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

Análisis comparativo del tratamiento del cianuro de solución barren con peróxido de hidrogeno y metabisulfito de sodio para el cumplimiento de los límites máximos permisibles

TESIS

Para optar el Grado Académico de Magíster en Ingeniería de Minas con mención en Gestión Minera y Ambiental

AUTOR

Arturo GARCIA GIRON

ASESOR

Ernesto Osvaldo ADUVIRE PATACA

Lima, Perú

2025



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

Garcia, A. (2025). *Análisis comparativo del tratamiento del cianuro de solución barren con peróxido de hidrogeno y metabisulfito de sodio para el cumplimiento de los límites máximos permisibles*. [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	Arturo Garcia Giron
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	42708670
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-6816-9529
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Ernesto Osvaldo Aduvire Pataca
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	00505273
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-0214-0125
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Alejandro Mena Ayala
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	10451517
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	José Alberto Terrones Alvarado
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	08994472
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Vidal Sixto Aramburú Rojas
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	08608364
Datos de investigación	

Línea de investigación	C.0.1.8. Geoquímica
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento.
Ubicación geográfica de la investigación	Edificio: Unidad Minera El Toro País: Perú Departamento: La Libertad Provincia: Sánchez Carrión Distrito: Huamachuco Urbanización: - Avenida: - Latitud: –7.8247 Longitud: –78.0183
Año o rango de años en que se realizó la investigación	2016 - 2017
URL de disciplinas OCDE	Minería, Procesamiento de minerales: https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.07.05

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE **SAN MARCOS**
(Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA)
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA, METALÚRGICA Y GEOGRÁFICA
UNIDAD DE POSGRADO

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

SUSTENTACIÓN PÚBLICA

En la Universidad Nacional Mayor de San Marcos - Lima, a los trece días del mes de junio del año dos mil veinticinco, siendo las once horas, se reúnen los suscritos Miembros del Jurado Examinador de Tesis, nombrado mediante Dictamen Nº 000161-2025-UPG-VDIP-FIGMMG/UNMSM del 09 de junio del 2025, con la finalidad de evaluar la sustentación oral de la siguiente tesis:

TÍTULO

«ANÁLISIS COMPARATIVO DEL TRATAMIENTO DEL CIANURO DE SOLUCIÓN BARREN CON PERÓXIDO DE HIDROGENO Y METABISULFITO DE SODIO PARA EL CUMPLIMIENTO DE LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES»

Presentado por el Bach. **ARTURO GARCIA GIRON**, para optar el **GRADO ACADÉMICO DE MAGISTER** en **INGENIERÍA DE MINAS con mención en GESTIÓN MINERA Y AMBIENTAL.**

El Secretario del Jurado Examinador de la Tesis, analiza el expediente Nº UNMSM-20240119345, de fecha 17 de diciembre del 2024, 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 Nº 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 de la Tesis, el Presidente recomienda a la Facultad se le otorgue el **GRADO ACADÉMICO DE MAGISTER** en **INGENIERÍA DE MINAS con mención en GESTIÓN MINERA Y AMBIENTAL** al Bach. **ARTURO GARCIA GIRON.**

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

DR. ALEJANDRO MENA AYALA
Presidente

MG. JOSÉ ALBERTO TERRONES ALVARADO
Secretario

DR. VIDAL SIXTO ARAMBURÚ ROJAS
Miembro

DR. ERNESTO OSVALDO ADUVIRE PATACA
Asesor

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE
SAN MARCOS
Universidad del Perú, Decana de América

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo DR. ERNESTO OSVALDO ADUVIRE PATACA en mi condición de asesor acreditado con el Dictamen N° 386/UPG-FIGMMG-2020 de la tesis, cuyo título es **«ANÁLISIS COMPARATIVO DEL TRATAMIENTO DEL CIANURO DE SOLUCIÓN BARREN CON PERÓXIDO DE HIDROGENO Y METABISULFITO DE SODIO PARA EL CUMPLIMIENTO DE LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES»,** presentado por el BACHILLER ARTURO GARCIA GIRON para optar el Grado Académico de MAGISTER EN INGENIERÍA DE MINAS CON MENCIÓN EN GESTIÓN MINERA Y AMBIENTAL, **CERTIFICO** que se ha cumplido con lo establecido en la Directiva de Originalidad y de Similitud de Trabajos Académicos, de Investigación y Producción Intelectual. Según la revisión, análisis y evaluación mediante la plataforma PIDS, el documento evaluado cuenta con el **11 %** de similitud, nivel **PERMITIDO** para continuar con los trámites correspondientes y para su **publicación en el repositorio institucional.**

Se emite el presente certificado en cumplimiento de lo establecido en las normas vigentes, como uno de los requisitos para la obtención del grado correspondiente.

Lima, 04 de Setiembre de 2024

Firma del Asesor:



Nombres y apellidos del asesor: ERNESTO OSVALDO ADUVIRE PATACA

DNI: 00505273

DEDICATORIA

Para mis hijos, Brianna y Sebastian

AGRADECIMIENTOS

A todas las personas que estuvieron, apoyaron y acompañaron en mi desarrollo profesional.

ÍNDICE GENERAL

PÁGINA DE ACEPTACIÓN i
DEDICATORIA ii
AGRADECIMIENTOS iii
ÍNDICE GENERAL iv
LISTA DE CUADROS vii
LISTA DE FIGURAS viii
RESUMEN ix
SUMMARY x
1 CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN 1
1.1 Situación problemática 1
1.2 Formulación del problema 3
1.2.1 Problema general 3
1.2.2 Problemas específicos 3
1.3 Justificación teórica 3
1.4 Justificación práctica 3
1.5 Objetivos 5
1.5.1 Objetivo general 5
1.5.2 Objetivos específicos 5
2 CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO 6
2.1 Marco Filosófico o epistemológico de la investigación 6
2.2 Antecedentes de Investigación 9
2.3 Bases Teóricas 16
2.3.1 Proceso de Cianuración 16
2.3.2 Química de las soluciones de Cianuración 17
2.3.3 Calidad de agua 20

2.3.4 Parámetros químicos y físicos del agua 20
2.3.5 Límites Máximos Permisibles (LMP) 23
2.3.6 Estándares de Calidad Ambiental (ECA) 23
3 CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA 26
3.1 Pruebas de Coagulación / Floculación 26
3.1.1 Agente Coagulante / Floculante 27
3.1.2 Condiciones iniciales de las muestras 27
3.1.3 Materiales y Equipos 28
3.1.4 Procedimiento 28
3.2 Pruebas de ensayo con peróxido de hidrogeno 29
3.2.1 Evaluación de la Metodología 30
3.2.2 Condiciones iniciales de la muestra 31
3.2.3 Materiales y equipos 32
3.2.4 Procedimiento 32
3.3 Pruebas de ensayo con Metabisulfito de Sodio 34
3.3.1 Evaluación de la Metodología 36
3.3.2 Condiciones iniciales de la muestra 36
3.3.3 Materiales y Equipos 37
3.3.4 Procedimiento 37
4 CAPÍTULO 4: RESULTADOS Y DISCUSIÓN 41
4.1 Análisis, interpretación y discusión de resultados 41
4.1.1 Resultados de coagulación y floculación 41
4.1.2 Resultados con Peróxido de Hidrógeno 45
4.1.3 Resultados de las Pruebas de Ensayo con Metabisulfito de Sodio 54
4.2 Prueba de hipótesis 64
4.2.1 Presentación de resultados 64

5 CAPÍTULO 5: IMPACTOS 67
5.1 Propuesta para la solución del problema 67
5.2 Costos de implementación de la propuesta 67
5.3 Beneficios que aporta la propuesta 69
6 CONCLUSIONES 70
7 RECOMENDACIONES 71
8 REFERENCIAS 72
9 ANEXOS 75

