calentamiento	95	450	4	4.4	30	42	28	0.0	ICP-OES
2	Mineral AZ	100	Plancha de calentamiento	100	450	4	4.4	30	42	28	0.0	ICP-OES
3	Mineral AZ	100	Plancha de calentamiento	120	450	4	4.4	30	42	28	0.0	ICP-OES
4	Mineral AZ	100	Plancha de calentamiento	120	450	5	4.4	30	42	28	0.0	ICP-OES
5	Mineral AZ	100	Plancha de calentamiento	120	450	6	4.4	30	42	28	0.0	ICP-OES

Fuente. Propia.

Nota. Esta tabla muestra los resultados de recuperación de oro con solución de bromo para 100g de Mineral AZ, lo que arrojó 0% de recuperación.

Tabla 14*Eliminación de interferentes*

Elemento	Unidad	Mineral AZ oxidado	Mineral AZ oxidado lixiviado con agua	Mineral AZ oxidado (g)	Mineral AZ oxidado lixiviado con agua (g)	Cantidad de interferentes eliminados (g)
Ag	mg/Kg	556.7	513.9	0.011133	0.010278	0.000855
Al	%	0.6	0.5	0.000012	0.000010	0.000002
As	mg/Kg	4808.8	4175.3	0.096176	0.083506	0.012670
Ba	mg/Kg	129.7	48.7	0.002594	0.000973	0.001621
Be	mg/Kg	0.3	0.3	0.000007	0.000006	0.000001
Ca	%	1.1	0.9	0.000022	0.000017	0.000005
Cd	mg/Kg	121.9	59.5	0.002438	0.001190	0.001248
Co	mg/Kg	142.9	79.5	0.002857	0.001590	0.001267
Cr	mg/Kg	12.7	8.4	0.000253	0.000168	0.000085
Cu	mg/Kg	84494.9	52950.0	1.689898	1.058999	0.630899
Fe	%	17.8	14.0	0.000357	0.000281	0.000076
Hg	mg/Kg	0.042	0.001	0.000001	0.00000003	0.000001
K	%	0.3	0.1	0.000006	0.000003	0.000004
Li	mg/Kg	1.3	0.3	0.000026	0.000007	0.000020
Mg	%	0.3	0.2	0.000007	0.000003	0.000004
Mn	mg/Kg	691.7	347.7	0.013834	0.006954	0.006880
Mo	mg/Kg	293.8	251.7	0.005875	0.005034	0.000842
Na	%	0.1	0.1	0.000002	0.000001	0.000001
Ni	mg/Kg	40.3	32.9	0.000806	0.000658	0.000148
P	mg/Kg	1905.0	1290.0	0.038100	0.025800	0.012300
Pb	mg/Kg	56136.2	48789.6	1.122723	0.975792	0.146931
Sb	mg/Kg	1304.5	1074.9	0.026090	0.021498	0.004592
Sn	mg/Kg	48.7	38.7	0.000974	0.000774	0.000200
Sr	mg/Kg	43.6	36.6	0.000873	0.000732	0.000141
Ti	mg/Kg	280.0	210.0	0.005600	0.004200	0.001400
Tl	mg/Kg	1.0	0.5	0.000021	0.000010	0.000011
V	mg/Kg	27.7	23.2	0.000554	0.000464	0.000090
Zn	mg/Kg	15501.9	9472.9	0.310037	0.189457	0.120580

Fuente. Propia.

Nota. Esta tabla muestra la cantidad de interferentes eliminados del mineral AZ, luego del proceso de calcinación y lixiviación con agua desionizada, los cuales fueron determinados por la técnica de ICP-OES.

Tabla 15

Caracterización de solución lixiviada de mineral AZ

Elemento	Unidad	Solución lixiviada de mineral AZ oxidado
Ag	mg/Kg	126.2
Al	mg/Kg	441.6
As	mg/Kg	894.7
Ba	mg/Kg	1.1
Be	mg/Kg	< 0.002
Ca	mg/Kg	2794.7
Cd	mg/Kg	22.6
Co	mg/Kg	3.6
Cr	mg/Kg	0.5
Cu	mg/Kg	30566.7
Fe	mg/Kg	599.8
Hg	mg/Kg	0.058
K	mg/Kg	1.4
Li	mg/Kg	0.1
Mg	mg/Kg	177.3
Mn	mg/Kg	80.3
Mo	mg/Kg	35.8
Na	mg/Kg	148988.3
Ni	mg/Kg	1.6
P	mg/Kg	359.7
Pb	mg/Kg	1028.7
Sb	mg/Kg	24.0
Sn	mg/Kg	0.2
Sr	mg/Kg	3.5
Ti	mg/Kg	0.5
Tl	mg/Kg	0.2
V	mg/Kg	1.1
Zn	mg/Kg	1340.1

Fuente. Propia

Nota. La tabla muestra los resultados del análisis de la solución lixiviada con solución de bromo de la muestra mineral AZ, por la técnica de ICP-OES.

Tabla 16*Parámetros operativos de pruebas de lixiviación de oro con bromo para pruebas de 6 a 25*

N° de prueba	Característica de muestra	Masa de muestra (g)	Equipo de calentamiento	T °C	Velocidad de Agitación (rpm)	Tiempo de lixiviación (h)	Solución de bromo				Masa de oro en la muestra Mineral AZ (mg)	Masa de oro en el lixiviado (mg)	% Recuperación de oro en la lixiviación de oro	Determinación de oro por la técnica
							KBr (g)	NaClO (mL)	HCl 1M (mL)	H ₂ O (mL)				
6	Mineral AZ (Calcinado)	20	Plancha de calentamiento	95	450	4	4.4	30	42	28	0.314	0.000	0.0	ICP-OES
7	Mineral AZ (Calcinado)	20	Plancha de calentamiento	100	450	4	4.4	30	42	28	0.314	0.000	0.0	ICP-OES
8	Mineral AZ (Calcinado)	20	Plancha de calentamiento	120	450	4	4.4	30	42	28	0.314	0.000	0.0	ICP-OES
9	Mineral AZ (Calcinado)	20	Plancha de calentamiento	120	450	4	8.8	60	84	56	0.314	0.000	0.0	ICP-OES
10	Mineral AZ (Calcinado)	20	Plancha de calentamiento	95	450	4	8.8	60	84	56	0.314	0.009	2.9	ICP-OES
11	Mineral AZ (Calcinado)	20	Plancha de calentamiento	95	450	5	8.8	60	84	56	0.314	0.010	3.2	ICP-OES
12	Mineral AZ (Calcinado)	20	Plancha de calentamiento	95	450	4	20	120	100	80	0.314	0.163	51.9	Ensayos al fuego
13	Mineral AZ (Calcinado)	20	Baño María	95	450	4	20	120	100	80	0.314	0.243	77.4	Ensayos al fuego
14	Mineral AZ (Calcinado)	20	Baño María	95	450	4	20	120	100	80	0.314	0.244	77.7	Ensayos al fuego

Continúa tabla 16

N° de prueba	Característica de muestra	Masa de muestra (g)	Equipo de calentamiento	T °C	Velocidad de Agitación (rpm)	Tiempo de lixiviación (h)	Solución de bromo				Masa de oro en la muestra Mineral AZ (mg)	Masa de oro en el lixiviado (mg)	% Recuperación de oro en la lixiviación de oro	Determinación de oro por la técnica
							KBr (g)	NaClO (mL)	HCl 1M (mL)	H ₂ O (mL)				
15	Mineral AZ (Calcinado)	20	Baño María	95	450	4	20	120	100	80	0.314	0.244	77.7	Ensayos al fuego
16	Mineral AZ (Calcinado)	20	Baño María	95	450	4	20	120	100	80	0.314	0.246	78.3	Ensayos al fuego
17	Mineral AZ (Calcinado)	20	Baño María	95	450	4	20	120	100	80	0.314	0.276	87.9	Ensayos al fuego
18	Mineral AZ (Calcinado)	20	Baño María	95	450	4	20	120	100	80	0.314	0.278	88.5	Ensayos al fuego
19	Mineral AZ (Calcinado)	20	Baño María	95	450	6	20	120	100	80	0.314	0.284	90.5	Ensayos al fuego
20	Mineral AZ (Calcinado)	20	Baño María	95	450	6	20	120	100	80	0.314	0.286	91.1	Ensayos al fuego
21	Mineral AZ (Calcinado)	20	Baño María	95	450	6	20	120	100	80	0.314	0.292	93.0	Ensayos al fuego

Continúa tabla 16

N° de prueba	Característica de muestra	Masa de muestra (g)	Equipo de calentamiento	T °C	Velocidad de Agitación (rpm)	Tiempo de lixiviación (h)	Solución de bromo				Masa de oro en la muestra Mineral AZ (mg)	Masa de oro en el lixiviado (mg)	% Recuperación de oro en la lixiviación de oro	Determinación de oro por la técnica
							KBr (g)	NaClO (mL)	HCl 1M (mL)	H ₂ O (mL)				
22	Mineral AZ (Calcinado)	20	Baño María	95	450	6	20	120	100	80	0.314	0.295	93.9	Ensayos al fuego
23	Mineral AZ (Calcinado)	20	Baño María	95	450	6	20	120	100	80	0.314	0.289	92.0	Ensayos al fuego
24	Mineral AZ (Calcinado)	20	Baño María	95	450	6	20	120	100	80	0.314	0.298	94.9	Ensayos al fuego
25	Mineral AZ (Calcinado)	20	Baño María	95	450	6	20	120	100	80	0.314	0.291	92.7	Ensayos al fuego

Fuente. Propia.

Nota 1. La presente tabla muestra los resultados de recuperación de oro con solución de bromo para 20 g de Mineral AZ, donde se varió los parámetros operativos durante las pruebas de extracción de oro con bromo.

Nota 2. Antes de iniciar la lixiviación de la muestra Mineral AZ, se realizó una lixiviación con agua, para eliminar algunos interferentes.

Tabla 17

Parámetros operativos de pruebas de extracción de oro con α -ciclodextrina para pruebas de 17 a 25

N° de prueba	Característica de muestra	Proceso				Masa de oro en la muestra Mineral AZ (mg)	mg Au/L	mg Au	%Recuperación	Determinación de oro por la técnica
		pH (unidades de pH)	Eliminación de impurezas insolubles	Lavado de filtros con agua desionizada (mL)	α -ciclodextrina (g)					
17	Mineral AZ (Calcinado)	4 a 6	Filtrado de impurezas	100	1.44	0.314	0.465	0.0116	3.7	ICP-OES
18	Mineral AZ (Calcinado)	4 a 6	Filtrado de impurezas	100	1.44	0.314	0.471	0.0118	3.8	ICP-OES
19	Mineral AZ (Calcinado)	4 a 6	Filtrado de impurezas	100	1.44	0.314	0.472	0.0118	3.8	ICP-OES
20	Mineral AZ (Calcinado)	4 a 6	Filtrado de impurezas	100	1.44	0.314	0.468	0.0117	3.7	ICP-OES
21	Mineral AZ (Calcinado)	4 a 6	Filtrado de impurezas	100	1.44	0.314	0.473	0.0118	3.8	ICP-OES
22	Mineral AZ (Calcinado)	4 a 6	Filtrado de impurezas	100	1.44	0.314	0.486	0.0122	3.9	ICP-OES
23	Mineral AZ (Calcinado)	4 a 6	Filtrado de impurezas	100	1.44	0.314	0.481	0.0120	3.8	ICP-OES
24	Mineral AZ (Calcinado)	4 a 6	Filtrado de impurezas	100	1.44	0.314	0.489	0.0122	3.9	ICP-OES
25	Mineral AZ (Calcinado)	4 a 6	Filtrado de impurezas	100	1.44	0.314	0.494	0.0124	3.9	ICP-OES
25 duplicado	Mineral AZ (Calcinado)	4 a 6	Filtrado de impurezas	100	1.44	0.314	0.489	0.0122	3.9	ICP-OES

Fuente. Propia.

Nota. La tabla muestra los resultados de las pruebas realizadas con de α -ciclodextrina, a la solución de lixiviación con bromo mostrados en la tabla 16, donde se obtuvieron una recuperación mayor de 87%, en esta solución el oro se encuentra disuelta el tetrabromuro áurico, que es la especie química que se usa para que reaccione con α -ciclodextrina y se recupere el oro de forma sólida.

Tabla 18*Extracto de las MSDS de los reactivos usados*

Reactivos usados inicialmente	Clasificación (REGLAMENTO (CE) No 1272/2008)						
	H290	H314	H315	H319	H330	H335	H400
	Puede ser corrosivo para los metales.	Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves	Provoca irritación cutánea.	Provoca irritación ocular grave.	Mortal en caso de inhalación	Puede irritar las vías respiratorias.	Muy tóxico para organismos acuáticos
HCl (1M)	X		X	X		X	
HClO		X					X
KBr				X			
Br ₂		X			X		X
Na ₂ S ₂ O ₃	Esta sustancia no reúne los criterios para ser clasificada conforme al Reglamento no 1272/2008/CE						
α-ciclodextrina				X			

Fuente. Propia.

Nota. La presente tabla muestra las posibles consecuencias que los reactivos usados tienen si es que estos llegan al medio ambiente y/o las personas que lo manipulan entran en contacto sin la protección adecuada.

Tabla 19*Extracto de las MSDS de los productos formados*

Productos formados luego de la lixiviación	Clasificación (REGLAMENTO (CE) No 1272/2008)						
	H290	H314	H315	H319	H330	H335	H400
	Puede ser corrosivo para los metales.	Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones	Provoca irritación cutánea	Provoca irritación ocular grave	Mortal en caso de inhalación	Puede irritar las vías respiratorias	Muy tóxico para organismos acuáticos
α-ciclodextrina				X			
NaBr	Esta sustancia no reúne los criterios para ser clasificada conforme al Reglamento no 1272/2008/CE						
Au	Esta sustancia no reúne los criterios para ser clasificada conforme al Reglamento no 1272/2008/CE						
Na ₂ SO ₃	Esta sustancia no reúne los criterios para ser clasificada conforme al Reglamento no 1272/2008/CE						

Fuente. Propia.

Nota. La presente tabla muestra las posibles consecuencias que los productos formados durante la extracción de oro usando el procedimiento descrito en el anexo 01 si es que llegan al medio ambiente y/o las personas que lo manipulan entran en contacto sin la protección adecuada.

Tabla 20

Matriz de identificación de aspectos y evaluación de impactos ambientales

N°	Aspecto Ambiental	Evento que origina el aspecto	Impacto Ambiental	Controles Actuales	Situación			Evaluación del Riesgo Ambiental					Nivel de Impacto Ambiental
					Rutinaria	No rutinaria	Emergencia	IM	IS	IPI	IP	IRA	
1	Emisiones	Formación de tetrabromuro áurico con mineral y bromo	Contaminación del suelo y aguas	Neutralización del bromo con tiosulfato de sodio, extractor con lavador de gases, barrera protectora contra derrames		X		2	1	0	0	3	BAJO
2	Efluentes con químicos	Extracción de oro con bromo	Contaminación del suelo y aguas	ADR/RID: No IMDG Contaminante marino: No IATA: no		X		2	1	0	0	3	BAJO
3	Efluentes con químicos	Extracción de oro con α -ciclodextrina	ADR/RID: No IMDG Contaminante marino: No IATA: no	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Fuente. Propia

Nota. La presente tabla muestra los resultados del nivel de impacto ambiental que tendría, las diferentes etapas de extracción de oro, siguiendo los lineamientos del procedimiento experimental mencionados en el anexo 01.

Tabla 21

Porcentaje de índice de riesgo ambiental

IRAp	IRAmáx	IRAm	IRAnm
2	12	17	83

Fuente: Propia

Nota: La presente tabla muestra el porcentaje de que el índice de riesgo ambiental no se materialice en un impacto ambiental.

Tabla 22

Porcentaje de índice de riesgo ocupacional

IROp	IROmáx	IROm	IROnm
2	25	8	92

Fuente: Propia

Nota: La presente tabla muestra el porcentaje de que el índice de riesgo ocupacional se materialice en un accidente ocupacional.

Escala de Likert (Método de evaluaciones sumarias).

Publicada en 1932 por Rensis Likert, es una escala psicométrica comúnmente utilizada en las investigaciones de ciencias sociales que emplean cuestionarios.

Objetivo de aplicar la encuesta en base a una escala de Likert.

Medir el juicio de valor hacia el análisis de los accidentes ocupacionales e impactos ambientales negativos en la extracción de oro.

Medir el juicio que tienen los profesionales encuestados, en el proceso de extracción de oro con α -ciclodextrina y la influencia de este proceso en los accidentes ocupacionales e impactos ambientales negativos.

Indicadores

Al no conocer los profesionales encuestados del uso de α -ciclodextrina en la extracción de oro de muestras de mineral, se les brindó una explicación de cada una de las actividades de esta extracción a los

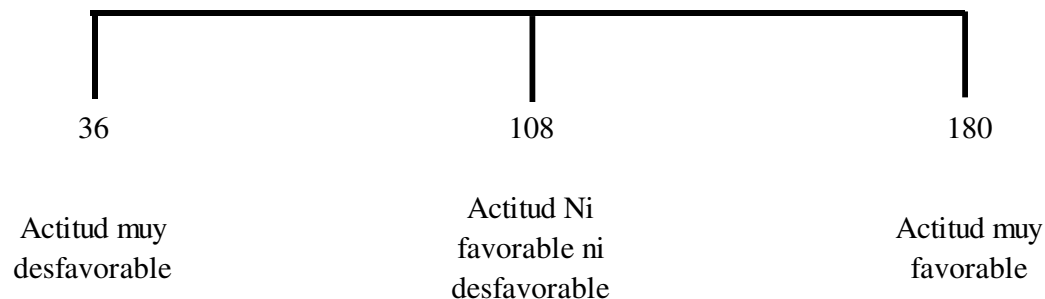
profesionales encuestados con la finalidad que interpreten y puedan dar su juicio de valor con respecto a un posible uso de α -ciclodextrina en la extracción de oro del mineral a nivel industrial y la implicancia en los accidentes ocupacionales e impactos ambientales negativos.

Dicha encuesta se validó de dos formas:

- a. Sometiéndola a 3 jueces expertos los cuales validaron la encuesta dicha validación se muestra en el anexo 13.
- b. Determinando la confiabilidad de la encuesta con la medida del alfa de Cronbach, la cual se muestra en el anexo 14.

A continuación, se muestran los resultados de la encuesta aplicada a los profesionales que conforman la muestra 1, la cual se muestra a continuación de manera individual por cada pregunta realizada en la encuesta.

Para saber qué tipo de actitud tienen los profesionales encuestados nos basamos en el siguiente rango de calificación.



Cabe resaltar cuando el resultado se encuentra entre 36 a 108, es una actitud desfavorable y si el valor es mayor a 108 y menor a 180, los resultados tienen una actitud favorable.

Pregunta 2. ¿Qué profesión estudio?

Tabla 23

Profesión de estudio

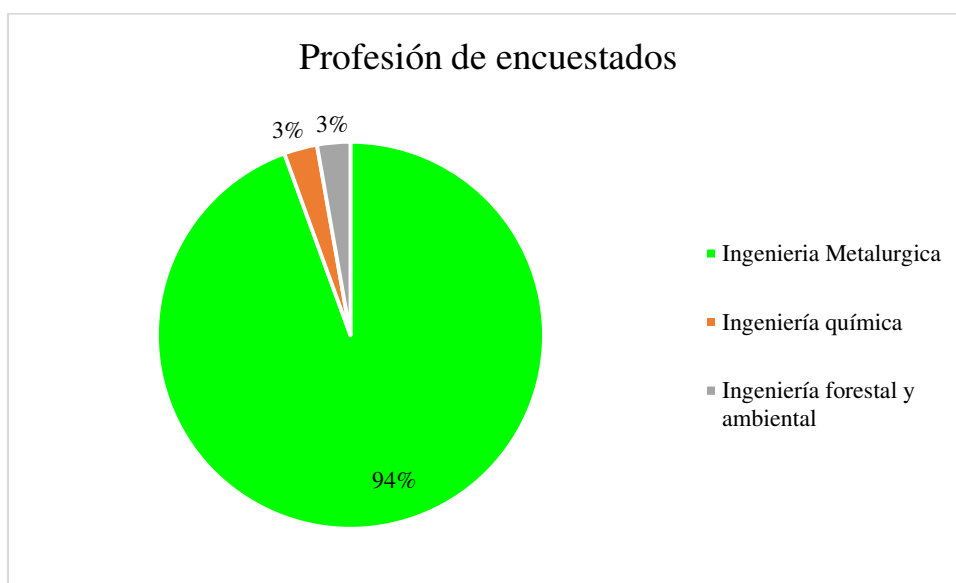
Profesión	Frecuencia
Ingeniería Metalúrgica	34
Ingeniería química	1
Ingeniería forestal y ambiental	1

Fuente. Propia

Nota. La tabla muestra la profesión que estudio las personas que conforman la muestra 1.

Figura 16

Porcentaje de carreras profesionales encuestados



Fuente. Propia

Pregunta 3. ¿Qué reactivos conoce para la extracción de oro de mineral?

Tabla 24

Reactivos para extracción de oro

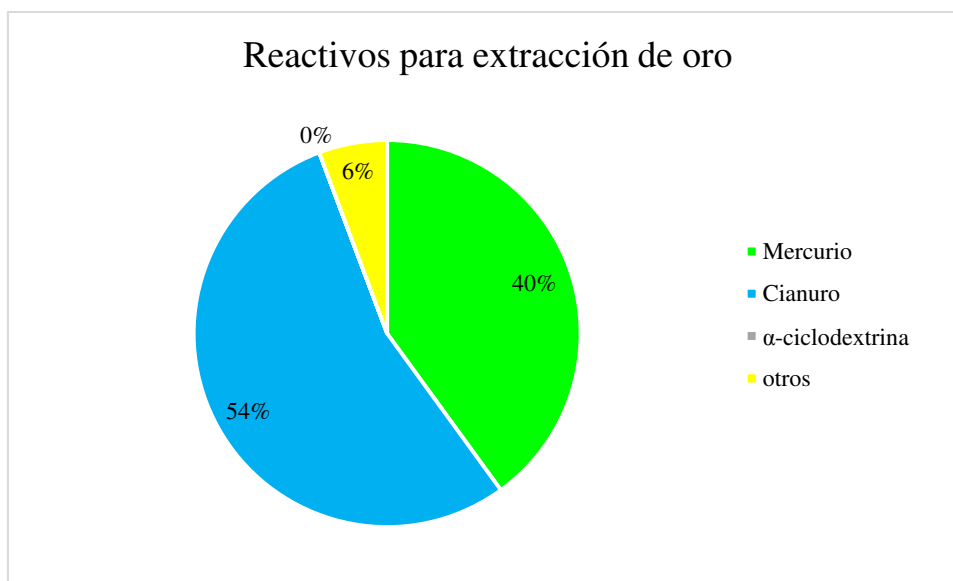
Reactivos	Frecuencia
Mercurio	14
Cianuro	19
α -ciclodextrina	0
Otros	2

Fuente. Propia.

Nota. La tabla muestra el conocimiento de los profesionales encuestados respecto a los reactivos usados para la extracción de oro.

Figura 17

Porcentaje de conocimiento de reactivos para extracción de oro



Fuente. Propia

Nota. La figura muestra el porcentaje de conocimiento de los profesionales encuestados, con respecto a los reactivos usados en la extracción de oro.

Pregunta 4. ¿Tiene conocimiento Teórico prácticos sobre la extracción de oro?

Las respuestas muestran que los 36 profesionales encuestados tienen algún conocimiento en la extracción de oro.

Pregunta 5. Es referida a la escala tipo Likert aplicada a los profesionales, que conforman la muestra 1. Para tal fin se usaron 15 preguntas, cuya frecuencia de las respuestas se muestra de manera individual.

Tabla 25

Frecuencia y porcentaje de pregunta 1

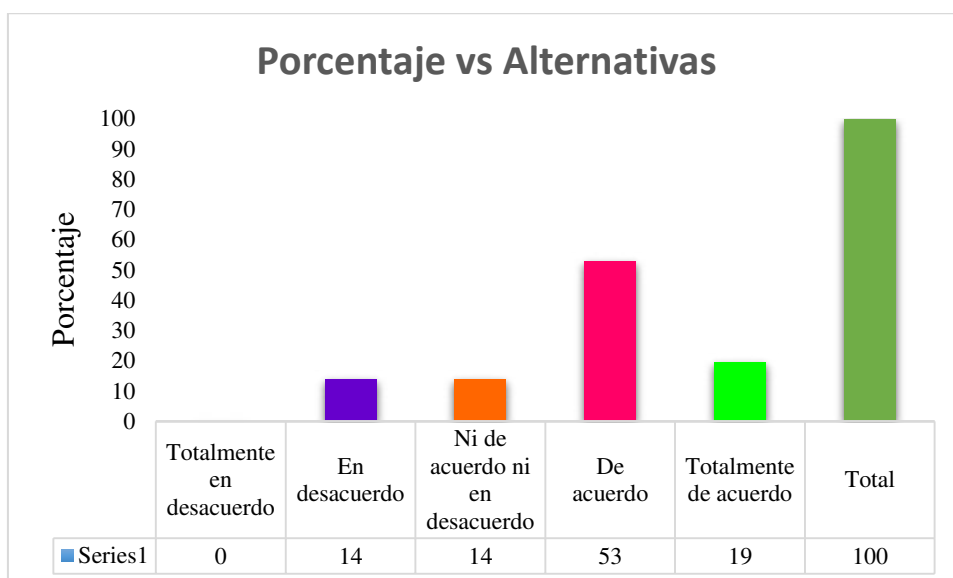
Alternativas	Frecuencia	Porcentaje	Puntaje total
Totalmente en desacuerdo (1)	0	0.00000	0
En desacuerdo (2)	5	13.88889	10
Ni de acuerdo ni en desacuerdo (3)	5	13.88889	15
De acuerdo (4)	19	52.77778	76
Totalmente de acuerdo (5)	7	19.44444	35
Total	36	100.0000	---
Sumatoria por respuesta de todos los profesionales encuestados			136
Conclusión			Actitud favorable

Fuente. Propia

Nota. La tabla muestra la frecuencia, porcentaje y conclusión de todas las respuestas obtenidas de la encuesta aplicada a los profesionales que conforman la muestra 1 con respecto a la pregunta 1 de la escala Likert ¿Considera que el uso de cianuro en la extracción de oro es peligroso para los trabajadores que la manipulan y para el medio ambiente?

Figura 18

Gráfica de porcentaje vs frecuencia pregunta 1



Fuente. Propia.

Nota. La figura muestra una gráfica de barra con los porcentajes obtenidos de la encuesta aplicada a los profesionales que conforman la muestra 1, por alternativa de la pregunta 1 de la escala Likert ¿Considera que el uso de cianuro en la extracción de oro es peligroso para los trabajadores que la manipulan y para el medio ambiente?

Tabla 26

Frecuencia y porcentaje de pregunta 2

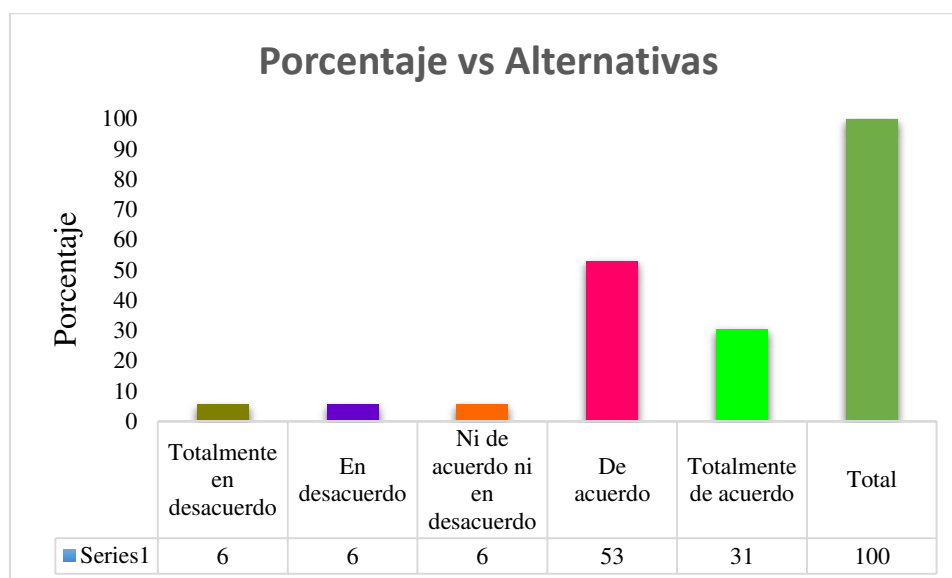
Alternativas	Frecuencia	Porcentaje	Puntaje total
Totalmente en desacuerdo (1)	2	5.55556	2
En desacuerdo (2)	2	5.55556	4
Ni de acuerdo ni en desacuerdo (3)	2	5.55556	6
De acuerdo (4)	19	52.77778	76
Totalmente de acuerdo (5)	11	30.55556	55
Total	36	100.0000	---
Sumatoria por respuesta de todos los profesionales encuestados			143
Conclusión			Actitud favorable

Fuente. Propia.

Nota. La tabla muestra la frecuencia, porcentaje y conclusión de todas las respuestas obtenidas de la encuesta aplicada a los profesionales que conforman la muestra 1 con respecto a la pregunta 2 de la escala Likert ¿Considera que el uso de mercurio en la extracción de oro es peligroso para los trabajadores que la manipulan y para el medio ambiente?