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1 Clasificación del cianuro y compuestos del cianuro en las disoluciones de cianuración. 17
Cuadro 2 LMP para efluentes minero-metalúrgicos 23
Cuadro 3 Estándar Nacional de Calidad de Agua - ECA Categoría 3 25
Cuadro 4 Índice de floculación de Wilcomb 27
Cuadro 5 Resultados Prueba Coagulación / Floculación N°1 41
Cuadro 6 Resultados de la Sedimentación N°1 42
Cuadro 7 Resultados Prueba de Coagulación /Floculación N°2 42
Cuadro 8 Resultados de Sedimentación N°2 43
Cuadro 9 Prueba de Sedimentación de Sólidos Floculados en Columna 44
Cuadro 10 Velocidad promedio global de Sedimentación 45
Cuadro 11 Parámetros DETOX 1 – Prueba A 46
Cuadro 12 Parámetros Modelo Cinético Detox 1 – Prueba A 47
Cuadro 13 Parámetros Detox 1 – Prueba B 49
Cuadro 14 Parámetros Modelo Cinético Detox 1 – Prueba B 51
Cuadro 15 Parámetros in situ de la prueba C 53
Cuadro 16 Caracterización Fisicoquímica Prueba con H2O2 vs LMP 54
Cuadro 17 Parámetros DETOX 2 – Prueba A 54
Cuadro 18 Parámetros Modelo Cinético Detox 2– Prueba A 57
Cuadro 19 Parámetros Detox 2– Prueba B 59
Cuadro 20 Parámetros Modelo Cinético Detox 2 – Prueba B 60
Cuadro 21 Parámetros in situ Prueba C 63
Cuadro 22 Equivalencias de concentraciones durante la reacción 65
Cuadro 23 Consumo de otros reactivos (en mL) 65
Cuadro 24 Consumo de insumos Químicos por metro cúbico 66
Cuadro 25 Relación de Costos / Insumos 68

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Equilibrio del HCN en función del pH 18
Figura 2 Zonas de sedimentación en la columna de sedimentación..... 44
Figura 3 Curva de Kynch. Velocidad de Sedimentación 45
Figura 4 Concentración de CN Wad y CN Total Detox 1 Prueba A. 47
Figura 5 Cinética de Relación de Orden cero. 48
Figura 6 Cinética de Relación de Primer Orden..... 48
Figura 7 Cinética de Relación de Segundo Orden. 49
Figura 8 Concentración de Cianuro total y Cianuro Wad. 50
Figura 9 Cinética de Relación de Orden cero 51
Figura 10 Cinética de Relación de Primer orden. 52
Figura 11 Cinética de Relación de Primer orden. 52
Figura 12 Concentración de CN Wad y CN Total Detox 1 Prueba A 55
Figura 13 Cinética de Relación de Orden cero. 57
Figura 14 Cinética de Relación de Primer Orden..... 58
Figura 15 Cinética de Relación de Segundo Orden..... 58
Figura 16 Concentración de CN Wad y CN Total. 60
Figura 17 Cinética de Reacción de Orden Cero. 61
Figura 18 Cinética de Reacción de Primer Orden..... 61
Figura 19 Cinética de Reacción de Segundo Orden..... 62
Figura 20 Caracterización Fisicoquímica Prueba con Na2S2O5 vs LMP 63

RESUMEN

El presente proyecto de investigación titulado “Análisis comparativo del tratamiento del cianuro de solución barren con peróxido de hidrógeno y metabisulfito de sodio para el cumplimiento de los límites máximos permisibles” es de tipo cuantitativa y tiene como propósito analizar la influencia de dos insumos químicos como peróxido de hidrogeno y metabisulfito de sodio para disminuir la concentración de cianuro en aguas industriales de mina como la solución barren, a efectos que cumpla con los límites máximos permisibles para vertimiento de aguas industriales tratadas según la normativa ambiental vigente en el Perú. En la investigación se realizaron tres pruebas (A, B y C) para cada uno de las sustancias químicas; las mejores pruebas para cada una de las sustancias indicaron que, el metabisulfito de sodio en una concentración de 30% w/v pudo disminuir la cantidad de cianuro total en la solución barren llegando a remover hasta un 96.64% (prueba C: CN tot llegó a 0.801 mg/l); mientras que las pruebas con el peróxido de hidrogeno en una concentración de 50% diluida al 1% v/v pudo disminuir la cantidad de cianuro total en 53.83% (prueba A: CN tot llegó a 11.09 mg/l). Lo que demuestra que, a diferencia de las pruebas con peróxido de hidrógeno, el metabisulfito de sodio provoca una disminución drástica de la concentración de cianuro total cuyo resultado está por debajo de los límites máximos permisibles (límite máximo permisible = 1 mg/l) para un vertimiento de aguas industriales tratadas.

Palabras clave: Análisis, comparativo, Metabisulfito de Sodio, Peróxido de Hidrógeno, Solución Barren, Tratamiento.

SUMMARY

The present research project titled “Comparative Analysis of Cyanide Treatment in Barren Solution Using Hydrogen Peroxide and Sodium Metabisulfite to Comply with Maximum Permissible Limits” is a quantitative study aimed at analyzing the influence of two chemical reagents—hydrogen peroxide and sodium metabisulfite—in reducing cyanide concentration in industrial mine water, such as barren solution, to ensure compliance with the maximum permissible limits for the discharge of treated industrial water according to current environmental regulations in Peru. In the research, three tests (A, B, and C) were conducted for each of the chemical substances. The best tests for each substance indicated that sodium metabisulfite, at a concentration of 30% w/v, was able to reduce the total cyanide content in the barren solution by up to 96.64% (Test C: total CN reached 0.801 mg/l). In contrast, tests with hydrogen peroxide, at a concentration of 50% diluted to 1% v/v, reduced the total cyanide content by 53.83% (Test A: total CN reached 11.09 mg/l). This demonstrates that, unlike the hydrogen peroxide tests, sodium metabisulfite causes a drastic reduction in total cyanide concentration, with results below the maximum permissible limits (maximum permissible limit = 1 mg/l) for the discharge of treated industrial water.

Keywords: Analysis, Comparative, Sodium Metabisulfite, Hydrogen Peroxide, Barren Solution, Treatment.

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

Esta tesis presenta un análisis comparativo de dos insumos químicos, el metabisulfito de sodio y el peróxido de hidrógeno, para evaluar el tratamiento destructivo del cianuro presente en las aguas industriales de mina, técnicamente conocidas como “solución barren” o “solución pobre”, provenientes de la planta de procesos metalúrgicos de la unidad minera El Toro, ubicada en la ciudad de Huamachuco, La Libertad.

El objetivo principal de este análisis comparativo es determinar la opción de tratamiento más eficaz, con el propósito de obtener un efluente tratado que cumpla con la calidad establecida en la normativa ambiental vigente para el vertimiento minero metalúrgico, según lo estipulado en el Decreto Supremo N°010-2010-MINAM.

El Capítulo 1 aborda la problemática de los efectos ambientales negativos generados por el vertimiento de solución barren sin tratamiento previo. En el Capítulo 2 se describe la fundamentación teórica, detallando los diversos procedimientos actualmente disponibles para el tratamiento de soluciones cianuradas. El Capítulo 3 presenta la metodología utilizada en las pruebas de tratamiento, destacando las ventajas y desventajas de cada proceso. El Capítulo 4 muestra los resultados y la discusión de las pruebas realizadas, analizando los datos obtenidos con el uso de metabisulfito de sodio y peróxido de hidrógeno. Finalmente, en el Capítulo 5 se presentan las conclusiones y recomendaciones alineadas con los objetivos planteados en esta tesis.

1.1 Situación problemática

La actividad minera comprende diversas etapas generales como la exploración, explotación y cierre. Entre ellas, la explotación es fundamental, ya que permite la extracción del mineral del yacimiento, tanto de manera

subterránea como superficial. Posteriormente, el mineral extraído pasa a la etapa de beneficio, donde se separan los valores del mineral mediante procesos físicos y químicos, siendo el agua un factor principal.

Dada la naturaleza de estos procesos, existe el riesgo de impactos ambientales negativos significativos en los recursos hídricos si no se realiza un control y manejo adecuado de las aguas industriales. Uno de los principales factores ambientales que causan impactos negativos es la alteración de la calidad del agua en los cursos de agua naturales debido a las aguas residuales mineras. Estos efluentes pueden tener un impacto adverso significativo sobre los recursos naturales, especialmente en áreas de vertimiento, alterando la calidad de los recursos hídricos y afectando la salud humana, los suelos agrícolas y la productividad de las tierras.

En el proceso de extracción, los minerales se transportan a pilas de lixiviación, donde se irrigan con una solución de cianuro para obtener los valores minerales, principalmente oro. Esta solución rica en valores se procesa en instalaciones de recuperación mediante adsorción de carbón activado. La solución restante, conocida como solución barren, se recarga con cianuro y se recircula en el proceso.

Uno de los problemas más significativos durante la lixiviación es el exceso de agua en el sistema, especialmente durante la temporada de lluvias. El agua de lluvia, al entrar en contacto con el mineral lixiviado que contiene cianuro, aumenta la cantidad de agua que no debe retornar al proceso. Esta agua excedente debe ser tratada adecuadamente antes de ser drenada al medio ambiente.

Actualmente, existen diversas formas de tratamiento para reducir la concentración de cianuro en las aguas de los procesos mineros. Esta tesis se enfoca en un análisis comparativo de dos sustancias químicas, el metabisulfito de sodio y el peróxido de hidrógeno, para identificar la mejor alternativa, segura y eficaz, que permita obtener efluentes tratados conforme a los límites máximos permisibles establecidos por la normativa nacional vigente y sin alterar la calidad de las aguas.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

¿En qué medida el peróxido de hidrógeno o el metabisulfito de sodio influyen en la disminución de la concentración de cianuro en la solución barren, ayudando así a cumplir con los límites máximos permisibles establecidos por la normativa ambiental vigente?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿Cuál es la concentración de cianuro presente en la solución barren?
- ¿Qué tan eficientes son el peróxido de hidrógeno y el metabisulfito de sodio para reducir la concentración de cianuro en la solución barren?
- ¿En qué medida influye la reducción de cianuro en la solución barren en la mitigación del impacto negativo del vertimiento?

1.3 Justificación teórica

Esta investigación es crucial para determinar el tratamiento más eficaz y adecuado para las soluciones de cianuro mediante el uso de dos sustancias químicas: metabisulfito de sodio y peróxido de hidrógeno.

El procesamiento consiste en llevar a cabo pruebas de floculación, coagulación y sedimentación. Estas pruebas se realizan utilizando un método de "prueba de tanque" que simula las condiciones a nivel de laboratorio. Además, se determina la concentración de cianuro en función de las concentraciones de metabisulfito de sodio y peróxido de hidrógeno, con el objetivo de observar el comportamiento de los iones de cianuro.

de sodio y peróxido de hidrógeno a fin de ver el comportamiento de los iones de cianuro.

1.4 Justificación práctica

Las industrias extractivas, como la minería, son actividades que generan una variedad de recursos económicos dependiendo de la intensidad y la tecnología de extracción, alineadas con una buena gestión ambiental. Sin embargo, si no se gestionan de manera responsable, estas actividades

pueden causar impactos significativos al medio ambiente, alterando el entorno natural donde se desarrollan.

En la minería del oro, el cianuro se utiliza comúnmente debido a su alta eficiencia para disolver el metal precioso del mineral. Este proceso, conocido como lixiviación con cianuro, permite la extracción del oro de manera rentable y efectiva. Sin embargo, el uso del cianuro presenta serios riesgos ambientales debido a su alta toxicidad, lo que hace esencial la implementación de tratamientos adecuados para las aguas residuales que contienen cianuro. La gestión de estas aguas es crítica para minimizar los impactos negativos en el medio ambiente y asegurar el cumplimiento de las normativas ambientales.

En este contexto, la gestión adecuada del agua, enfocada en una gestión ambiental responsable y en planes mineros integrales, se vuelve determinante para mitigar estos impactos. Una gestión eficiente del agua no solo reduce los efectos negativos sobre los recursos hídricos naturales, sino que también promueve la interacción y complementariedad con otras actividades de las comunidades, creando un entorno sostenible entre las actividades mineras y la población.

Además, una buena gestión de los recursos hídricos en las unidades mineras beneficia directamente a la actividad agrícola local. Al asegurar un manejo adecuado de los cultivos y garantizar la calidad y cantidad del agua, se fomenta la coexistencia armoniosa entre la minería y la agricultura, lo cual es esencial para el desarrollo sostenible de las comunidades.

Uno de los pilares fundamentales de esta gestión integrada del agua es el tratamiento adecuado del agua industrial antes de su vertido al medio ambiente. Al tratar el agua de manera efectiva, se evita que tenga consecuencias negativas y se asegura el cumplimiento con los límites máximos permisibles establecidos por la normativa peruana vigente, protegiendo así los recursos hídricos y la salud de las comunidades.

Sin embargo, hasta la fecha, no se han comparado de manera exhaustiva los métodos más seguros y eficientes para la destrucción del cianuro utilizando reactivos como el metabisulfito de sodio y el peróxido de hidrógeno. Este estudio busca llenar ese vacío, proporcionando datos

comparativos que puedan guiar a la industria en la selección de los métodos de tratamiento más eficaces.

Al profundizar en los conocimientos sobre el tratamiento de aguas industriales, este estudio no solo beneficiará a la industria extractiva, sino que también apoyará la agricultura y otras actividades del entorno. En última instancia, contribuirá a generar un desarrollo sostenible mediante una gestión adecuada desde el punto de vista ambiental, legal y social, beneficiando a las comunidades locales y al medio ambiente.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general

Analizar la influencia del peróxido de hidrógeno y del metabisulfito de sodio en la disminución de la concentración de cianuro en la solución barren, con el fin de determinar cuál de estos reactivos es más efectivo para cumplir con los límites máximos permisibles establecidos por la normativa ambiental.

1.5.2 Objetivos específicos

- Determinar la concentración de cianuro presente en la solución barren.
- Evaluar la eficiencia del peróxido de hidrógeno y del metabisulfito de sodio en la reducción de la concentración de cianuro en la solución barren.
- Analizar cómo la reducción del cianuro en la solución barren influye en la mitigación del impacto negativo del vertimiento en el medio ambiente.

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

2.1 Marco Filosófico o epistemológico de la investigación

El enfoque filosófico o epistemológico de esta investigación se basa en el positivismo, que enfatiza la observación empírica y la evidencia objetiva como bases para el conocimiento científico. En este sentido, se busca obtener información precisa y verificable sobre los efectos de los tratamientos con peróxido de hidrógeno y metabisulfito de sodio en la reducción de los niveles de cianuro, utilizando métodos de medición y análisis objetivos.

Según Comte (1830), el positivismo sostiene que el conocimiento científico debe basarse en la observación de los hechos y en su interpretación racional. Esta postura se alinea con la necesidad de analizar de manera objetiva y rigurosa los efectos de los tratamientos en cuestión.

Además, siguiendo a Bunge (2012), en la investigación científica se busca establecer leyes y teorías generales que expliquen los fenómenos observados, lo que implica la necesidad de recolectar datos objetivos y verificables.

El positivismo se considera el enfoque adecuado para esta investigación por varias razones:

Énfasis en la observación empírica: El positivismo se basa en la idea de que el conocimiento científico debe fundamentarse en la observación empírica de los fenómenos. En este estudio, se busca obtener información concreta y verificable sobre los efectos de los tratamientos del cianuro de solución barren, lo cual se alinea con el enfoque positivista.

Objetividad: El positivismo enfatiza la objetividad en la investigación científica, evitando la influencia de opiniones personales o interpretaciones subjetivas. Dado que el objetivo es analizar de manera imparcial los efectos de los tratamientos, el enfoque positivista es apropiado para garantizar resultados objetivos.

Rigor metodológico: El positivismo promueve el uso de métodos científicos rigurosos y reproducibles. En esta investigación, se requiere un análisis detallado y preciso de los datos, así como la utilización de métodos de medición y análisis objetivos, lo cual se alinea con los principios del positivismo.

Por otro lado, el enfoque positivista influirá en la forma en que se recolectan, analizan y se interpretan los datos de la siguiente manera:

Recolección de datos: Se utilizarán métodos de recolección de datos rigurosos y objetivos, como la experimentación controlada y la observación sistemática. Se buscará obtener datos cuantitativos y cualitativos que puedan ser verificados y replicados por otros investigadores.

Análisis de datos: Los datos serán analizados de manera objetiva y utilizando métodos estadísticos y análisis cualitativos, según corresponda. Se buscarán patrones y relaciones en los datos que puedan ser explicados de manera lógica y objetiva.

Interpretación de resultados: La interpretación de los resultados se realizará de manera objetiva, evitando sesgos y interpretaciones subjetivas. Se buscará explicar los resultados en función de las teorías existentes y de los principios científicos establecidos, buscando establecer relaciones causales de manera rigurosa.

Sin embargo, el enfoque positivista puede presentar varias limitaciones en esta investigación, especialmente en lo que respecta a la medición objetiva de todas las variables relevantes. Algunas de estas limitaciones incluyen:

Variables no observables: Puede haber variables importantes que no pueden medirse de manera objetiva, como las percepciones o actitudes de las personas involucradas en el proceso de tratamiento del cianuro. Estas

variables pueden influir en los resultados, pero no pueden medirse directamente, lo que limita la capacidad del enfoque positivista para abordarlas.