Figura 19

Gráfica de porcentaje vs frecuencia pregunta 2



Fuente. Propia

Nota. La figura muestra una gráfica de barra con los porcentajes obtenidos de la encuesta aplicada a los profesionales que conforman la muestra 1, por alternativa de la pregunta 2 de la escala Likert ¿Considera que el uso de mercurio en la extracción de oro es peligroso para los trabajadores que la manipulan y para el medio ambiente?

Tabla 27

Frecuencia y porcentaje de pregunta 3

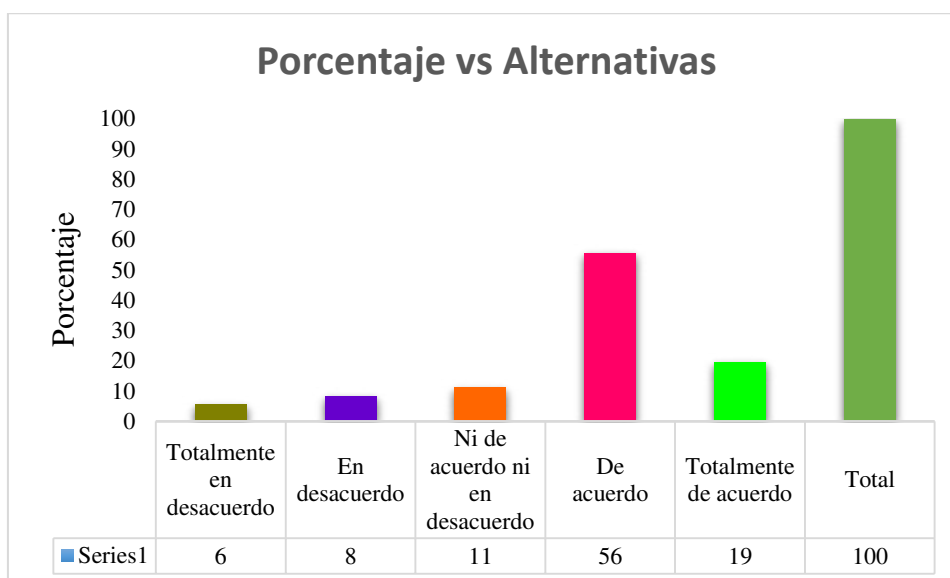
Alternativas	Frecuencia	Porcentaje	Puntaje total
Totalmente en desacuerdo (1)	2	5.55556	2
En desacuerdo (2)	3	8.33333	6
Ni de acuerdo ni en desacuerdo (3)	4	11.11111	12
De acuerdo (4)	20	55.55556	80
Totalmente de acuerdo (5)	7	19.44444	35
Total	36	100.0000	---
Sumatoria por respuesta de todos los profesionales encuestados			135
Conclusión			Actitud favorable

Fuente. Propia

Nota. La tabla muestra la frecuencia, porcentaje y conclusión de todas las respuestas obtenidas de la encuesta aplicada a los profesionales que conforman la muestra 1 con respecto a la pregunta 3 de la escala Likert ¿Considerando que el cianuro usado en la lixiviación de oro, permanece en el relave hasta su descomposición por muchos años, consideraría que es un peligro latente para el medio ambiente y las personas que tiene actividades cerca a ese relave?

Figura 20

Gráfica de porcentaje vs frecuencia pregunta 3



Fuente. Propia

Nota. La figura muestra una gráfica de barra con los porcentajes obtenidos de la encuesta aplicada a los profesionales que conforman la muestra 1, por alternativa de la pregunta 3 de la escala Likert ¿Considerando que el cianuro usado en la lixiviación de oro, permanece en el relave hasta su descomposición por muchos años, consideraría que es un peligro latente para el medio ambiente y las personas que tiene actividades cerca a ese relave?

Tabla 28

Frecuencia y porcentaje de pregunta 4

Alternativas	Frecuencia	Porcentaje	Puntaje total
Totalmente en desacuerdo (1)	3	8.33333	3
En desacuerdo (2)	3	8.33333	6
Ni de acuerdo ni en desacuerdo (3)	4	11.11111	12
De acuerdo (4)	18	50.00000	72
Totalmente de acuerdo (5)	8	22.22222	40
Total	36	100.0000	---
Sumatoria por respuesta de todos los profesionales encuestados			133
Conclusión			Actitud favorable

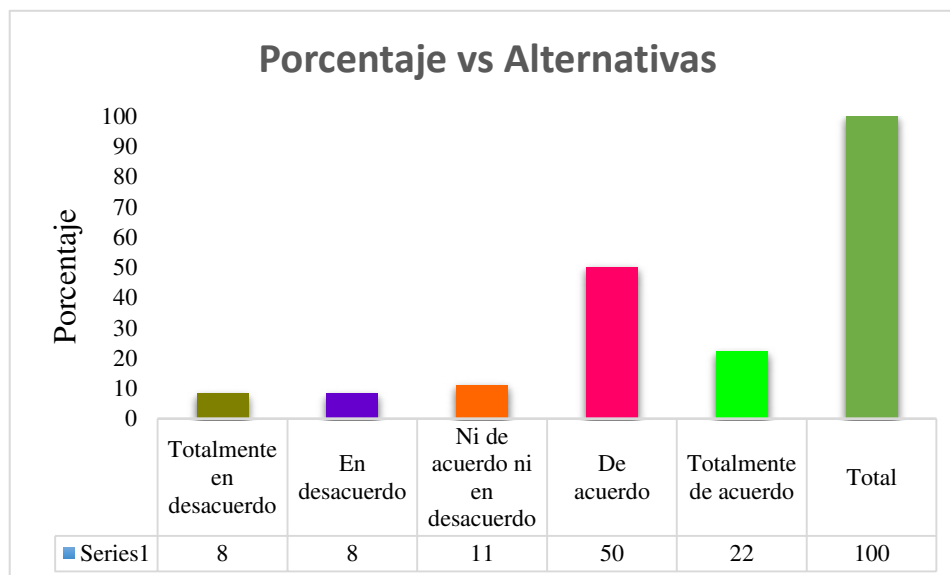
Fuente. Propia.

Nota. La tabla muestra la frecuencia, porcentaje y conclusión de todas las respuestas obtenidas de la encuesta aplicada a los profesionales que conforman la muestra 1 con respecto a la pregunta 4 de la escala Likert ¿Considerando que el mercurio usado en la lixiviación de oro, es evaporado para quedarse con el oro sólido y luego el

mercurio se enfría en el medio ambiente y precipita al suelo si no es controlado, este daña al medio ambiente y las personas?

Figura 21

Gráfica de porcentaje vs frecuencia pregunta 4



Fuente. Propia.

Nota. La figura muestra una gráfica de barra con los porcentajes obtenidos de la encuesta aplicada a los profesionales que conforman la muestra 1, por alternativa de la pregunta 4 de la escala Likert ¿Considerando que el mercurio usado en la lixiviación de oro, es evaporado para quedarse con el oro sólido y luego el mercurio se enfría en el medio ambiente y precipita al suelo si no es controlado, este daña al medio ambiente y las personas?

Tabla 29

Frecuencia y porcentaje de pregunta 5

Alternativas	Frecuencia	Porcentaje	Puntaje total
Totalmente en desacuerdo (1)	3	8.33333	3
En desacuerdo (2)	3	8.33333	6
Ni de acuerdo ni en desacuerdo (3)	16	44.44444	48
De acuerdo (4)	10	27.77778	40
Totalmente de acuerdo (5)	4	11.11111	20
Total	36	100.0000	---
Sumatoria por respuesta de todos los profesionales encuestados			117
Conclusión			Actitud favorable

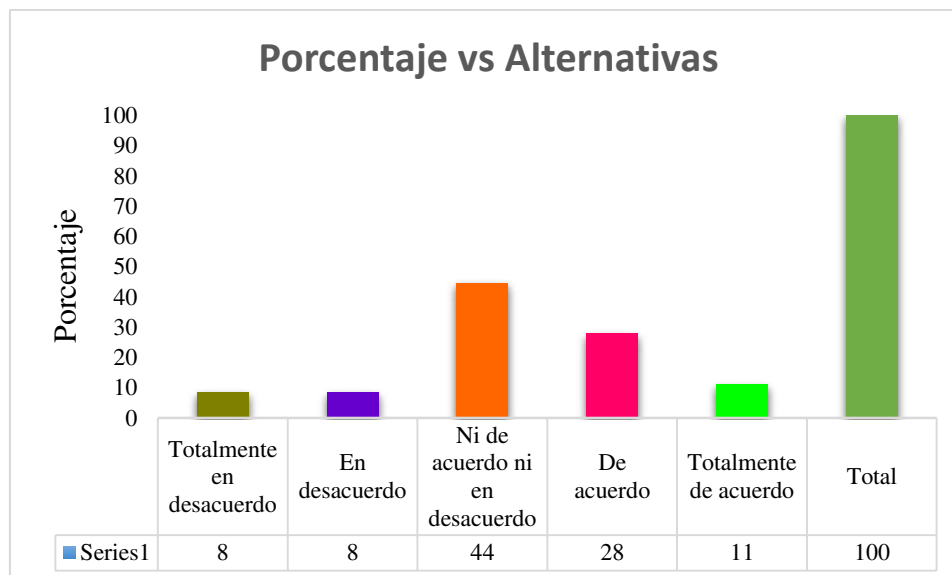
Fuente. Propia

Nota. La tabla muestra la frecuencia, porcentaje y conclusión de todas las respuestas obtenidas de la encuesta aplicada a los profesionales que conforman la muestra 1 con respecto a la pregunta 5 de la escala Likert ¿Los accidentes ocupacionales e

impactos ambientales negativos con el uso de cianuro ocurrido en toda la historia han sido catastróficos?

Figura 22

Gráfica de porcentaje vs frecuencia pregunta 5



Fuente. Propia

Nota. La figura muestra una gráfica de barra con los porcentajes obtenidos de la encuesta aplicada a los profesionales que conforman la muestra 1, por alternativa de la pregunta 5 de la escala Likert ¿Los accidentes ocupacionales e impactos ambientales negativos con el uso de cianuro ocurrido en toda la historia han sido catastróficos?

Tabla 30

Frecuencia y porcentaje de pregunta 6

Alternativas	Frecuencia	Porcentaje	Puntaje total
Totalmente en desacuerdo (1)	3	8.33333	3
En desacuerdo (2)	6	16.66667	12
Ni de acuerdo ni en desacuerdo (3)	12	33.33333	36
De acuerdo (4)	15	41.66667	60
Totalmente de acuerdo (5)	0	0.00000	0
Total	36	100.0000	---
Sumatoria por respuesta de todos los profesionales encuestados			111
Conclusión			Actitud favorable

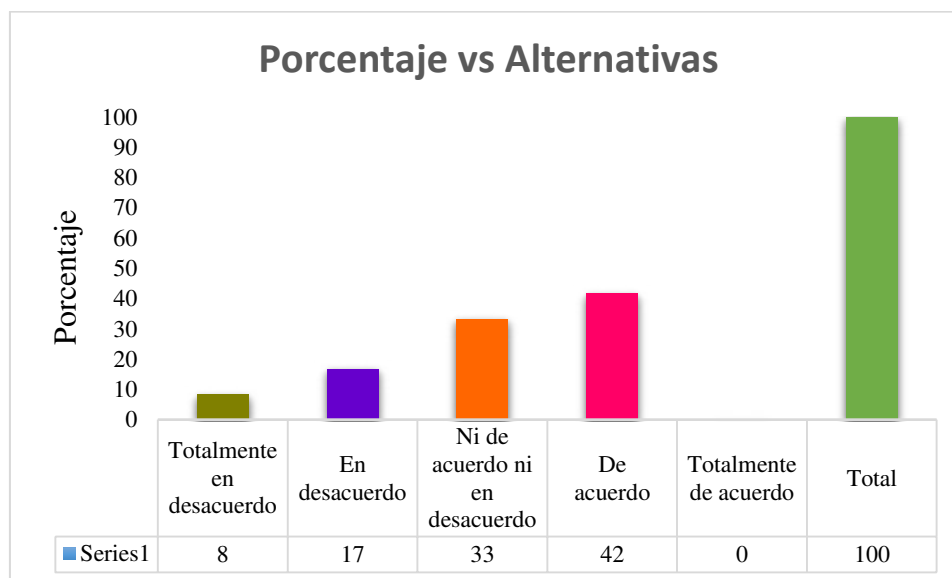
Fuente. Propia

Nota. La tabla muestra la frecuencia, porcentaje y conclusión de todas las respuestas obtenidas de la encuesta aplicada a los profesionales que conforman la muestra 1 con respecto a la pregunta 6 de la escala Likert ¿Los controles de ingeniería y

administrativos que usan en la actualidad en la extracción de oro con cianuro y mercurio controlan en su totalidad los posibles accidentes ocupacionales e impactos ambientales negativos?

Figura 23

Gráfica de porcentaje vs frecuencia pregunta 6



Fuente. Propia

Nota. La figura muestra una gráfica de barra con los porcentajes obtenidos de la encuesta aplicada a los profesionales que conforman la muestra 1, por alternativa de la pregunta 6 de la escala Likert ¿Los controles de ingeniería y administrativos que usan en la actualidad en la extracción de oro con cianuro y mercurio controlan en su totalidad los posibles accidentes ocupacionales e impactos ambientales negativos?

Tabla 31

Frecuencia y porcentaje de pregunta 7

Alternativas	Frecuencia	Porcentaje	Puntaje total
Totalmente en desacuerdo (1)	4	11.11111	4
En desacuerdo (2)	8	22.22222	16
Ni de acuerdo ni en desacuerdo (3)	6	16.66667	18
De acuerdo (4)	14	38.88889	56
Totalmente de acuerdo (5)	4	11.11111	20
Total	36	100.0000	---
Sumatoria por respuesta de todos los profesionales encuestados			114
Conclusión			Actitud favorable

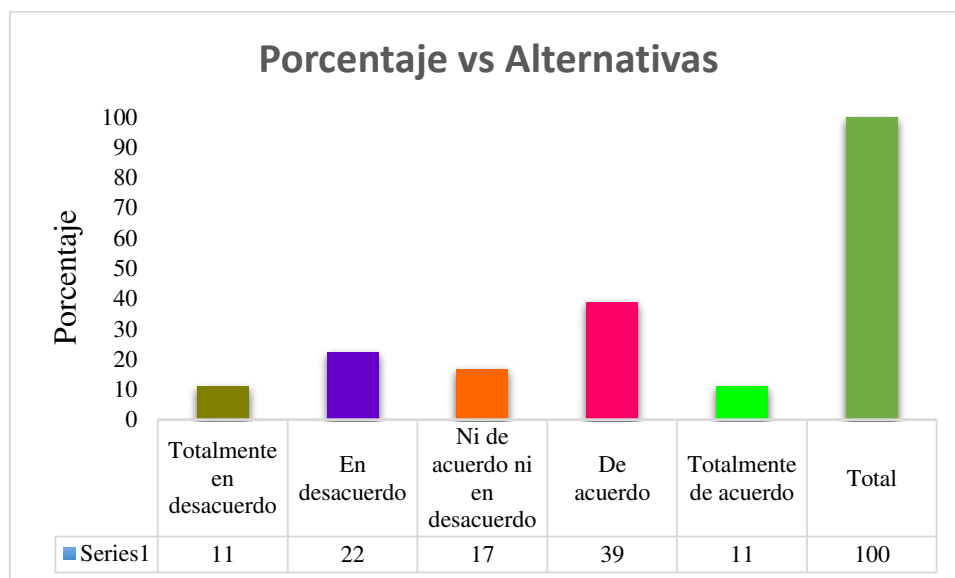
Fuente. Propia

Nota. La tabla muestra la frecuencia, porcentaje y conclusión de todas las respuestas obtenidas de la encuesta aplicada a los profesionales que conforman la muestra 1

con respecto a la pregunta 7 de la escala Likert ¿Si es que tendría que hacer la determinación del índice de riesgo ocupacional del uso de cianuro, le daría una calificación de bajo; en la escala de bajo, medio y alto?

Figura 24

Gráfica de porcentaje vs frecuencia pregunta 7



Fuente. Propia.

Nota. La figura muestra una gráfica de barra con los porcentajes obtenidos de la encuesta aplicada a los profesionales que conforman la muestra 1, por alternativa de la pregunta 7 de la escala Likert ¿Si es que tendría que hacer la determinación del índice de riesgo ocupacional del uso de cianuro, le daría una calificación de bajo; en la escala de bajo, medio y alto?

Tabla 32

Frecuencia y porcentaje de pregunta 8

Alternativas	Frecuencia	Porcentaje	Puntaje total
Totalmente en desacuerdo (1)	5	13.88889	5
En desacuerdo (2)	8	22.22222	16
Ni de acuerdo ni en desacuerdo (3)	6	16.66667	18
De acuerdo (4)	11	30.55556	44
Totalmente de acuerdo (5)	6	16.66667	30
Total	36	100.0000	---
Sumatoria por respuesta de todos los profesionales encuestados			113
Conclusión			Actitud favorable

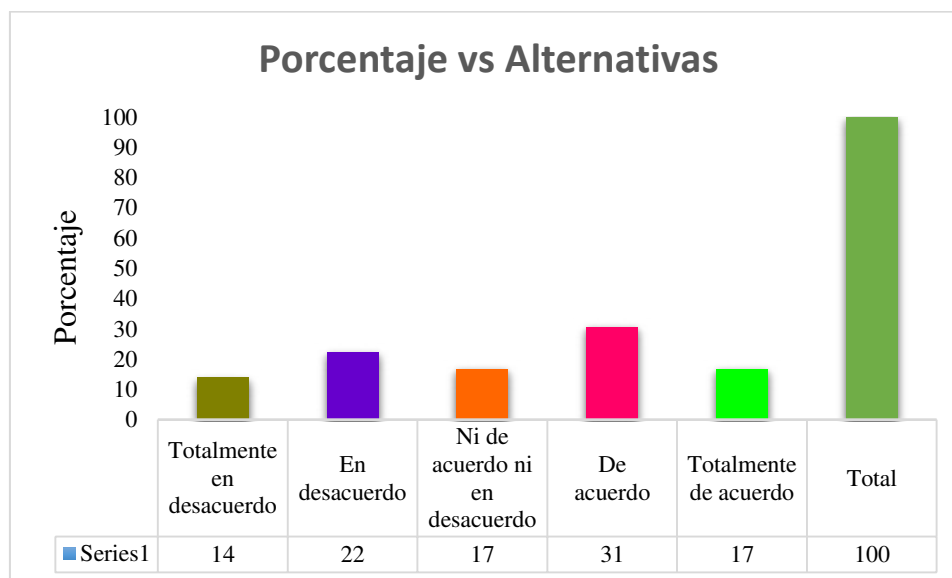
Fuente. Propia

Nota. La tabla muestra la frecuencia, porcentaje y conclusión de todas las respuestas obtenidas de la encuesta aplicada a los profesionales que conforman la muestra 1

con respecto a la pregunta 8 de la escala Likert ¿Si es que tendría que hacer la determinación del índice de riesgo ocupacional del uso de mercurio, le daría una calificación de bajo; en la escala de bajo, medio y alto?

Figura 25

Gráfica de porcentaje vs frecuencia pregunta 8



Fuente. Propia.

Nota. La figura muestra una gráfica de barra con los porcentajes obtenidos de la encuesta aplicada a los profesionales que conforman la muestra 1, por alternativa de la pregunta 8 de la escala Likert ¿Si es que tendría que hacer la determinación del índice de riesgo ocupacional del uso de mercurio, le daría una calificación de bajo; en la escala de bajo, medio y alto?

Tabla 33

Frecuencia y porcentaje de pregunta 9

Alternativas	Frecuencia	Porcentaje	Puntaje total
Totalmente en desacuerdo (1)	2	5.55556	2
En desacuerdo (2)	7	19.44444	14
Ni de acuerdo ni en desacuerdo (3)	9	25.00000	27
De acuerdo (4)	10	27.77778	40
Totalmente de acuerdo (5)	8	22.22222	40
Total	36	100.0000	---
Sumatoria por respuesta de todos los profesionales encuestados			123
Conclusión			Actitud favorable

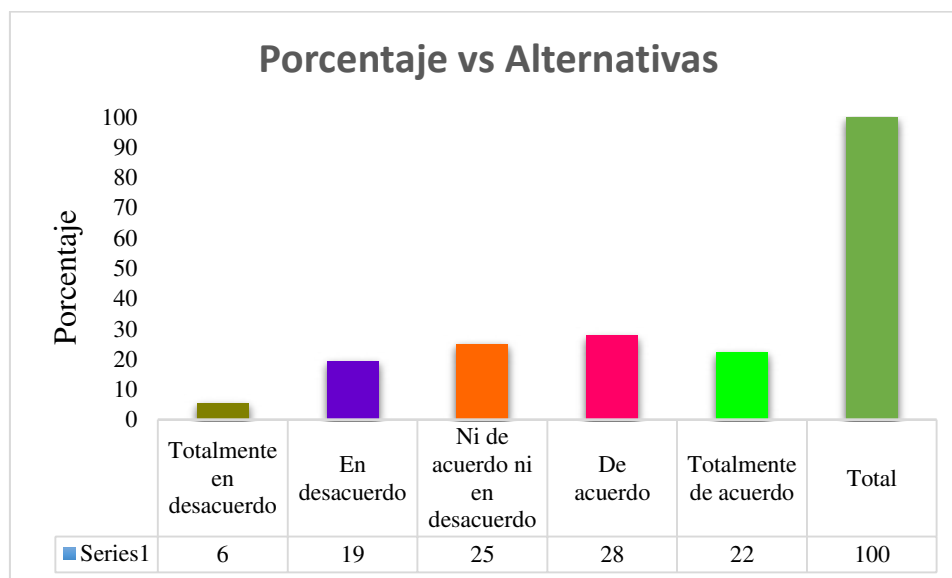
Fuente. Propia.

Nota. La tabla muestra la frecuencia, porcentaje y conclusión de todas las respuestas obtenidas de la encuesta aplicada a los profesionales que conforman la muestra 1

con respecto a la pregunta 9 de la escala Likert ¿Considera si es que se sustituye el cianuro y mercurio por un reactivo químico menos peligroso se eliminaría los accidentes ocupacionales y accidentes ambientales negativos?

Figura 26

Gráfica de porcentaje vs frecuencia pregunta 9



Fuente. Propia.

Nota. La figura muestra una gráfica de barra con los porcentajes obtenidos de la encuesta aplicada a los profesionales que conforman la muestra 1, por alternativa de la pregunta 9 de la escala Likert ¿Considera si es que se sustituye el cianuro y mercurio por un reactivo químico menos peligroso se eliminaría los accidentes ocupacionales y accidentes ambientales negativos?

Tabla 34

Frecuencia y porcentaje de pregunta 10

Alternativas	Frecuencia	Porcentaje	Puntaje total
Totalmente en desacuerdo (1)	3	8.33333	3
En desacuerdo (2)	6	16.66667	12
Ni de acuerdo ni en desacuerdo (3)	9	25.00000	27
De acuerdo (4)	15	41.66667	60
Totalmente de acuerdo (5)	3	8.33333	15
Total	36	100.0000	---
Sumatoria por respuesta de todos los profesionales encuestados			117
Conclusión			Actitud favorable

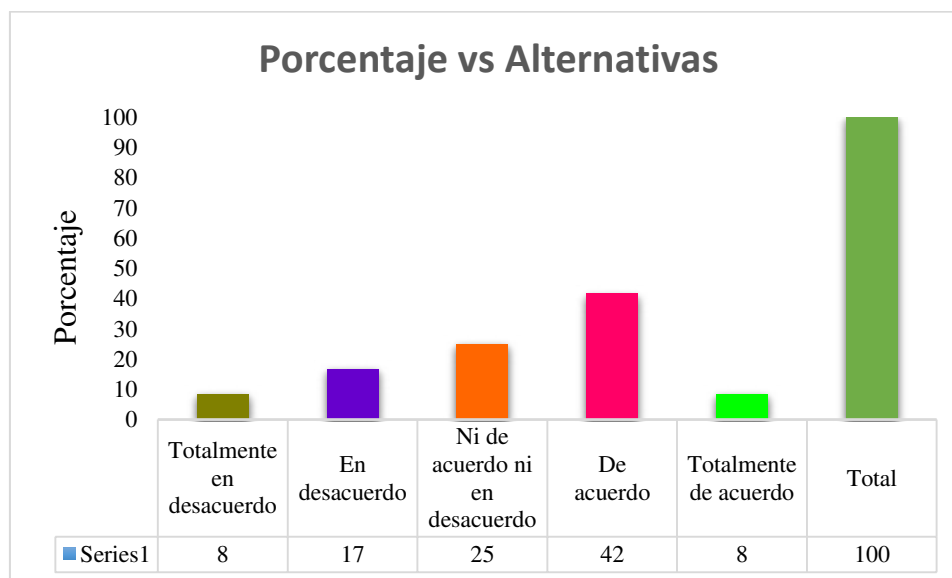
Fuente. Propia.

Nota. La tabla muestra la frecuencia, porcentaje y conclusión de todas las respuestas obtenidas de la encuesta aplicada a los profesionales que conforman la muestra 1

con respecto a la pregunta 10 de la escala Likert. El bromo es usado para la extracción de oro del mineral dando recuperaciones de hasta 90%, en solo 4 horas a 95°C y es fácilmente tratable para que se forme una especie no tóxica luego de la extracción en condiciones normales de presión y temperatura. ¿Considera que el bromo es menos peligroso que el cianuro y mercurio teniendo en cuenta lo mencionado en el presente párrafo?

Figura 27

Gráfica de porcentaje vs frecuencia pregunta 10



Fuente. Propia

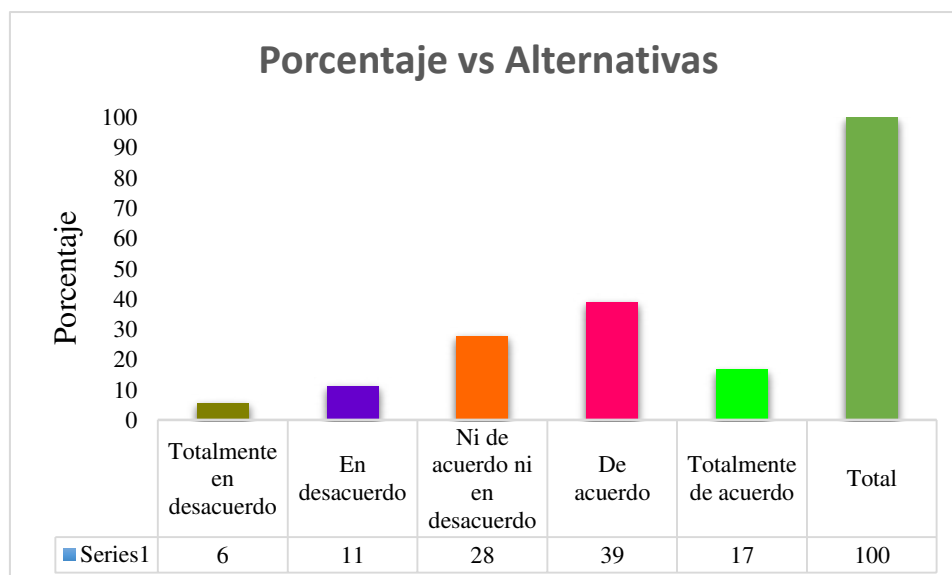
Nota. La figura muestra una gráfica de barra con los porcentajes obtenidos de la encuesta aplicada a los profesionales que conforman la muestra 1, por alternativa de la pregunta 10 de la escala Likert El bromo es usado para la extracción de oro del mineral dando recuperaciones de hasta 90%, en solo 4 horas a 95°C y es fácilmente tratable para que se forme una especie no tóxica luego de la extracción en condiciones normales de presión y temperatura. ¿Considera que el bromo es menos peligroso que el cianuro y mercurio teniendo en cuenta lo mencionado en el presente párrafo?

Tabla 35*Frecuencia y porcentaje de pregunta 11*

Alternativas	Frecuencia	Porcentaje	Puntaje total
Totalmente en desacuerdo (1)	2	5.55556	2
En desacuerdo (2)	4	11.11111	8
Ni de acuerdo ni en desacuerdo (3)	10	27.77778	30
De acuerdo (4)	14	38.88889	56
Totalmente de acuerdo (5)	6	16.66667	30
Total	36	100.0000	---
Sumatoria por respuesta de todos los profesionales encuestados			126
Conclusión			Actitud favorable

Fuente. Propia.

Nota. La tabla muestra la frecuencia, porcentaje y conclusión de todas las respuestas obtenidas de la encuesta aplicada a los profesionales que conforman la muestra 1 con respecto a la pregunta 11 de la escala Likert. El α -ciclodextrina es un oligosacárido, ósea un azúcar de origen orgánico, que logra reaccionar con una solución de tetra bromuro áurico (formado por la reacción del oro nativo con bromo) y logra extraer el oro hasta un 90 %. ¿Considera que el α -ciclodextrina puede sustituir al cianuro y mercurio en la extracción de oro?

Figura 28*Gráfica de porcentaje vs frecuencia pregunta 11*

Fuente. Propia.

Nota. La figura muestra una gráfica de barra con los porcentajes obtenidos de la encuesta aplicada a los profesionales que conforman la muestra 1, por alternativa de la pregunta 11 de la escala Likert. El α -ciclodextrina es un oligosacárido, ósea un azúcar de origen orgánico, que logra reaccionar con una solución de tetra bromuro

áurico (formado por la reacción del oro nativo con bromo) y logra extraer el oro hasta un 90 %. ¿Considera que el α -ciclodextrina puede sustituir al cianuro y mercurio en la extracción de oro?