Complejidad de los sistemas: Los sistemas ambientales y químicos pueden ser muy complejos y pueden estar influenciados por múltiples factores interrelacionados. Esto puede dificultar la medición objetiva de todas las variables relevantes y puede requerir un enfoque más holístico que el positivismo aporta.

Interpretación de resultados: Aunque el positivismo enfatiza la objetividad en la interpretación de resultados, puede haber espacio para interpretaciones subjetivas, especialmente en estudios que involucran aspectos ambientales y sociales. La interpretación de los resultados puede influirse por sesgos cognitivos o teóricos, lo que limita la objetividad completa del enfoque.

Contexto y generalización: El enfoque positivista tiende a buscar leyes generales y a enfocarse en la replicabilidad de los resultados. Sin embargo, en ciencias ambientales y sociales, los resultados pueden ser altamente contextuales y no siempre generalizables a otras situaciones, lo que puede limitar la aplicabilidad de los hallazgos.

En conclusión, el enfoque positivista es fundamental en la investigación sobre el tratamiento del cianuro de solución barren, ya que proporciona un marco metodológico sólido para obtener datos objetivos y verificables. A través de la observación empírica y el análisis riguroso, el positivismo nos permite evaluar de manera precisa los efectos de los tratamientos con peróxido de hidrógeno y metabisulfito de sodio en la reducción de los niveles de cianuro.

La aplicación del positivismo en esta investigación garantiza la objetividad en la recolección, análisis e interpretación de datos, lo que permite obtener resultados fiables y reproducibles. Además, al enfocarse en la evidencia empírica, el positivismo nos ayuda a identificar relaciones causales y a formular conclusiones basadas en datos sólidos.

En resumen, el enfoque positivista es esencial para alcanzar los objetivos de esta investigación, ya que nos brinda las herramientas necesarias para

estudiar de manera objetiva y sistemática los efectos de los tratamientos del cianuro de solución barren. Su aplicación adecuada nos permitirá obtener resultados significativos y contribuir al conocimiento científico en este campo.

2.2 Antecedentes de Investigación

Espinal Díaz J. M. (2020) "*Evaluación de emisiones de metabisulfito de sodio durante la cosecha de camarón blanco entero (Litopanaeus vannamei) en Santa Elena, Ecuador". El contaminante es altamente reactivo, soluble y no persistente, según un análisis de patrones de transporte y distribución. Esté atento a los ríos aguas abajo, a los desagües de aguas residuales y a los ríos aguas arriba. Seguir el destino de los MBS después de su emisión es un desafío debido a la rápida desagregación de estos valores. Una disminución del pH y del oxígeno disuelto, que son indicadores del vertido de contaminantes y del calibre del agua de drenaje en la cuenca, son signos de cambios en la calidad del agua desde el canal de salida hasta la salida. Escuela Agrícola Panamericana en Zamorano, Honduras*

(Villagómez Aranda, 2022) Los sistemas agrícolas deben cambiar para satisfacer la creciente demanda de productos y responder a los desafíos actuales. La principal cuestión a abordar es el desarrollo de cultivos resistentes a los desastres. Recientemente, se ha considerado que los enfoques epigenéticos tienen un gran potencial para crear memoria de estrés al mejorar la defensa innata de la planta contra eventos de estrés. Una forma de inducir este recuerdo es mediante el tratamiento con compuestos señalizadores de estrés como el peróxido de hidrógeno (H2O2). El H2O2 es otro mensajero implicado en muchas funciones de las plantas, incluidas las respuestas al estrés. Además, el H2O2 aplicado de forma exógena a las plantas puede estimular la tolerancia de las plantas a diversos tipos de estrés. En este trabajo, investigamos los efectos del H2O2 a nivel epigenético, específicamente sobre la metilación del ADN y la inducción de respuestas de tolerancia al estrés hídrico. Querétaro

(Lazcano, 2017) Los iones de cianuro son muy importantes tanto en la industria como en el medio ambiente debido a sus características químicas. Debido a que el ion cianuro puede formar complejos con metales de transición

y sus metales cercanos de la tabla periódica, Cd, Zn y Hg, el uso de cianuro es particularmente clave en la industria minera. El oro y la plata metálicos se pueden recuperar mediante procedimientos de lixiviación que utilizan cianuro para crear complejos estables. Estas aplicaciones resaltan la importancia del cianuro para el sector minero. Como resultado, el tratamiento adecuado de las aguas residuales de la industria minera es primordial para la protección del medio ambiente. Esta idea arroja luz sobre los problemas técnicos que surgen cuando se controla el cianuro para el medio ambiente en el sector minero. El proceso SO2/AIR, introducido por INCO en 1994, rápidamente ganó popularidad después de que la empresa recibió la patente canadiense original para la destrucción de cianuro. Este proceso es sensible a varios factores, incluido el pH, la concentración de iones cianuro, la dosis de SO2, la concentración de metales en solución como Cu y Fe, la viscosidad y la transferencia de oxígeno, la presencia de otros aniones como SCN y S2O3. Es vital ser consciente de la presencia, generación, almacenamiento, manipulación y agresión química no deseada del dióxido de azufre durante todo este proceso para proteger tanto el medio ambiente como la salud de los trabajadores, especialmente si el proceso eventualmente presenta fugas o fugas. Las aguas residuales que contienen cianuro proveniente del tratamiento de industrias mineras son vertidas frecuentemente a ríos o lagos, provocando una intensa contaminación que tiene un impacto significativo en numerosas especies acuáticas y, en definitiva, en el ganado que calma su sed en estas aguas.

(Bravo Vélez & Rivas Velásquez, 2022) Utilizando permutaciones de suma factorial 2x3, el objetivo de este estudio fue determinar los efectos de conservación del ácido ascórbico, metabisulfito de sodio y sorbato de potasio en bebidas elaboradas a partir de jugo de caña de azúcar (Saccharum officinarum) cosechado en mi finca en Violetita, Tosagua. La unidad experimental es una unidad de jugo de caña negra 576L EC-03 con diseño aleatorizado y tres repeticiones. Analiza el color, pH, Brix y acidez. El método Labuz se utiliza para determinar la fecha de caducidad de una bebida. Las pruebas de aceptabilidad implican el uso de catadores aficionados para la evaluación sensorial. Estos análisis se evaluaron los días 0, 15 y 30 después

de un período de almacenamiento de 30 días. Esto da como resultado un rango de pH de 5.12 a 3.2, valores Brix de 18.5 a 21.2, acidez titulable (ácido cítrico) de 0.34% a 0.87% y colores de 269 Hz a 972 Hz . La T3 tiene una vida útil de 5.8 días y la T5 es la más fácil de tomar. Dado que la materia prima naturalmente contiene más Brix y tiene una vida más corta debido a que se utilizaron como referencia los requisitos microbiológicos, los resultados obtenidos no indican el cumplimiento de la norma ecuatoriana NTE INEN 2304:2017. de manera similar a como se acaba de describir.

(Cairo Romero & García Alatrista, 2021) tuvo como objetivo determinar la mejor dosis de eliminación teniendo en cuenta dos tiempos de contacto y eliminar la concentración de cianuro mediante procesos de oxidación utilizando hipoclorito de sodio y peróxido de hidrógeno como oxidantes en el tratamiento de muestras contaminadas a nivel de laboratorio. Mientras que el hipoclorito de sodio se evaluó a una concentración estándar de 100 gr/L y un rango de dosis de 100, 130, 150, 170 y 200 mg/L, el peróxido de hidrógeno se evaluó a una concentración estándar de 70 gr/L. con dosis de 20, 30, 40, 50 y 60 mg/L. Finalmente, se descubrió que el método de oxidación avanzada era muy eficaz para eliminar el cianuro de las aguas residuales. La tasa de eliminación óptima es del 99,97% cuando la dosis de H2O2 es de 200 mg/L y 70 mg/L. El tiempo de contacto con NaClO es de treinta minutos. Si bien el hipoclorito de sodio, un agente oxidante, tiene poco efecto en la eliminación de cianuro, también se ha demostrado que el compuesto peróxido de hidrógeno elimina significativamente el cianuro. Cabe señalar que como valor permisible de cianuro para la realización de investigaciones se utiliza el valor límite máximo del Decreto N° 010-2010-MINAM.