Tabla 36

Frecuencia y porcentaje de pregunta 12

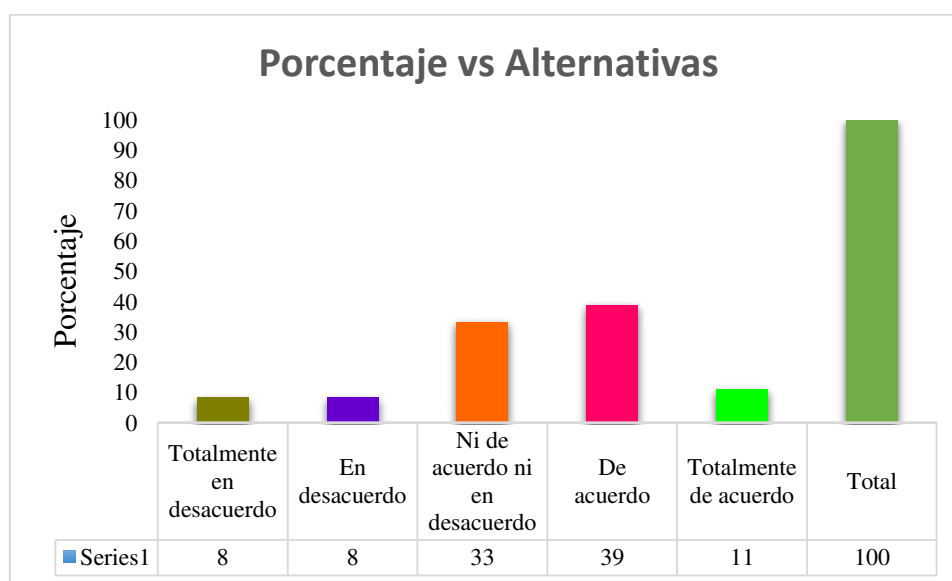
Alternativas	Frecuencia	Porcentaje	Puntaje total
Totalmente en desacuerdo (1)	3	8.33333	3
En desacuerdo (2)	3	8.33333	6
Ni de acuerdo ni en desacuerdo (3)	12	33.33333	36
De acuerdo (4)	14	38.88889	56
Totalmente de acuerdo (5)	4	11.11111	20
Total	36	100.0000	---
Sumatoria por respuesta de todos los profesionales encuestados			121
Conclusión			Actitud favorable

Fuente. Propia.

Nota. La tabla muestra la frecuencia, porcentaje y conclusión de todas las respuestas obtenidas de la encuesta aplicada a los profesionales que conforman la muestra 1 con respecto a la pregunta 12 de la escala Likert. El relave formado en la extracción de oro está formado por bromuro de potasio, α -ciclodextrina, tiosulfato de sodio y los restos de los metales del mismo mineral. La α -ciclodextrina es recristalizado y recuperado para volver a usarse en la extracción de oro. ¿Desde un punto de vista ambiental y de seguridad ocupacional cree usted que se reducirían los impactos ambientales negativos y accidentes ocupacionales en la extracción de oro del mineral al usar la α -ciclodextrina?

Figura 29

Gráfica de porcentaje vs frecuencia pregunta 12



Fuente. Propia

Nota. La figura muestra una gráfica de barra con los porcentajes obtenidos de la encuesta aplicada a los profesionales que conforman la muestra 1, por alternativa de la pregunta 12 de la escala Likert. El relave formado en la extracción de oro está formado por bromuro de potasio, α -ciclodextrina, tiosulfato de sodio y los restos de los metales del mismo mineral. La α -ciclodextrina es recristalizado y recuperado para volver a usarse en la extracción de oro. ¿Desde un punto de vista ambiental y de seguridad ocupacional cree usted que se reducirían los impactos ambientales negativos y accidentes ocupacionales en la extracción de oro del mineral al usar la α -ciclodextrina?

Tabla 37

Frecuencia y porcentaje de pregunta 13

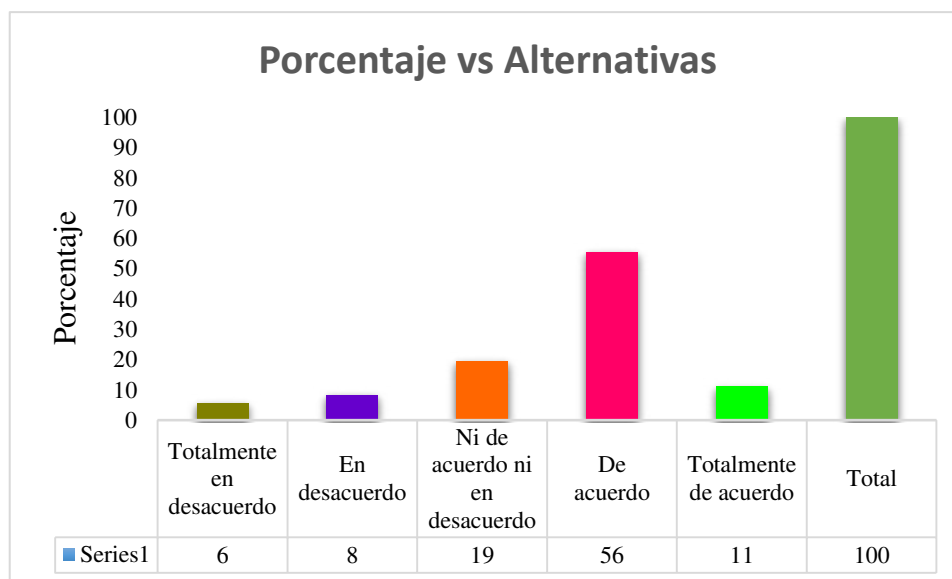
Alternativas	Frecuencia	Porcentaje	Puntaje total
Totalmente en desacuerdo (1)	2	5.55556	2
En desacuerdo (2)	3	8.33333	6
Ni de acuerdo ni en desacuerdo (3)	7	19.44444	21
De acuerdo (4)	20	55.55556	80
Totalmente de acuerdo (5)	4	11.11111	20
Total	36	100.0000	---
Sumatoria por respuesta de todos los profesionales encuestados			129
Conclusión			Actitud favorable

Fuente. Propia.

Nota. La tabla muestra la frecuencia, porcentaje y conclusión de todas las respuestas obtenidas de la encuesta aplicada a los profesionales que conforman la muestra 1 con respecto a la pregunta 13 de la escala Likert. Las hojas de seguridad de los reactivos usados y productos formados en la extracción de oro del mineral. ¿Permite evaluar el grado de riesgo ocupacional y al medio ambiente en la actividad de extracción de oro del mineral?

Figura 30

Gráfica de porcentaje vs frecuencia pregunta 13



Fuente. Propia

Nota. La figura muestra una gráfica de barra con los porcentajes obtenidos de la encuesta aplicada a los profesionales que conforman la muestra 1, por alternativa de la pregunta 13 de la escala Likert. Las hojas de seguridad de los reactivos usados y productos formados en la extracción de oro del mineral. ¿Permite evaluar el grado de riesgo ocupacional y al medio ambiente en la actividad de extracción de oro del mineral

Tabla 38

Frecuencia y porcentaje de pregunta 14

Alternativas	Frecuencia	Porcentaje	Puntaje total
Totalmente en desacuerdo (1)	2	5.55556	2
En desacuerdo (2)	5	13.88889	10
Ni de acuerdo ni en desacuerdo (3)	9	25.00000	27
De acuerdo (4)	15	41.66667	60
Totalmente de acuerdo (5)	5	13.88889	25
Total	36	100.0000	---
Sumatoria por respuesta de todos los profesionales encuestados			124
Conclusión			Actitud favorable

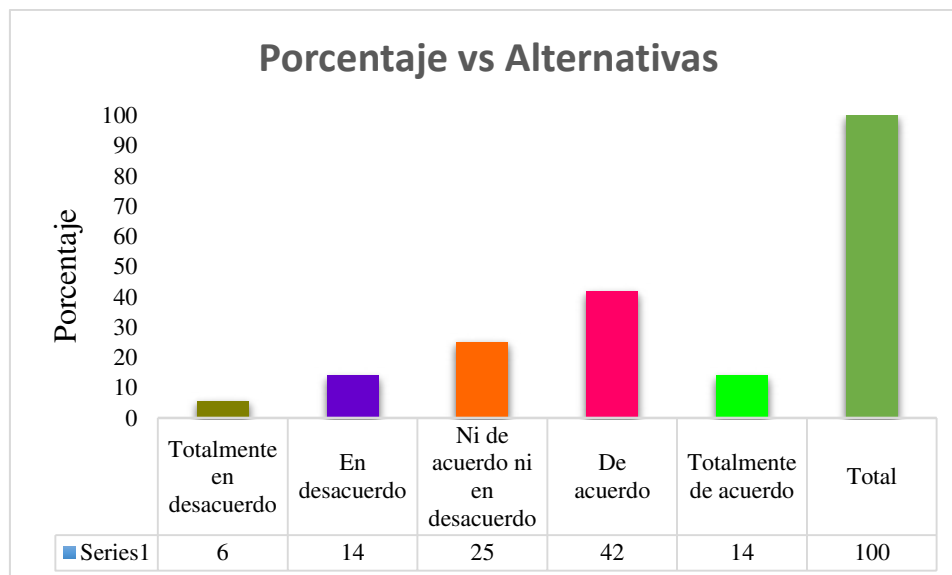
Fuente. Propia

Nota. La tabla muestra la frecuencia, porcentaje y conclusión de todas las respuestas obtenidas de la encuesta aplicada a los profesionales que conforman la muestra 1 con respecto a la pregunta 14 de la escala Likert. Considerando que en el área de extracción de oro donde labora tienen el mismo personal y que se extrae el oro con cianuro, mercurio y α -ciclodextrina y le piden evaluar el riesgo ocupacional de la

actividad de cada uno de los reactivos usados. ¿Estaría de acuerdo con que el de menor índice de riesgo ocupacional y ambiental sería el α -ciclodextrina?

Figura 31

Gráfica de porcentaje vs frecuencia pregunta 14



Fuente. Propia

Nota. La figura muestra una gráfica de barra con los porcentajes obtenidos de la encuesta aplicada a los profesionales que conforman la muestra 1, por alternativa de la pregunta 14 de la escala Likert. Considerando que en el área de extracción de oro donde labora tienen el mismo personal y que se extrae el oro con cianuro, mercurio y α -ciclodextrina y le piden evaluar el riesgo ocupacional de la actividad de cada uno de los reactivos usados. ¿Estaría de acuerdo con que el de menor índice de riesgo ocupacional y ambiental sería el α -ciclodextrina?

Tabla 39

Frecuencia y porcentaje de pregunta 15

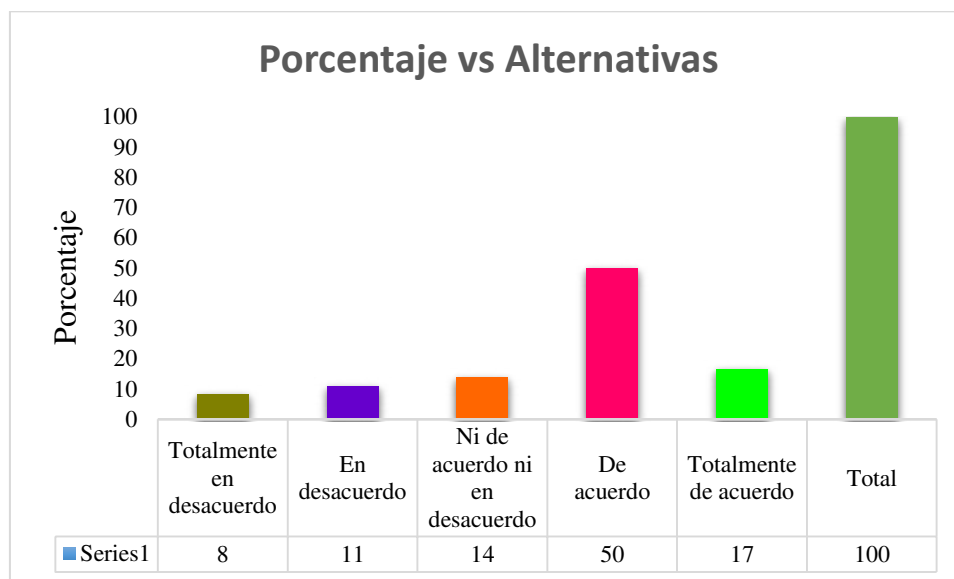
Alternativas	Frecuencia	Porcentaje	Puntaje total
Totalmente en desacuerdo (1)	3	8.33333	3
En desacuerdo (2)	4	11.11111	8
Ni de acuerdo ni en desacuerdo (3)	5	13.88889	15
De acuerdo (4)	18	50.00000	72
Totalmente de acuerdo (5)	6	16.66667	30
Total	36	100.0000	---
Sumatoria por respuesta de todos los profesionales encuestados			128
Conclusión			Actitud favorable

Fuente. Propia

Nota. La tabla muestra la frecuencia, porcentaje y conclusión de todas las respuestas obtenidas de la encuesta aplicada a los profesionales que conforman la muestra 1 con respecto a la pregunta 15 de la escala Likert. Conociendo que la α -ciclodextrina puede extraer oro del mineral y no contamina el medio ambiente, y, no causa daño a las personas, ¿consideraría que la sustitución de mercurio y cianuro por α -ciclodextrina reducirían los accidentes ocupacionales e impactos ambientales negativos, en la extracción de oro?

Figura 32

Gráfica de porcentaje vs frecuencia pregunta 15



Fuente. Propia.

Nota. La figura muestra una gráfica de barra con los porcentajes obtenidos de la encuesta aplicada a los profesionales que conforman la muestra 1, por alternativa de la pregunta 15 de la escala Likert. Conociendo que la α -ciclodextrina puede extraer oro del mineral y no contamina el medio ambiente, y, no causa daño a las personas, ¿consideraría que la sustitución de mercurio y cianuro por α -ciclodextrina reducirían los accidentes ocupacionales e impactos ambientales negativos, en la extracción de oro?

Tabla 40

Promedio de porcentajes de la pregunta 1 a 15

Porcentaje	Preguntas														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
% De acuerdo (4)	53	53	56	50	28	42	39	31	28	42	39	39	56	42	50
% Totalmente de acuerdo (5)	19	31	19	22	11	0	11	17	22	8	17	11	11	14	17
Sumatoria % De acuerdo y totalmente de acuerdo	72	83	75	72	39	42	50	47	50	50	56	50	67	56	67
Promedio de % De acuerdo y totalmente de acuerdo	58														

Fuente. Propia

Nota. La presente tabla muestra el porcentaje de las calificaciones de las alternativas de acuerdo y totalmente de acuerdo de las 15 preguntas realizadas a los profesionales encuestados con la escala tipo Likert.

CONCLUSIONES

La aplicación sistemática de la α -ciclodextrina, en la extracción de oro influye significativamente en la reducción de accidentes ocupacionales e impactos ambientales negativos, de acuerdo a la matriz IPER, se reduce en un 92 %, en base a la matriz de impactos ambientales, se reduce en un 83 % ,y, de acuerdo a la opinión de los integrantes de la muestra, existe una reducción del 58 %, de probabilidad que ocurra accidentes ocupacionales e impactos ambientales negativos en nuestra muestra de estudio.

El análisis químico del suelo y agua colindantes al lugar donde se realizaron las pruebas de extracción de oro con α -ciclodextrina no generan impactos ambientales negativos significativos, lo que se muestra en los resultados mostrados de las tablas 9 y 10, que corresponden al análisis de suelo y agua respectivamente.

La identificación de peligros y evaluación de riesgos del proceso de extracción de oro con α -ciclodextrina, mostro un nivel de riesgo bajo y un índice de riesgo ocupacional de 2 para los peligros identificados durante el proceso, por lo que se concluye que el proceso de extracción de oro con α -ciclodextrina tiene poca probabilidad que los peligros identificados se materialicen en accidentes ocupacionales.

RECOMENDACIONES

Se recomienda investigar sobre nuevas técnicas de extracción de oro que no causen daño al medio ambiente y a las personas que lo manipulan.

Se sugiere que la investigación de los impactos ambientales negativos producidos por reactivos usados en el proceso de extracción de oro, se considere los productos de los reactivos de la extracción de oro formados en dicho proceso, ya que se forman nuevas especies químicas producto de la reacción química del oro y los reactivos de extracción.

Se recomienda que antes de usar un reactivo para la extracción de oro se evalúe los posibles accidentes ocupacionales que se podrían producir por los reactivos y los productos formados durante el proceso de extracción.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) (2014). Introducción al Concepto de Química Verde.
- Alvira, T., (1979). "Significado Metafísico del acto y la potencia en la filosofía del ser".
<https://dadun.unav.edu/bitstream/10171/2035/1/01.%20TOM%C3%81S%20ALVIRA%2C%20Significado%20metaf%C3%ADsico%20del%20acto%20y%20la%20potencia%20en%20la%20filosof%C3%ADa%20del%20ser.pdf>
- Anastas, P., Kirchoff, (2002). Origins, Current Status, and Future Challenges of Green Chemistry. Department of Chemistry, University of Nottingham, Nottingham, U.K., and Green Chemistry Institute, American Chemical Society, Washington, D.C. 20036. Recuperado de <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/ar010065m>
- Anastas, P., Warner, J. (2000). Green Chemistry: Theory and Practice (Primer Edición). New York: Oxford University Press.
- Apaza, L. (2015). Nivel de conocimientos sobre la contaminación ambiental en los niños y niñas de 5 años de la i.e.i. n° 275 llavini – puno-2014. (Tesis de grado). Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú.
- Broughton. E (2005). Environmental Health "El desastre de Bhopal y sus consecuencias una revisión. pp. 4:6-6.
- Centurion, F. (2016). Caracterización fisicoquímica del complejo de fenbendazol y β -ciclodextrina en solución acuosa (tesis de maestría). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
- Corte constitucional de Ecuador. (2015). Muerte de 37 menores por consumir agua del río Quito contaminadas con mercurio.

- Dadgar, A. (1989). Refractory Concentrate Gold Leaching: Cyanide vs. Bromine.
- De Andrade Lima, L.R.P. & Hodouin, D. (2005) A Lumped Kinetic Model for Gold Ore Cyanidation. *Hydrometallurg*, Vol 79, pp. 121-137.
- Decreto Supremo N° 005-2012-TR [con fuerza de ley]. Por medio del cual se aprueba la ley de seguridad y salud en el trabajo (ley 29783). 1 de noviembre del 2016. D.O. El Peruano. N° 464861. <https://www.gob.pe/institucion/presidencia/normas-legales/462577-005-2012-tr>
- Doria, M. Miranda R. (2013). Química verde: Un tema de presente y futuro para la educación de la química
- Espinoza, G. (2002). Gestión y fundamentos de evaluación de impacto ambiental. Chile.
- Fernández, V. (2011). Guía metodológica para evaluación del impacto ambiental. Ediciones Mundi-Prensa.
- Gómez, N. (11 de febrero 2021). Tragedias mineras ¿hasta cuándo? *La jornada*. <https://www.jornada.com.mx/notas/2021/02/11/politica/tragedias-mineras-hasta-cuando-20210211/>
- Gorgas, G., Cardiel, N. y Zamorana, J. (2011). *Estadística básica para estudiantes de ciencias*. Universidad Complutense de Madrid. https://webs.ucm.es/info/Astrof/users/jaz/ESTADISTICA/libro_GCZ2009.pdf
- ISO 12743. (2006). Copper, lead, zinc and nickel concentrates — Sampling procedures for determination of metal and moisture content.
- ISO 14001. (2015). Sistemas de gestión ambiental Requisitos con orientación para su uso.
- ISO/ DIS 45001. (2017). Sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo. Requisitos con orientación para su uso.

Katz, M., (2017). "Historia del atomismo". Universidad Nacional Tres de Febrero.

<file:///C:/Users/ZC%20CONSULTING/Downloads/AtomismolibroAQA1.pdf>

Kerlinger, F., (2002). Investigación del comportamiento. México: Editorial McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES S.A.

Kondos, P.D. Deschênes, G. & Morrison, R.M. (1995) Process Optimization Studies in Gold Cyanidation. Hydrometallurgy, Vol 39, pp. 235-250.

Levenspiel, O., (1986). Ingeniería de las reacciones químicas. España: Editorial Reverte, S.A.

Liu, Z., Frasconi, M., Lei, J., Brown, Z., Zhu, Z., Cao, D.,... Stoddart, F. (2013). Selective isolation of gold facilitated by second sphere coordination with α -cyclodextrin. Macmillan Publishers, NATURE COMMUNICATIONS, 4(1855).

Logsdon M, Hagelstein K, Mudder T. (2001). El manejo del cianuro en la extracción de oro. Consejo Internacional de Metales y Medio Ambiente.

Luna. E. (2016). Muere accidentalmente por inhalar cianuro.

Marsden, J. & House, I. (1992). The Chemistry of Gold Extraction. West Sussex, England: Ellis Horwood.

Martínez, G. Gómez, M. (2007). Ciclodextrinas complejas: Complejos de inclusión con polímeros. Madrid. España. Revista Iberoamericana de Polímeros.

Ministerio del Ambiente. (2014). Guía para el muestreo de suelos. [Archivo PDF].

<https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/GUIA-PARA-EL-MUESTREO-DE-SUELOS-final.pdf>

Ministerio de Energía y Minas. (Diciembre 2020). Índice de frecuencia y severidad sobre accidentes de trabajo [Archivo Excel].

<http://www.minem.gob.pe/estadistica.php?idSector=1&idEstadistica=12486>

- Misra. R. Chemical Thermodynamics. India: Editorial Colegio Indu. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/journal/chemical-thermodynamics-and-thermal-analysis>
- Moreno. C. (1993). Extracción de $Au(CN)_2^-$ Mediante la Amina primene 81R y Mezclas Sinérgicas de esta con derivados organofosforados neutros cyanex 923 y cyanex 921. (Tesis doctoral). Universidad Complutense de Madrid. Madrid, España. Recuperada de <https://eprints.ucm.es/id/eprint/2064/1/T18263.pdf>
- OHSAS. (2007). Sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo – Requisitos.
- OMS. (2013). Efectos de la exposición al mercurio en la salud de las personas que viven en comunidades donde se practica la minería aurífera artesanal y en pequeña escala.
- Organismo de Evaluación y fiscalización Ambiental (OEFA). Recuperado de <https://www.oefa.gob.pe/oefa-supervisa-derrame-de-solucion-cianurada-en-la-libertad/ocac07/>
- Patel. V. (2012). Chemical Kinetics. Croacia: Publicado por InTech. Recuperado de <https://www.intechopen.com/books/1523>
- REAL ACADEMIA ESPAÑOLA: Diccionario de la lengua española. (Actualización 2021) 23.ª ed., [versión 23.5 en línea]. <https://dle.rae.es>
- Requejo. K. (2014). Síntesis y caracterización de nanopartículas de oro con quitosana como agente reductor y estabilizador. (Tesis de licenciatura). Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú. Recuperada de https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/6441/REQUEJO_ROQUE_KATHERINE_SINTESIS_Y_CARACTERIZACION%20NANOPARTICULAS.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Robles. A., (2009). Determinación, obtención y análisis de los parámetros de la ley de velocidad de la reacción del biodiésel, utilizando el método de análisis diferencial. (Tesis de grado). Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala – Guatemala. Recuperada de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1350_Q.pdf

- Rocha. L., (2016). Inquietud por nuevo derrame de cianuro de la Barrick en San Juan. Recuperado de <https://www.lanacion.com.ar/1938386-un-nuevo-derrame-de-cianuro-en-san-juan-pone-en-jaque-a-la-barrick>.
- Rodriguez. S. (2007). Obtención de nano partículas y nano ordenamientos metálicos empleando la química de los compuestos de inclusión. (Tesis de doctoral). UNIVERSIDAD DE CHILE. Santiago, Chile. Recuperada de https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/105243/rodriguez_s.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- Saari, J. (2002). La prevención de accidentes hoy en día. Prevención de Accidentes Laborales. Luxemburgo: Agencia Europea para la Seguridad y Salud en el trabajo. Recuperada de <https://osha.europa.eu>
- Salcedo, M., (2015). "Optimización en el procesamiento de minerales auríferos utilizando el compuesto alfa ciclodextrina como agente extractor", Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, Perú.
- Seisko, S., Lampinen, M., Aromaa J., Laari, A., Koiranen, T., y Lundström, M., (2018), *Minerals Engineering*, 115(2018), 131-141.
- Sousa. R, A. Futuro, A. Fiúza, M.C. Vila, M.L. Dinis. (2017). Bromine leaching as an alternative method for gold dissolutionel. Srithammavut. W. (2008). Modeling of gold cyanidation. (tesis de maestría). Lappeenranta University of Technology. Lappeenranta, Finlandia.
- Vargas, A. y Ruiz, L. (2007). Química verde en el siglo XXI; química verde, una química limpia. *Revista cubana de química*, XII (1), 29-32. <https://www.redalyc.org/pdf/4435/443543706009.pdf>
- Vasquez, G., (2021). Actividad antioxidante y antimicrobiana in vitro del complejo de inclusión del aceite esencial de Schinus molle con 2 tipos de ciclodextrinas. (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú.
- Vega, E. (2017). Evaluación de la concentración de mercurio y otros metales que afectan a la salud en la concesión minera Pierina XXI en el proceso de formalización de minería ilegal. (Tesis maestría). Universidad

Nacional Daniel Alcides Carrión. Cerro de Pasco, Perú.
http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/825/1/T026_40196815_M_VEGA%20JANAMPA.pdf

Vogel, A. (1983). *Química analítica cualitativa*. EDITORIAL KAPELUSZ S.A.

Zegarra, L. (2013). Determinación Complexométrica de Cinc en Concentrados de Cinc. (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional Federico Villarreal. Lima, Perú.

Zegarra, M. (2009). El caso de derrame de mercurio en Choropampa y los daños a la salud en la población rural expuesta *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*.

ANEXOS

Anexo 1

Método de extracción de oro con α -ciclodextrina.

Introducción

Antes de iniciar el presente procedimiento experimental se tuvo como base que una solución de tetrabromuro de oro y potasio reacciono con α -ciclodextrina y se extrajo el oro sin contaminar el medio ambiente y no daña a las personas. (Cao et al., 2013). La matriz con la que trabajó se puede considerar como agua que contenía oro en forma de tetrabromuro de oro y potasio.

En el presente procedimiento de extracción se trabajó en la matriz mineral, el oro de la matriz se encuentra como oro nativo que no ha sido oxidado, de antemano se sabe que el oro es difícil de oxidar por lo que pocos reactivos logran oxidarlo, el α -ciclodextrina no tuvo la capacidad de oxidar al oro en forma nativa y se mantuvo inalterado en la muestra.

Ya con los resultados de que el α -ciclodextrina no oxido al oro nativo del mineral, se realizó una oxidación previa del oro del mineral el cual se realizó en base al siguiente artículo, (Sousa at al., 2017, pp. 16-23), al cual se modificó los parámetros operativos para aplicarlo a la muestra de mineral, el artículo científico precedente oxido al oro nativo de una muestra de mineral usando una solución de bromo el producto de la oxidación fue el tetrabromuro de oro, luego se regulo el pH entre 4 a 6 con hidróxido de potasio y se formó el tetrabromuro de potasio, ya con el tetrabromuro de oro y potasio en solución acuosa se aplicó la α -ciclodextrina siguiendo los lineamientos del artículo científico de (Cao et al., 2013).

De los dos artículos científicos mencionados se propone el siguiente procedimiento experimental precisado en la parte de método.

Alcance

El presente método extrae oro de muestras de mineral, independiente de la concentración de otros metales susceptibles a oxidación que están dentro del mineral por el bromo.

Objetivos de método propuesto

- Extraer oro del mineral con α -ciclodextrina.
- Reducir los accidentes ocupacionales e impactos ambientales negativos.

Interferentes

Los metales susceptibles a oxidación pueden consumir el oxidante bromo y no dejar bromo para que reaccione el oro.

Método

a. Reactivos.

Los reactivos usados fueron de grado reactivo de la marca Merck, Sigma Aldrich y J.T. Baker, Fisher.

- Solución de bromo: agregar bajo una campana extractora los siguientes reactivos (30 mL Hipoclorito de sodio 5.25%, 4.4g bromuro de potasio 99.99%, 42 mL de ácido clorhídrico 1M y 28 mL de agua tipo 1).
- Solución de Hipoclorito de sodio 5.25%.
- Bromuro de sodio 99.99%.
- Solución de Ácido clorhídrico 1M.
- α -ciclodextrina.
- Papel filtro Whatman 42.
- Tiosulfato de sodio PA
- Agua tipo 01.

b. Equipos

- Agitador magnético con calentamiento.
- Horno de petróleo, capaz de llegar a una temperatura de 1200 °C.
- Balanza analítica.
- Refrigerante de bola.

- Sistema de reflujo de vidrio.
- Balón de destilación.
- Magnetos revestidos de teflón.
- Cronometro.

c. Pretratamiento de la muestra

La muestra de mineral es secada a una temperatura de 105 °C en una estufa hasta peso constante (el peso constante se obtiene con una variedad entre pesos y secada consecutiva de 0.5g)

La muestra seca es chancada y pulverizada con una chancadora rompe mandíbula, luego con una trituradora de rodillos.

d. Tratamiento de la muestra

Se pesa entre 10 a 100g de muestra pretratada en la balanza analítica y trasvasamos al balón de destilación, el peso de muestra dependerá de la cantidad de oro que tenga la muestra de mineral.