(Del Valle Jurado, 2016) Es posible adquirir cianuro en forma granular, lo que evita que el químico se convierta en polvo, y se guarda en tambores herméticamente cerrados y bolsas de polipropileno selladas para evitar fugas durante el almacenamiento y transporte. Para el almacenamiento seguro de cianuro, el almacén en Olcopampa fue planificado y construido de acuerdo con las leyes y normas de las autoridades pertinentes. Es fundamental que las empresas mineras cumplan con las regulaciones vigentes en materia de protección del medio ambiente, seguridad y otros factores. El calibre del

esfuerzo y el producto, los peligros y riesgos asociados con el cianuro y, finalmente, el manejo particular del cianuro. El análisis de riesgos permite conocer las condiciones laborales relacionadas con el manejo de cianuro en la planta procesadora de Olco Pampa, desde donde se transporta el cianuro a la planta.

(Juscamaita Santos Yenny Ana, 2021) En nueve pruebas, con tres ejecuciones cada una a 40°C, 50°C y 60°C, el objetivo era elevar el nivel de cromo hexavalente para reducir la difusión de algunos contaminantes en las muestras. La dosis de H_2O_2/I es diferente para cada temperatura, empezando por 70, 50 y 90 gramos a 50°C, y así sucesivamente, hasta identificar la dosis ideal para cada temperatura y alcanzar la eficiencia. El tratamiento se ha realizado. Según los resultados, 60°C y una dosis de 90 g/l de H_2O_2 son las mejores condiciones para la regeneración del cromo hexavalente. Dado que la recuperación de metales pesados es superior a 90g de H_2O_2/I, independientemente de la temperatura, se puede decir que 90 g es la dosis óptima de peróxido de hidrógeno. Esta dosis también es eficaz para recuperar cromo (VI). A 60 °C, las recuperaciones de cromo más altas promediaron 15.93, 18.02, 19.83, 21.62 y 23.43 cuando se utilizaron dosis de 0.5, 1.0, 1.5, 2 y 0.5 H_2O_2 (ml).

(López Parra, 2020) El tema de este estudio práctico fue el proceso de recuperación de oro, plata y cobre de tarjetas electrónicas usadas de teléfonos celulares de diversas marcas y años de producción. El alcance del trabajo incluyó la caracterización de residuos mediante espectroscopia de absorción atómica, molienda, clasificación y análisis de tamaño de partículas; estudio de lixiviación en tres pasos (disolución, filtración y lavado de residuos sólidos); dos pasos ácidos usando una solución de ácido sulfúrico y peróxido de hidrógeno para disolver el cobre y algo de plata; y el tercer paso fue la lixiviación con tiosulfato de amonio para disolver el oro y el residuo. Finalmente, la plata se formó químicamente a partir del oro. Como resultado de la investigación de las variables más problemáticas del proceso de lixiviación, se desarrolló un proceso que puede disolver el 99,9% del cobre y el 73,5% de la plata en una proporción sólido a líquido de 1/20 (g/ml). Las condiciones ideales incluyen una relación sólida/líquido de 1/20, un tiempo de

reacción de 4 horas, una solución de 95 por ciento de oro y 77 por ciento de plata, 20 mM de cobre (II) y 20 por ciento en volumen de 35,0 por ciento de peróxido de hidrógeno. Se disolvió con agitación continua durante 3 horas. El tercer paso utiliza una solución de tiosulfato de amonio 0,4 M. La tasa general de recuperación de cobre alcanzó un exitoso 98,6 por ciento mediante lixiviación y electrodeposición. La tasa de recuperación del oro fue del 96 por ciento y la tasa de la plata fue del 99 punto 51 por ciento cuando la plata se precipitó químicamente usando NaBH4 a una concentración de 10 g/L como precipitante ideal.

(Aranguri LLerena & Reyes López, 2019) La producción de acero, la producción de joyas, la extracción de oro y plata y la galvanoplastia utilizan iones de cianuro (CN) en cantidades significativas. Para cumplir con las regulaciones ambientales, las emisiones industriales que contienen iones CN deben tratarse. Para poder procesar mineral de oro y utilizar cianuro de sodio como agente lixiviante, una planta metalúrgica debía tener cianuro libre presente. Este estudio se propuso degradar este cianuro libre. El metabisulfito de sodio y el metabisulfito de sodio con peróxido de hidrógeno son agentes oxidantes eficaces. Estos factores, incluido el tiempo de agitación, el porcentaje de exceso de reactivo, el tipo de reactivo y la variable dependiente, la degradación de cianuro libre, se examinaron mediante un diseño factorial con tres variables independientes. Se encontró que el porcentaje de exceso de reactivo, que tuvo el mayor impacto en la degradación de CNL según los resultados del análisis de varianza (ANOVA), era la variable más importante. Los resultados mostraron que agregar 400 tuvo el mayor impacto en la degradación de CNL con un 97,67%.

(Ros Moreno, 2014) La mayoría de los procedimientos hidrometalúrgicos y de procesamiento requieren separación sólido-líquido, lo cual es crucial en los procesos de lixiviación, clarificación previa al intercambio iónico, extracción de solventes y precipitación (cuando se trata del líquido o la solución). Los sólidos de mejor calidad deben recuperarse, cristalizarse o precipitarse durante la producción de materiales de cama y otros procesos.

(Machaca Gonzales & Ramirez Durand, 2019) Examinar la cinética de la reacción del ácido acético en presencia de peróxido de hidrógeno (H_2O_2) como fuente de oxígeno y catalizada por resinas de intercambio iónico en forma ácida dependiendo del tamaño de partícula, relación molar, temperatura y fase oleosa (en el proceso se estudió el modelo cinético de epoxidación de la tasa de formación in situ de ácido peracético en aceites vegetales utilizando resinas de intercambio iónico que contienen tres fases sólido-líquido-líquido molar. Las condiciones de funcionamiento ideales son 1.1:0.5, 60 °C, 12 por ciento de resina de intercambio iónico, tamaño 595 m, malla 30 y 375 rpm. Se encontró que las concentraciones de ácido acético y peróxido de hidrógeno eran de primer orden en estas circunstancias, y se observó una constante de velocidad de reacción característica de 6,6448 x 10-3 $(meq/g)^{-1}1$ (mol/L). 60 oC, -2 (min) -1, energía de activación: 19087 cal/mol °K, factor pre exponencial: 2.83x1010. Se utilizaron técnicas de regresión estadística estándar para obtener estos resultados.

(Aroni Lozada & Morales Roca, 2023) El cianuro libre se elimina de las aguas residuales de minas de cianuro no tóxico mediante el procedimiento INCO (metabisulfito de sodio) y el método de oxidación química con peróxido de hidrógeno. El agua residual fue caracterizada primero fisicoquímicamente (pH, temperatura, SST, cianuro libre, cianuro total, cobre, hierro, zinc, plomo y arsénico) y electroquímicamente (cobre, hierro, zinc, plomo y arsénico) para la etapa de oxidación con hidrógeno. peróxido en dosis de 100-250 ppm y 100-200 ppm de sodio. metabisulfito. A un pH superior a 9, se utilizaron 200 rpm y un tiempo de reacción de dos horas para todas las pruebas. En circunstancias ideales se produce una reacción de segundo orden entre 150 ppm de peróxido de hidrógeno y 150 ppm de metabisulfito de sodio, y su constante de velocidad es k = 0,0347 ppm1. Se utilizó el método factorial para analizar los datos y se encontró que la interacción entre el metabisulfito de sodio y el peróxido de hidrógeno tuvo un impacto en la reducción de cianuro.

Luque Gamboa K.M. (2017) "*Evaluación de galletas tipo crackers con adición de metabisulfito de sodio".* El programa se enfoca en una variedad de galletas elaboradas en Perú y vendidas en 22 países diferentes, cuyo desempeño está determinado por los resultados de las pruebas realizadas en la fábrica de

Lima. En el experimento hacemos referencia a las costumbres de otras naciones que tienen líneas de producción de galletas. Los acondicionadores de la masa (amilasa y proteasa) se reemplazaron esencialmente con metabisulfito de sodio y el tiempo de reposo de la masa se redujo de 4 horas a 1 punto 5 horas como resultado de los cambios realizados en la receta y el nivel del proceso. Los hallazgos demuestran que el producto cumple con los estándares de calidad requeridos y ha alcanzado su fecha de vencimiento actual. Además, los resultados del análisis descriptivo cuantitativo de la evaluación sensorial también fueron satisfactorios. El proyecto se puede completar con éxito, como lo demuestran estos resultados, lo que también conducirá a un mejor procedimiento de construcción y a un aumento del beneficio bruto de aproximadamente 100 millones de dólares. UNALM Perú.