Se procede a agregar en el siguiente orden 28 mL de agua, 42 mL de solución de ácido clorhídrico, 4.4 g de bromuro de potasio y 30 mL de la solución de hipoclorito de sodio (solución de bromo); a la muestra que está dentro del balón de destilación. Si se ve la desaparición del color anaranjado, agregar más reactivos para la formación de bromo manteniendo la proporción inicial y proseguir el procedimiento experimental.

Luego programamos el equipo agitador magnético con calentamiento a una temperatura de 95 °C y procedemos a lixiviar la muestra por 6 horas.

Pasado las 6 horas se realiza vacío conectando una trampa conteniendo tiosulfato de sodio, para neutralizar el exceso de bromo.

Seguido dejamos enfriar el balón de destilación con la muestra lixiviada por 30 minutos a temperatura ambiente.

Luego se procede a filtrar en papel filtro Watman N°42.

A la solución filtrada se le regula el pH entre 4 y 6 con hidróxido de potasio.

Volvemos a filtrar si es que se vemos la formación de sólidos.

Agregamos (1.5 mL, 26.7 mM) de α -ciclodextrina por cada (1mL, 20mM) de tetrabromuro de oro y potasio, formado.

Procedemos a filtrar con papel filtro Watman N°42, la solución filtrada se reduce con 300 mg de tiosulfato de sodio.

El proceso de reducción produce un precipitado de oro sólido, la solución líquida producto de la reducción vuelve a producir α -ciclodextrina que se recristaliza para su reutilización.

Figura 33

Esquema de equipo usado para extracción de oro



Fuente. Propia

Nota. La imagen muestra un sistema de reflujo conectado con dos mangueras donde circula agua como refrigerante, un matraz de 500 mL conectada al sistema de reflujo con solución de tiosulfato de sodio, para que reacciones con el bromo que tienda a escaparse, además hay una bomba de vacío conectado al sistema para absorber el bromo en exceso y sea neutralizado luego de finalizado las 6 horas de extracción.

Anexo 2

Límites máximos permisibles para la descarga de efluentes líquidos de actividades minero metalúrgica.

Parámetro	Unidad	Límite en cualquier momento	Límite para el promedio anual
pH		6-9	6-9
Sólidos totales en suspensión	mg/L	50	25
Aceites y grasas	mg/L	20	16
Cianuro total	mg/L	1	0.8
Arsénico total	mg/L	0.1	0.08
Cadmio total	mg/L	0.05	0.04
Cromo hexavalente (*)	mg/L	0.1	0.08
Cobre total	mg/L	0.5	0.4
Hierro (Disuelto)	mg/L	2	1.6
Plomo total	mg/L	0.2	0.16
Mercurio total	mg/L	0	0
Cinc total	mg/L	1.5	1.2

Fuente. Propia

Anexo 3

Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo decreto supremo N° 011-2017-MINAM

Parámetros en mg/Kg	Suelo comercial, industrial y extractivo
Arsénico	140
Bario	2000
Cadmio	22
Cromo total	1000
Cromo VI	1.4
Mercurio	24
Plomo	800
Cianuro libre	8

Fuente. Propia

Anexo 4

Formato para la matriz de identificación de peligros y evaluación de riesgos

Categoría	Peligro	Riesgo	Control actual	Situación			Evaluación del Riesgo Ocupacional Base					IRO: Índice Riesgo Ocupacional	Nivel de Riesgo	
				Rutinaria	No rutinaria	Emergencia ^a	IE	IF	II	IC	$\Sigma=IE+IF+II+IC$			IP

Fuente. Propia

Anexo 5

Matriz de identificación de aspectos y evaluación de impactos ambientales

N°	Aspecto Ambiental	Evento que origina el aspecto	Impacto Ambiental	Controles Actuales	Situación			Evaluación del Riesgo Ambiental					Nivel de Impacto Ambiental
					Rutinaria	No rutinaria	Emergencia	IM	IS	IPI	IP	IRA	

Fuente. Propia

Anexo 6

Prueba para recoger juicios de valor respecto a la reducción de los accidentes ocupacionales e impactos ambientales negativos.

INSTRUCCIONES

A continuación, le presentamos 15 proposiciones respecto al uso del cianuro, mercurio y α -ciclodextrina en el tema de seguridad, salud ocupacional y medio ambiente, así mismo la sustitución del cianuro y mercurio por α -ciclodextrina para la reducción de accidentes ocupacionales e impactos ambientales negativos, esta encuesta es realizada en profesionales graduados de la carrera de ingeniería de minas y/o metalurgia de la Universidad Nacional San Luis Gonzaga que estén o haya trabajado en el área de extracción de oro. Le pedimos que frente a cada una de ellas de su opinión personal estas no son correctas ni incorrectas. Lea cada proposición y marque con un aspa (X) en la hoja de respuestas aquella que mejor exprese su punto de vista, de acuerdo al siguiente código, categorías:

Totalmente en desacuerdo (1)

En desacuerdo (2)

Ni de acuerdo ni en desacuerdo (3)

De acuerdo (4)

Totalmente de acuerdo (5)

Continúa anexo 6

Ítems	Totalmente en desacuerdo (1)	En desacuerdo (2)	Ni de acuerdo ni en desacuerdo (3)	De acuerdo (4)	Totalmente de acuerdo (5)
1. Considera que el uso de cianuro en la extracción de oro es peligroso para los trabajadores que la manipulan y para el medio ambiente.					
2. Considera que el uso de mercurio en la extracción de oro es peligroso para los trabajadores que la manipulan y para el medio ambiente.					
3. Considerando que el cianuro usado en la lixiviación de oro, permanece en el relave hasta su descomposición por muchos años, consideraría que es un peligro latente para el medio ambiente y las personas que tiene actividades cerca a ese relave.					
4. Considerando que el mercurio usado en la lixiviación de oro, es evaporado para quedarse con el oro sólido y luego el mercurio se enfría en el medio ambiente y precipita al suelo si no es controlado, este daña al medio ambiente y las personas.					
5. Los accidentes ocupacionales e impactos ambientales negativos con el uso de cianuro ocurrido en toda la historia han sido catastróficos.					
6. Los controles de ingeniería y administrativos que usan en la actualidad en la extracción de oro con cianuro y mercurio controlan en su totalidad los posibles accidentes ocupacionales e impactos ambientales negativos.					
7. Si es que tendría que hacer la determinación del índice de riesgo ocupacional del uso de cianuro, le daría una calificación de bajo; en la escala de bajo, medio y alto.					
8. Si es que tendría que hacer la determinación del índice de riesgo ocupacional del uso de mercurio, le daría una calificación de bajo; en la escala de bajo, medio y alto.					
9. Considera si es que se sustituye el cianuro y mercurio por un reactivo químico menos peligroso se eliminaría los accidentes ocupacionales y accidentes ambientales negativos.					

Continúa Anexo 6

Ítems	Totalmente en desacuerdo (1)	En desacuerdo (2)	Ni de acuerdo ni en desacuerdo (3)	De acuerdo (4)	Totalmente de acuerdo (5)
<p>10. El bromo es usado para la extracción de oro del mineral dando recuperaciones de hasta 90%, en solo 4 horas a 95°C y es fácilmente tratable para que se forme una especie no tóxica luego de la extracción en condiciones normales de presión y temperatura. ¿Considera que el bromo es menos peligroso que el cianuro y mercurio teniendo en cuenta lo mencionado en el presente párrafo?</p>					
<p>11. El α-ciclodextrina es un oligosacárido, ósea un azúcar de origen orgánico, que logra reaccionar con una solución de tetra bromuro áurico (formado por la reacción del oro nativo con bromo) y logra extraer el oro hasta un 90%. ¿Considera que el α-ciclodextrina puede sustituir al cianuro y mercurio en la extracción de oro?</p>					
<p>12. El relave formado en la extracción de oro está formado por bromuro de potasio, α-ciclodextrina, tiosulfato de sodio y los restos de los metales del mismo mineral. La α-ciclodextrina es recristalizado y recuperado para volver a usarse en la extracción de oro. ¿Desde un punto de vista ambiental y de seguridad ocupacional cree usted que se reducirían los impactos ambientales negativos y accidentes ocupacionales en la extracción de oro del mineral al usar la α-ciclodextrina?</p>					
<p>13. Las hojas de seguridad de los reactivos usados y productos formados en la extracción de oro del mineral. ¿Permite evaluar el grado de riesgo ocupacional y al medio ambiente en la actividad de extracción de oro del mineral?</p>					
<p>14. Considerando que en el área de extracción de oro donde labora tienen el mismo personal y que se extrae el oro con cianuro, mercurio y α-ciclodextrina y le piden evaluar el riesgo ocupacional de la actividad de cada uno de los reactivos usados. ¿Estaría de acuerdo con que el de menor índice de riesgo ocupacional y ambiental sería el α-ciclodextrina?</p>					
<p>15. Conociendo que la α-ciclodextrina puede extraer oro del mineral y no contamina el medio ambiente y no causa daño a las personas, ¿consideraría que la sustitución de mercurio y cianuro por α-ciclodextrina reducirían los accidentes ocupacionales e impactos ambientales negativos, en la extracción de oro?</p>					

Anexo 7

Informe de ensayos agua



CONSULTING
CONSULTORIA AMBIENTAL ZC E.I.R.L.

INFORME DE ENSAYO N° MA-010421-0002

A Solicitud de	Anthony Zegarra Ruiz
Dirección del Solicitante	Botijeria Angulo Sur G lote 9 Manzanilla ICA - ICA - ICA
Producto descrito como	Agua
Cantidad de Muestras	5 envases de plástico y 1 de vidrio ámbar conteniendo agua
Instrucciones de Ensayo	Análisis físico químico e instrumental
Procedencia de la muestra	Nasca - Ica
Fecha de Recepción	23/03/2021
Fecha de realización del	24/03/2021 a 05/04/2021
Cotización de Análisis N°	ANA-P010321 Vr00
Cadena de Custodia N°	0001-21 - Aguas
Punto de muestreo	Agua residual del alcantarillado Colindante a las pruebas de extracción de oro del Mineral AZ
Coordenadas	18L 0506915E, 8359754N

Emitido en Ica, 05 de abril del 2021



Químico Luis Anthony Zegarra Ruiz
CQP: 1112
GERENTE DE OPERACIONES MEDIO AMBIENTE
CONSULTORIA AMBIENTAL ZC EIRL

 969 787 295

 Residencial San Carlos
Mz O 21 Ica

 comercialzconsulting@gmail.com

 www.zcconsultingperu.com

Elemento	Unidades	Resultados
Arsénico	mg/L	0.00242
Cadmio	mg/L	< 0.00022
Cromo hexavalente	mg/L	< 0.008
Cobre	mg/L	0.02167
Hierro	mg/L	0.0015
Plomo	mg/L	0.01006
Mercurio	mg/L	< 0.00007
Cinc	mg/L	0.04904
Cianuro total	mg/L	< 0.0091
Sólidos suspendidos totales	mg/L	3.0
Aceites y grasas	mg/L	<1.2
pH	Unidades de pH	6.7
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	6.3

Metodología

PARAMETROS	REFERENCIA O NORMA
Metales totales por ICP-MS (Arsénico, cadmio, cobre, hierro, plomo, mercurio, cinc)	EPA Method 6020B; (Preparación de muestra: EPA Method 3005A, 1992), 2014. Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (Acid Digestion of Waters for Total Recoverable or Dissolved Metals for Analysis by FLAA or ICP Spectroscopy).
Cromo hexavalente	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3500-Cr B, 23rd Ed. 2017. Chromium. Colorimetric Method
Cianuro Total:	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-CN ⁻ C, F, 23rd Ed. 2017. Cyanide. Total Cyanide after Distillation. Cyanide-Selective Electrode Method.
Sólidos suspendidos totales	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 23rd Ed. 2017. Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C.
Aceites y grasas	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5520 B, 23rd Ed. 2017. Oil and Grease. Liquid-Liquid, Partition-Gravimetric Method.
pH (medición en campo)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H ⁺ B, 23rd Ed. 2017. pH Value. Electrometric Method.
Demanda bioquímica de oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017. Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test. Azide Modification.

Nota: Para una adecuada comparación e interpretación de los resultados analíticos se requiere que las muestras cumplan con los requerimientos de muestreo, manipulación y almacenamiento establecidos en los métodos de ensayo acreditado.



Químico Luis Anthony Zegarra Ruiz
CQP: 1112

GERENTE DE OPERACIONES MEDIO AMBIENTE
CONSULTORIA AMBIENTAL ZC E.I.R.L.

969 787 295

Residencial San Carlos
Mz O 21 Ica

comercialzconsulting@gmail.com

www.zcconsultingperu.com

Anexo 8

Informe de ensayos suelo



CONSULTING
CONSULTORIA AMBIENTAL ZC E.I.R.L.

INFORME DE ENSAYO N° MA-010421-0001

A Solicitud de	Anthony Zegarra Ruiz
Dirección del Solicitante	Botijeria Angulo Sur G lote 9 Manzanilla ICA - ICA - ICA
Producto descrito como	Suelo
Cantidad de Muestras	3 envases de vidrio ámbar conteniendo suelo
Instrucciones de Ensayo	Análisis físico químico e instrumental
Procedencia de la muestra	Nasca - Ica
Fecha de Recepción	23/03/2021
Fecha de realización del	24/03/2021 a 05/04/2021
Cofización de Análisis N°	ANA-P010321 Vr00
Cadena de Custodia N°	0001-21 - Suelos
Punto de muestreo	Suelo Colindante a las pruebas de extracción de oro del Mineral AZ
Coordenadas	18L 0506911E, 8359753N

Emitido en Ica, 05 de abril del 2021



Químico Luis Anthony Zegarra Ruiz
CQP: 1112
GERENTE DE OPERACIONES MEDIO AMBIENTE
CONSULTORIA AMBIENTAL ZC EIRL

 969 787 295

 Residencial San Carlos
Mz O 21 Ica

 comercialzccconsulting@gmail.com

 www.zccconsultingperu.com


RESULTADOS DE ENSAYO

Elemento	Unidades	Resultados
Arsénico	mg/Kg	8.9
Bario	mg/Kg	<113.0
Cadmio	mg/Kg	<1.00
Mercurio	mg/Kg	0.1170
Plomo	mg/Kg	20.5
Cromo	mg/Kg	< 5.0
Cianuro libre	mg/Kg	<0.9

Metodología

PARAMETROS	REFERENCIA O NORMA
Arsénico	EPA Method 7062. 1994. Antimony and Arsenic (Atomic Absorption, Borohydride Reduction).
Bario, Cadmio	EPA 3050B Rev. 02, 1996/EPA 7000 B Rev 02, 2007. Acid Digestion of Sediments, Sludges, and Soils/ Flame Atomic Absorption spectrophotometry
Mercurio	EPA Method 7471 B Rev. 2. 2007. Mercury in Solid or Semisolid Waste (Manual Cold-Vapor Technique).
Plomo	EPA 3050B Rev. 02, 1996/EPA 7000 B Rev 02, 2007. Acid Digestion of Sediments, Sludges, and Soils/ Flame Atomic Absorption Spectrophotometry
Cromo	EPA Method 3050 B Rev.2 1996 / Method 7000B Rev.2 2007. Acid Digestion of Sediments, Sludges, and Soils / Flame Atomic Absorption Spectrophotometry
Cianuro libre	EPA 9013-A, Rev. 02, 2014/ SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-CN ⁻ F, 23rd Ed. 2017. Cyanide extraction procedure for solids and oils / Cyanide - Selective Electrode Method

Nota: Para una adecuada comparación e interpretación de los resultados analíticos se requiere que las muestras cumplan con los requerimientos de muestreo, manipulación y almacenamiento establecidos en los métodos de ensayo acreditado.



Químico Luis Anthony Zegarra Ruiz
CQP: 1112
GERENTE DE OPERACIONES MEDIO AMBIENTE
CONSULTORIA AMBIENTAL ZC E.I.R.L.

Anexo 9

Detalles técnicos de los equipos usados en el presente trabajo de investigación y sus parámetros de funcionamiento

Para la cuantificación de los metales en las muestras de cortezas se usó el equipo (ICP-OES, Marca Aguilén, Modelo 700, Series ICP-OES, Programa de lectura y uso ICP-EXPERT, versión 4.1.0 b443).

Las curvas de calibración se realizaron con estándares trazables a NIST con 2 niveles de concentración para cada elemento, al cual se le incluyó al blanco como punto de calibración.

Las curvas de calibración se consideraron aceptables cuando $r^2 > 0,997$

Las condiciones de funcionamiento de la ICP-MS fueron las siguientes:

Condiciones usadas en todas las líneas

Potencia (KW) 1.30

Flujo de plasma (L/min) 16.5

Flujo auxiliar (L/min) 1.50

Flujo Nebulizador (L/min) 0.75

Tiempo de lectura réplica (s) 10.00

Retraso de estabilización del instrumento (s) 15

Parámetros de introducción de muestra

Retraso de toma de muestra (s) 55

Velocidad de bomba (rpm) 5

Tiempo de lavado (s) 5

Balanza Analítica «Sartorius» M-Power AZ-214, 210 g/0.1 mg. Made in USA.

Características técnicas

Capacidad de pesada: 210 g

Legibilidad: 0,1 mg

Repetibilidad: $\pm 0.2\text{mg}$

Linealidad: $\pm 0,3\text{mg}$

Rango de tara: 210g

Deriva de sensibilidad: $\geq \pm 2 \times 10^{-6}/K$

Tiempo de estabilización: 3 segundos

Calibración: Externa

Protección contra sobrecarga

Programas incorporados: formulación neto-total, pesaje en porcentaje, conteo, conversión a unidades de masa, pesaje dinámico.

Tamaño de platillo de pesada: 90 mm de diámetro

Cabina anti viento

Altura de la cabina: 200mm

Interface RS-232 bidireccional

Dispositivo de bloqueo antirrobo

Temperatura de trabajo: +5 a +40°C

Alimentación: 230V/50-60Hz

Dimensiones: 200x270x299mm

Peso: 3.2kg

Micro balanza

Capacidad: 2.1 g...Legibilidad: 0,1 μ g

Repetibilidad: 0,25 μ g...Linealidad: 0,9 μ g

Cantidad de Muestra Mínima: 1mg

Tiempo de estabilización: < 7 segundos

Tipos de Calibración:

- a) Interna Automática ISOCAL
- b) Reproducibilidad (REPROTEST)
- c) Linealización

Valor de Pesa Calibración Externa: 2g Clase E2 (no incluida)

Tamaño del platillo de pesaje: \varnothing 20 mm

Nivelación Manual guiada y detección de desnivel

Capelo DM (Con recubrimiento antiestático) y función de aprendizaje

Interfaces Incluidas: USB, RS232C de 25 polos y Ethernet*

Protección contra polvo y agua

Anexo 10

Glosario y/o abreviaturas

HBr: Ácido bromhídrico

HNO₃: Ácido nítrico

H₂O: Agua

α-CD: Alfa ciclodextrina

α-Br: Alfa Bromo

Br₂: Bromo molecular

Zn: Cinc

Cu: Cobre

[K(OH₂)₆]⁺: Complejo iónico hexaacuo de potasio.

KAuBr₄: Complejo tetra bromuro áurico.

KOH: Hidróxido de potasio

Br⁻: Ion Bromuro

Au(CN)₂⁻: Ion cianuro áurico.

AuBr₄⁻: Ion tetra bromuro áurico

[AuBr₄]⁻: Ion tetra bromuro áurico

Au: Oro

O₂: Oxígeno molecular

Ag: Plata

H₂O₂: Peróxido de hidrogeno

HAuBr₄: Tetra bromuro áurico de hidrógeno

Na₂S₂O₅: Tiosulfato de sodio

ADR / RDI: Mercadería no peligrosa

IMDG: Peligro y riesgo por sustancias químicas peligrosas para el medio ambiente

IRO: Índice de riesgo ocupacional

IN: Intensidad

EX: Extensión

MO: Momento

PE: Persistencia

RV: Reversibilidad

SI: Sinergia

AC: Acumulación

EF: Efecto

PR: Periodicidad

MC: Recuperabilidad

Anexo 11

Marcos Conceptuales

- Amalgamas: El mercurio es capaz de formar aleaciones con los siguientes metales nobles: oro, plata, platino y paladio. Dichas aleaciones reciben el nombre de amalgamas.
- Coalescencia de compuestos de inclusión polímeros. Para la química, la coalescencia implica un proceso a través del cual dos dominios (polímeros) de fase de composición esencialmente idéntica entablan un contacto y forman un dominio de fase mayor.
- “Complejos anfitrión huésped. Complejos donde hay una unión por medio de una interacción por fuerzas electrostáticas entre el anfitrión y el huésped” (Cao et al, 2013, p. 2).
- Composito de mineral. Mezcla de 2 o más minerales de diferentes características para obtener una sola muestra con composición química diferentes a las muestras que se usaron para el composito.
- Complejo supramolecular. Es un complejo bien definido de moléculas unidas mediante enlaces no covalentes. Un montaje supramolecular puede estar compuesto simplemente por dos moléculas.
- Derivatización: Es la transformación de un reactivo químico en otro producto por medio de una reacción química.
- Ensayos al fuego. Ensayo de una muestra mayormente minerales donde la muestra es fundida para cuantificar el analito de interés.
- Interacciones no covalentes. Es una interacción donde no se forma un enlace covalente en lugar del enlace hay interacciones electrostáticas y las fuerzas de Van der Waals son de naturaleza puramente electrostática (atracción o repulsión de cargas eléctricas), aunque en las últimas participan moléculas neutras, interaccionando bien con otras moléculas neutras o con iones.

- Lixiviación. Proceso de extracción de la materia soluble de una mezcla mediante la acción de un disolvente líquido.
- Mineral. es una sustancia natural, de composición química definida, normalmente sólido e inorgánico, y que tiene una cierta estructura cristalina.
- Moléculas hidrófobas. Son moléculas que no pueden solubilizarse en agua.
- OMS. Organismo Mundial de la Salud.
- Sustitución química. Es el reemplazo de una sustancia química por otra que te va a dar el mismo resultado esperado en una reacción química.
- Técnica de plasma inductivamente acoplado. Es una técnica de análisis inorgánico elemental e isotópico capaz de determinar y cuantificar la mayoría de los metales de la tabla periódica y algunos no metales.

Anexo 12

Matriz de evaluación del impacto ambiental

IMPACTO	NAT	IN	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	IMPORTANCIA	Importancia del impacto (I)
Contaminación del agua por efluentes que son producto de la extracción de oro con α -ciclodextrina en la muestra mineral AZ	NEGATIVO (-)	2	2	2	1	1	1	1	1	2	2	21	irrelevante o compatible con el ambiente
Contaminación del aire por emisión de gases de bromo producto de la extracción de oro con α -ciclodextrina en la muestra mineral AZ	NEGATIVO (-)	2	2	2	1	1	1	1	1	2	2	21	irrelevante o compatible con el ambiente
Contaminación del suelo por residuos sólidos producto de la extracción de oro de las muestra de mineral AZ con α -ciclodextrina	NEGATIVO (-)	1	1	1	2	1	1	1	1	2	2	16	irrelevante o compatible con el ambiente

Fuente. (Fernandez, V. 2014)

Nota. La presente tabla muestra los resultados de la aplicación del método de extracción de oro con α -ciclodextrina en la muestra de mineral AZ.

Anexo 13

Validación de la encuesta por los jueces expertos

Respuesta 1 a la solicitud de revisión de:

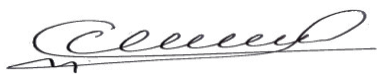
Estimado Sr. Maestrante Luis Anthony Zegarra Ruiz

Habiendo revisado el instrumento de recolección de datos mencionado en el anexo 6: Prueba para recoger juicios de valor respecto a la reducción de los accidentes ocupacionales e impactos ambientales negativos, de la tesis de maestría titulada **“INFLUENCIA DE LA α -CICLODEXTRINA EN LA EXTRACCIÓN DEL ORO PARA REDUCCIÓN DE ACCIDENTES OCUPACIONALES E IMPACTOS AMBIENTALES NEGATIVOS”**.

Yo el **Dr. Casimiro Escalante Abanto**, lo encuentro pertinente, relevante, claro y confiable en un 85%, el instrumento de recolección de datos basado en Likert ya que se encuentra relacionado de manera coherente y consistente con los indicadores, las dimensiones y con la variable de estudio, reducción de accidentes ocupacionales e impactos ambientales negativos, influidos por la aplicación sistemática de α -ciclodextrina en la extracción de oro. El presente instrumento puede ser administrado a la muestra de estudio, conformado por 36 profesionales con conocimiento en técnicas de extracción de oro.

Lima, 23 de enero del 2021

Saludos cordiales



Dr. Casimiro Escalante Abanto

Docente: UPGFIGMMGCA - UNMSM

Respuesta 2 a la solicitud de revisión de:

Estimado Sr. Luis Anthony Zegarra Ruiz

Habiendo revisado el instrumento de recolección de datos mencionado en el anexo 6: Prueba para recoger juicios de valor respecto a la reducción de los accidentes ocupacionales e impactos ambientales negativos, de la tesis de maestría titulada **“INFLUENCIA DE LA α -CICLODEXTRINA EN LA EXTRACCIÓN DEL ORO PARA REDUCCIÓN DE ACCIDENTES OCUPACIONALES E IMPACTOS AMBIENTALES NEGATIVOS”**.

Yo el **Dr. Víctor Flores Marchan**, encuentro pertinente y confiable el instrumento de recolección de datos ya que se encuentra relacionado a los accidentes ocupacionales e impactos ambientales negativos en la extracción de oro de muestra de minerales, así mismo la descripción realizada en el anexo 6 sobre el proceso de extracción de oro con α -ciclodextrina, que permite entender y conocer mejor un proceso no común como la extracción de oro con α -ciclodextrina de una muestra de mineral y dar un mejor juicio de valor sobre un posible uso de α -ciclodextrina en la extracción de oro del mineral y ver la influencia en reducción de accidentes ocupacionales e impactos ambientales negativos.

Nasca, 25 de enero del 2021



Dr. Víctor Flores Marchan

Decano de la Facultad de Ingeniería de
Minas y Metalurgia

Universidad Nacional San Luis Gonzaga

Respuesta 3 a la solicitud de revisión de:

Estimado Sr. Luis Anthony Zegarra Ruiz

Habiendo revisado el instrumento de recolección de datos mencionado en el anexo 6: Prueba para recoger juicios de valor respecto a la reducción de los accidentes ocupacionales e impactos ambientales negativos, de la tesis de maestría titulada **“INFLUENCIA DE LA α -CICLODEXTRINA EN LA EXTRACCIÓN DEL ORO PARA REDUCCIÓN DE ACCIDENTES OCUPACIONALES E IMPACTOS AMBIENTALES NEGATIVOS”**.

Yo el **Mgs. Alcajer Miguel Alarcón Espinoza**, el instrumento de recolección de datos lo encuentro pertinente y la muestra de estudio de los 36 profesionales con conocimientos en la variable de estudio reducción de accidentes ocupacionales e impactos ambientales negativos en la extracción de oro, producto de la aplicación sistemática en la extracción de oro con α -ciclodextrina, permite obtener juicios de valor pertinentes en el tema de accidentes ocupacionales e impactos ambientales negativos.

Por la tanto el instrumento de recolección de datos es pertinente, claro y preciso sobre lo que se quiere obtener en la tesis en mención.

Nasca, 06 de febrero del 2021



Firma
DNI:21453424

Mgs. Alcajer Miguel Alarcón Espinoza
Profesor Asociado en la Facultad de
Ingeniería de Minas y Metalurgia
Universidad Nacional San Luis Gonzaga

Anexo 14

Determinación del alfa de Cronbach

Variable Omitida	Media total ajustada	Desviación estándar total ajustada	Correlación total ajustada por elemento	Correlación múltiple cuadrada	Alfa de Cronbach
Pregunta 1	48.167	9.539	0.8649	0.862	0.8708
Pregunta 2	47.972	9.361	0.9342	0.9316	0.8660
Pregunta 3	48.194	9.365	0.9329	0.9141	0.8661
Pregunta 4	48.250	9.726	0.4954	0.6932	0.8843
Pregunta 5	48.694	9.974	0.3151	0.6695	0.8910
Pregunta 6	48.861	9.574	0.7880	0.7404	0.8732
Pregunta 7	48.778	9.675	0.5072	0.7584	0.8841
Pregunta 8	48.806	10.107	0.1207	0.3666	0.9030
Pregunta 9	48.528	9.644	0.5489	0.6996	0.8821
Pregunta 10	48.694	9.710	0.5452	0.7475	0.8821
Pregunta 11	48.444	9.755	0.5141	0.6316	0.8833
Pregunta 12	48.583	9.758	0.5168	0.6276	0.8832
Pregunta 13	48.361	9.666	0.6627	0.7047	0.8777
Pregunta 14	48.500	9.691	0.5783	0.7231	0.8807
Pregunta 15	48.389	9.949	0.2983	0.5864	0.8926

Fuente. Propia

Nota 1. La tabla muestra los resultados del alfa de Cronbach de las preguntas de manera individual, siendo estas mayores a 0.8660.

Nota 3. La encuesta realizada fue para determinar el juicio de valor de los profesionales encuestados, con la finalidad de tener su percepción de los accidentes ocupacionales e impactos ambientales negativos, en la extracción de oro del mineral usando diferentes técnicas como extracción de oro con cianuro, mercurio y α -ciclodextrina. Para determinar la confiabilidad de la encuesta que constaba de 15 preguntas, para 36 profesionales encuestados. La escala tuvo un alto nivel de consistencia interna, determinado por un alfa de Cronbach de 0.8887.