Calderón Valenzuela, F. I. (2020) "*Estudio del uso de metabisulfito de sodio en el proceso de flotación de minerales de cobre".* Para mejorar la flotación de partículas de cobre ultrafinas y la tasa de recuperación de cobre/molibdeno, se utiliza como floculante metabisulfito, tanto con, como sin goma guar. Al realizar pruebas de flotación en diversas circunstancias experimentales, se pone énfasis en el uso de agua de mar. Las pruebas se realizaron en el Laboratorio de Ingeniería Civil y de Minas de la UTFSM y las variables evaluadas incluyeron la cantidad de goma guar y metabisulfito de sodio utilizadas, el pH, el tipo de agua utilizada, la duración del período de aireación y el tipo de mineral. Para evaluar la efectividad del proceso se realizaron análisis de calidad del cobre, molibdeno y hierro, así como análisis mineralógicos. Tesis USM

Arévalo Sánchez C. G. (2011) "*Control de efluentes cianurados mediante la oxidación con Peróxido de Hidrogeno en un laboratorio de análisis de minerales".* Aparte de los costos de capital operativo, incluido el agua del proceso de dilución y la mano de obra expresada en horas-hombre, los procesos de reducción de cianuro, que generalmente se llevan a cabo en laboratorios, no implican ningún costo de tecnología de tratamiento. Demostramos que es posible degradar el cianuro en aguas residuales con una sola inversión de $2.865,61 en el primer período operativo (es decir, utilizando un estudio tecno económico del proceso como proyecto). UNMSM

Manrique Martinez J. A. (2019) “*Manejo de pilas lixiviación de oro en minera Yanacocha s.r.l”.* Aparte de los costos de capital operativo, como el agua para el proceso de dilución y la mano de obra medida en horas-hombre, los procesos de reducción de cianuro, que generalmente se llevan a cabo en laboratorios, no incurren en ningún costo de tecnología de tratamiento. Demostramos que es posible degradar el cianuro en aguas residuales con una sola inversión de $2.865,61 en el primer período operativo (es decir, utilizando un estudio tecno económico del proceso como proyecto). UNMSM

Capac Alarcón R. C. (2016) “*Recuperación de oro de la solución barren proveniente del proceso CIP mediante un sistema de Columnas”.* Es bien sabido que la extracción y procesamiento de minerales experimenta altibajos debido a una variedad de factores, entre ellos los culturales, sociales, ambientales y las reservas del mismo mineral. Como resultado, es importante considerar nuevas opciones de procesamiento, particularmente para metales preciosos como estos. No se realizarán cambios en la solución, es decir, la solución pobre del tranque de relaves será bombeada a unos 2,5 kilómetros de las instalaciones del CIC, donde ingresará a una caja y alimentará una bomba que enviará los residuos al sistema, para realizar el proceso de cianuración en columna. Se crea un circuito cerrado cuando la bomba devuelve la solución de salida, o "lodo", al estanque de desechos.

(Garzón Pascagaza, 2020) Estas tensiones dentro de cada persona, cada cultura, las visiones ambientales y cada contexto sociocultural predominante que los imbuyen de valores particulares, incluida la necesidad de un despertar y una observación críticos, dan forma a esta visión compleja de la realidad. La capacidad de percibir, considerar y actuar (tanto personal como socialmente) a la luz de una visión más amplia y profunda que apoya la creación de una visión ambiental y tiene éxito como iniciativa en proyectos de conciencia, acción y estado de ser de las personas, donde ocurre su existencia.

2.3 Bases Teóricas

2.3.1 Proceso de Cianuración

La cianuración es el proceso de extracción de oro más común. El principio detrás de este proceso es disolver el oro en una solución diluida de cianuro

alcalino y utilizar el oxígeno del aire como agente oxidante y los iones de cianuro como agente complejante.

La industria moderna suele utilizar cianuro como agente lixiviante para el oro, pero existen otros agentes complejantes, como cloruros o haluros, que no se utilizan ampliamente debido a su baja rentabilidad y sus preocupaciones medioambientales. Por otro lado, los complejos de cianuro recuperan el oro de forma más eficaz y son más estables. Pocos agentes complejantes (CN, SCN, S2O3-2, Cl-, Br- e I-) son tan efectivos como el cianuro para recuperar oro a bajo costo y con buena eficiencia. Los complejos de cianuro más populares en el mercado son el cianuro de calcio (Ca(CN)2), el cianuro de potasio (KCN) y el cianuro de sodio (NaCN). (Álvarez, 2005)

Debido a que el oro se disuelve fácilmente en condiciones de oxidación ideales, el sodio es el complejo más popular. Para evitar la pérdida de cianuro por hidrólisis (la formación de ácido rosa), las condiciones de oxidación deben manejarse cuidadosamente para mantener el pH de la solución de cianuro en un nivel alcalino. Estas reacciones durante la lixiviación son indeseables porque disminuyen la potencia de la solución de cianuro.

La ecuación de Ellsner es la reacción más típica utilizada para explicar el proceso de cianación del oro.

$$4Au + 8\ CN^- + O_2 + 2H_2O = 4Au\ (CN)_2^- + 4OH^-$$

Numerosas variables, incluída la cantidad de cianuro utilizado, el contenido de oxigeno de la atmósfera, la temperatura, un pH alcalino de 10 a 11, el área de superficie específica de las partículas de oro y la agitación, afectan la facilidad con la que el oro se disuelve en soluciones de cianuro. Existen otros iones de cianuro y tienen ciertas características.

2.3.2 Química de las soluciones de Cianuración

Después de la extracción del oro, el proceso hidrometalúrgico producirá efluentes del proceso de cianuro, los más importantes de los cuales son el cianuro simple, el cianuro libre y el cianuro complejo. Estos tres constituyen el "cianuro total", como se muestra en la siguiente tabla.

Cuadro 1 Clasificación del cianuro y compuestos del cianuro en las disoluciones de cianuración.

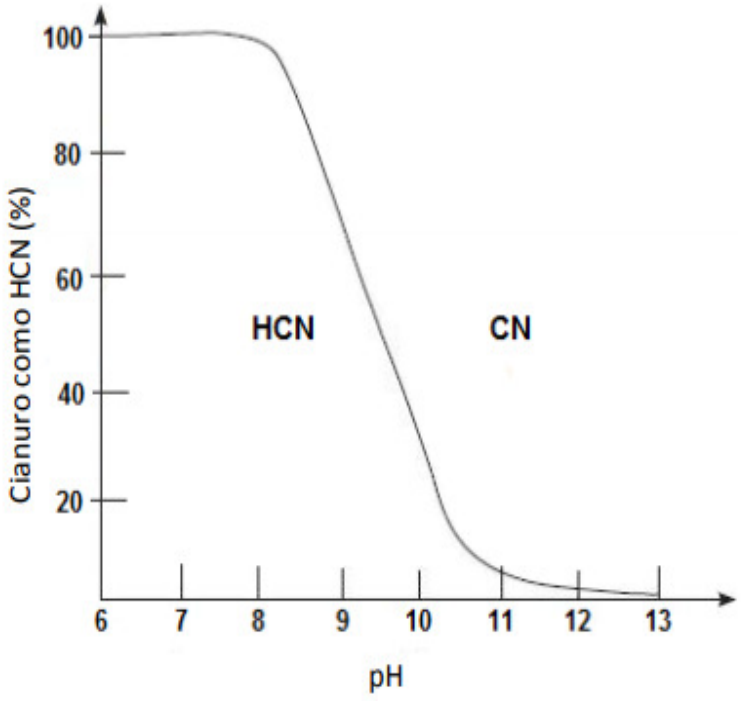
Clasificación		Compuestos
Cianuro libre		CN^-, HCN
Cianuros simples	Fácilmente solubles	NaCN, KCN, $Ca(CN)_2$, $Hg(CN)_2$
	Sales neutras insolubles	$Zn(CN)_2$, $Cd(CN)_2$, CuCN, $Ni(CN)_2$, AgCN
	Débiles	$Zn(CN)_4^{-2}$, $Cd(CN)_3^{-1}$, $Cd(CN)_4^{-2}$
Cianuros Complejos	Moderadamente fuertes	$Cu(CN)_2^{-1}$, $Cu(CN)_3^{-2}$, $Ni(CN)_4^{-}$, $Ag(CN)_2^{-1}$
	Complejos fuertes	$Fe(CN)_6^{-4}$, $Co(CN)_6^{-4}$, $Au(CN)_2^{-1}$ $Fe(CN)_6^{-3}$

Fuente: Smith & Mudder (1991)

a) Cianuro Libre

La disociación de los iones hidrocianato CN en el agua de proceso y la posterior formación de cianuro de hidrógeno (HCN) en solución se denominan "cianuro libre". El pH del sistema afecta las proporciones de los dos tipos diferentes de cianuro libre en solución.

Figura 1 Equilibrio del HCN en función del pH



Fuente: Auquilla & Damián (2019)

La gráfica indica que el ácido cianhídrico se desarrolla mejor en condiciones ácidas con un pH menor a 8, logrando un equilibrio a un pH 9 aproximadamente y que un pH 12 favorece la formación y presencia del lón cianuro.

Debido a su alta reactividad, el cianuro libre puede reaccionar con diferentes tipos de azufre, formar complejos con iones metálicos, ingresar a la atmósfera, oxidarse a cianato, descomponerse químicamente a amonio o hidrolizarse a amonio. (Auquilla & Damián , 2019)

b) Cianuro simple

El “Cianuro simple” o también definidos como Sales del Ácido Cianhídrico las cuales podemos clasificarlas en sales soluble (Ej. NaCN, KCN, Ca $(CN)_2$, Hg $(CN)_2$) y sales neutras insolubles (Ej. Zn $(CN)_2$, $Cd(CN)_2$, CuCN).

El cianuro simple es eléctricamente neutro, es decir, la carga positiva del ion metálico está equilibrada por la carga negativa del ion cianuro. De esta manera, el cianuro puede existir como sólido y disociarse en solución acuosa a la forma de ion metálico original. y cianuro libre.

c) Cianuro complejos

Los cianuros complejos se pueden clasificar en:

- Cianuro Complejos Débil, también denominado Cianuro WAD (Weak Acid Dissociable) so los complejos de cianuro que se disocian con un ácido débil cuyo pH es 4,5 usualmente (Begoña, 2007). Estos complejos incluyen principalmente cadmio y zinc y producen concentraciones significativas de cianuro libre en el medio ambiente.
- Cianuros Complejos Moderadamente Fuertes, entre estos complejos figuran el Cobre, Níquel, Plata y se forman gradualmente de acuerdo lo que se concentran de cianuro en la disolución. Estos complejos se estabilizan y del ion metal. Según estabilidad en el agua podemos ordenar a los iones de la siguiente manera: Cu, Ni y Ag.

- Cianuro complejo fuerte o cianuro SAD (disociación de ácido fuerte) se refiere a compuestos de cianuro que son resistentes a la presencia de ácidos débiles pero que se disocian en presencia de ácidos fuertes a un pH de aprox. 2 (Begoña, 2007). A diferencia del cianuro WAD, el cianuro SAD se descompone más rápidamente en condiciones químicas y físicas normales. Estos complejos se caracterizan por su estabilidad debido a la presencia de iones de oro, hierro y cobalto.

2.3.3 Calidad de agua

Es el nivel de perturbación y capacidad de recuperación que pueda tener los recursos hídricos luego de ser sometido a las presiones humanas. En general. Analizar su química, biología, calidad del agua, efectos en las personas y usos potenciales. Pero cuando se mira de manera integral, la "calidad del agua" abarca más que simplemente una comprensión de sus propiedades químicas, físicas, biológicas y radiactivas; también se refiere al respeto al entorno ecológico y al uso y valor del entorno ecológico al que ha contribuido la actividad humana. (Aguilar, 2010)

Mejorar la calidad de agua requiere un enfoque de manejo integral hídrico que incluya acciones de restauración y planeación del uso del suelo, así como el conjunto de normas que regulen, controlen, supervisen y fiscalicen el cumplimiento de parámetros y estándares.

La definición es relativa ya que dependerá si el agua se usará para el consumo humano, irrigación o para mantener el ecosistema con todas sus características funcionales. En definitiva, es realizar una medida que nos permita saber si el uso del agua permitirá mantener la funcionalidad del ecosistema del cuál vamos a extraer o verter el agua con un cierto grado de contaminación.

2.3.4 Parámetros químicos y físicos del agua

Se deben utilizar varios métodos estandarizados para determinar una serie de parámetros químicos y físicos relacionados con la calidad del agua con el fin de garantizar que los valores de los parámetros cumplan con las normas vigentes en ese momento.

Los parámetros físicos del agua

- Temperatura: Es una medida de la energía que posee un objeto. La escala de medición habitual es: Celsius (ºC), Fahrenheit (º F), Kelvin (º K).
- Esto es fundamental porque los cambios de temperatura pueden tener un impacto en una serie de procesos, incluida la solubilidad de sustancias, el aumento de la solubilidad de los sólidos disueltos y la disminución de la solubilidad de los gases. (Aznar, 2000)
- Turbidez: Es el grado de transparencia que se prueba al dispersar y absorber la luz por un líquido. (Aguilar, 2010).
- Sólidos: Son el agregado de partículas suspendidas y compuestos disueltos en agua llamados sólidos totales (TS). ST se determina evaporando un volumen conocido y secando y pesando el residuo en mg/l. Esta medida da una idea de la cantidad total de sustancias volátiles en el agua. (Aznar, 2000)
- La temperatura del agua es primordial para permitir que una corriente eléctrica fluya a través de un volumen de solución acuosa. Es simplemente una medida de la salinidad del agua de los efluentes de campos petroleros y refinerías.

Según (Aznar, 2000) los parámetros químicos del agua

- Energía del hidrógeno (pH): Es una medida de la cantidad de iones de hidrógeno en el agua. Su valor determina si una sustancia es básica, neutra o ácida. Menos de 7 es ácida, más de 7 es alcalina y el agua fuera de este rango (6 a 9) puede ser perjudicial para la vida acuática. Estos valores de pH pueden alterar los procesos celulares y, en última instancia, provocar la muerte de plantas y animales acuáticos.
- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5): Representa cuánto oxígeno utilizan los microorganismos para estabilizar la materia orgánica biodegradable durante 5 días en un ambiente aeróbico a 20°C. Los materiales inorgánicos que contienen carbono en este modelo conceptual son biodegradables.

- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5): Es un indicador de cuánto oxígeno necesitan consumir los microorganismos para estabilizar la materia orgánica biodegradable a 20°C durante cinco días en un ambiente aeróbico. El modelo conceptual incluye materiales inorgánicos biodegradables que contienen carbono.
- Oxígeno disuelto: Este parámetro mide la cantidad de oxígeno disuelto en el agua, que es esencial para la vida en cuerpos de agua naturales. Se expresa como mg/litro de oxígeno disuelto en la muestra de agua y se mide in situ mediante electroforesis de membrana o yodometría y oxígeno fijado con sulfato de magnesio. (Asnar, 2000). (Aznar, 2000). En otras palabras, cuanto mayor es la temperatura, menos oxígeno se disuelve en el agua y la cantidad de oxígeno disuelto en el agua es inversamente proporcional a la temperatura.
- Nitrógeno amoniacal (NH3): resulta de la degradación del nitrógeno orgánico, que es descompuesto por las bacterias y convertido en nitratos. Las altas concentraciones de nitrógeno amoniacal alterarán el ambiente en el que se descarga, lo que provocará una disminución del oxígeno disuelto en el agua, y el oxígeno se consumirá durante la descomposición bacteriana, lo que provocará la anodización del medio y la muerte de las especies acuáticas.
- Cloruro (Cl-): Son los aniones inorgánicos más importantes del agua. Su presencia está asociada a la cloración del agua. Un aumento de cloruro en el agua hace que el agua se vuelva más corrosiva. Los altos niveles de cloruro hacen que el agua no sea apta para el consumo humano, la alimentación del ganado o el riego de hortalizas. Se determina mediante medición potenciométrica
- Nitrato (NO3-): El nitrito (NO2-) es oxidado por bacterias nitrificantes para formar nitratos (NO3-). Para la fertilización de las plantas se utilizan nitratos. Los nitratos excedentes se transportan por agua para satisfacer las necesidades de la vida vegetal; luego se lixivian a través del suelo y las concentraciones en el agua subterránea son mayores porque el suelo no puede retenerlos.

- Fosfato (PO4 3): Aunque es uno de los nutrientes necesarios para toda la vida, los niveles elevados de agua pueden provocar eutrofización o el crecimiento descontrolado de biomasa acuática. Al utilizar polifosfatos digeridos como muestra, se utiliza espectrometría para determinarlo.

2.3.5 Límites Máximos Permisibles (LMP)

Se consideran medidas de la cantidad o concentración de los componentes físicos, químicos, biológicos o elementales de las aguas residuales, cuyo exceso daña o amenaza la salud y el bienestar de los seres humanos. - Existencia y entorno. Sus decisiones se apegan a las normas establecidas por el Ministerio del Ambiente y los grupos que integran el sistema nacional de gestión ambiental garantizan que lo hacen conforme a la ley.

Dado que el trabajo de investigación se centra en la destrucción del cianuro en aguas residuales mineras y metalúrgicas, se ha tenido en cuenta la reducción de la concentración de cianuro a la hora de determinar los valores límite máximos permisibles.

Cuadro 2 LMP para efluentes minero-metalúrgicos

Parámetro		Decreto Supremo N°010-2010-MINAM	
		Límite en cualquier momento	Límite para el promedio anual
pH	mg/L	6 - 9	6 - 9
TSS	mg/L	50	25
Aceites y grasas	mg/L	20	16
Total CN	mg/L	1	0.8
As (t)	mg/L	0.1	0.08
Cd (t)	mg/L	0.05	0.04
Cr VI (*)	mg/L	0.1	0.08
Cu (t)	mg/L	0.5	0.4
Fe (d)	mg/L	2	1.6
Pb (t)	mg/L	0.2	0.16
Hg (t)	mg/L	0.002	0.0016
Zn (t)	mg/L	1.5	1.2

(*) En muestra no filtrada

Fuente. Datos tomados del Decreto Supremo N° 010-2010-MINAM, 2010.

2.3.6 Estándares de Calidad Ambiental (ECA)

Las normas de calidad ambiental

son "medidas legales para determinar la concentración o volumen de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos en el aire, el agua o el suelo que son susceptibles de captura y no representan un riesgo significativo". En cuanto a las normas de calidad ambiental del agua, el DS No. 004-2017-MINAM establece los siguientes lineamientos para la categoría 3.

Cuadro 3 Estándar Nacional de Calidad de Agua - ECA Categoría 3

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
FÍSICOS- QUÍMICOS				
Aceites y Grasas	mg/L	5		10
Bicarbonatos	mg/L	518		**
Cianuro Wad	mg/L	0,10		0,1
Cloruros	mg/L	500		**
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	100 (a)		100 (a)
Conductividad	(µS/cm)	2 500		5 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	15		15
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40		40
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,20		0,5
Fenoles	mg/L	0,002		0,01
Fluoruros	mg/L	1		**
Nitratos (NO_3 –N)	mg/L	100		100
Nitritos (NO_2 –N)	mg/L	10		10
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 4		≥ 5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5		6,5 – 8,4
Sulfatos	mg/L	1 000		1 000
Temperatura	°C	Δ 3		Δ 3
INORGÁNICOS				
Aluminio	mg/L	5		5
Arsénico	mg/L	0,1		0,2
Bario	mg/L	0,7		**
Berilio	mg/L	0,1		0,1
Boro	mg/L	1	5	
Cadmio	mg/L	0,01	0,05	
Cobre	mg/L	0,2	0,5	
Cobalto	mg/L	0,05	1	
Cromo Total	mg/L	0,1	1	
Hierro	mg/L	5	**	
Litio	mg/L	2,5	2,5	
Magnesio	mg/L	**	250	
Manganeso	mg/L	0,2	0,2	
Mercurio	mg/L	0,001	0,01	
Níquel	mg/L	0,2	1	
Plomo	mg/L	0,05	0,05	
Selenio	mg/L	0,02	0,05	
Zinc	mg/L	2	24	
ORGÁNICO				
Bifenilos Policlorados				
Bifenilos Policlorados (PCB)	µg/L	0,04	0,045	
PLAGUICIDAS				
Paratión	µg/L	35	35	
ORGANOCLORADOS				
Aldrín	µg/L	0,004	0,7	
Clordano	µg/L	0,006	7	
Diclorodifenil Tricloroetano	µg/L	0,001	30	
Dieldrín	µg/L	0,5	0,6	
Endosulfán	µg/L	0,01	0,01	
Endrín	µg/L	0,004	0,2	
Heptacloro y Heptacloro	µg/L	0,01	0,03	
Lindano	µg/L	4	4	
CARBAMATO				
Aldicarb	µg/L	1	11	
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICO				
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	1 000	2 000	1 000
Escherichia coli	NMP/100 Ml	1 000	**	**
Huevos de Helmintos	Huevo/L	1	1	**

El símbolo ** en la tabla indica que el parámetro no tiene nada que ver con esta subcategoría.*Fuente.* Datos tomados de Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM (2017)

CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA

3.1 Pruebas de Coagulación / Floculación

Las pruebas de los procedimientos se realizaron utilizando el método de “pruebas de jarras”, que simula las condiciones de los procesos de coagulación, floculación y sedimentación en procesos reales de purificación de agua de plantas a nivel de laboratorio.

Se empleó la técnica de pruebas de jarras para validar los procedimientos, simulando en un entorno controlado de laboratorio las condiciones de coagulación, floculación y sedimentación presentes en las plantas de tratamiento de agua.

Las pruebas realizadas mostraron las ventajas y desventajas del proceso de la planta de tratamiento en sí, ya que a nivel de planta opera con un flujo continuo, mientras que en el laboratorio se estudió con el flujo estacionario, lo que resulta en una cierta retención de agua con el tiempo. Durante la prueba, una gran cantidad de agua pasa a través de la planta a la vez.

En el estudio de laboratorio hay pruebas obtenidas de flóculos que no corresponde con el tamaño de los flóculos que se elaboraron en la fábrica, mientras que en el laboratorio el estudio de jarra eran cientos de veces más pequeñas que las producidas en floculadores. Por lo tanto, la cantidad de turbulencia generada y el tamaño de los flóculos difieren entre sí, lo que afecta la velocidad de aglomeración de partículas. (Hernández & Corredor, 2023)

Las dosificaciones de químicos utilizadas y optimizadas en las plantas de tratamiento son el resultado de pruebas en jarras que fueron desarrolladas originalmente a nivel de laboratorio.

A pesar de estas diferencias, las pruebas en jarra siguen siendo el mejor método para verificar la dosis correcta de componentes químicos en el tratamiento del agua.

El índice de floculación de Wilcomb se utiliza como referencia para determinar la formación de flóculos.

Cuadro 4 Índice de floculación de Wilcomb

Nº Índice	Descripción
0	Bandadas coloidales. Sin signos de aglutinación
2	visible. Enjambres muy pequeños, apenas perceptibles para un observador inexperto.
4	evacuación. Los rebaños están bien establecidos pero distribuidos uniformemente. (Asentamiento muy lento o ningún asentamiento)
6	Claro. Las bandadas son más grandes pero se asientan lentamente.
8	Excelente. La barra se asienta fácilmente pero no del todo
10	Excelente. La manada se encarga de todo y deja el agua cristalina

Fuente. Giordani et al. (2008)

3.1.1 Agente Coagulante / Floculante

El sulfato férrico funciona de manera estable en el rango de pH de 4 a 11, que es uno de los rangos de pH más familiares. Forman flóculos grandes y densas que se asientan rápidamente, por lo que se observa tanto en el procedimiento como en coprecipitación de aguas residuales municipales o industriales. También se utiliza para purificar el agua potable, aunque en algunos casos puede provocar problemas de color.

Por otro lado, los iones cianuro tienen una fuerte afinidad por el estado hierro (Fe) (3), por lo que se determinó el uso de este coagulante/floculante para complementar el paso de destrucción del cianuro.

3.1.2 Condiciones iniciales de las muestras

Determine la condición de la muestra antes de ejecutar las pruebas para que estos números puedan usarse como punto de referencia al evaluar los parámetros:

Turbidez admisión = 38.9 NTU

pH inicial = 10.31

3.1.3 Materiales y Equipos

Los materiales utilizados para las pruebas de coagulación/floculación son:

- Solución Barren
- Sulfato Férrico
- Agua des ionizada

En cuanto a los equipos, se usaron:

- Multiparámetro marca YSI Plus Profesional
- Equipo de prueba de jarras Marca Velp de 4 paletas
- Balanza analítica con precisión 0.01gr
- Vasos de Precipitados de 900mL, 100mL
- Pipetas graduadas de 10mL
- Picetas para agua desionizada
- Baguetas, perol, espátulas, lunas de vidrio

3.1.4 Procedimiento

El proceso de pruebas de jarras con la siguiente secuencia:

- Se elaboro muestras iniciales de efluente a partir de una mezcla homogénea de dos tanques de galones defectuosos para caracterizar inicialmente cada uno de ellos para actualizar y/o confirmar la calidad del efluente sin procedimiento, luego estimar el porcentaje de eliminación de metal después del tratamiento
- La preparación de material de prueba de jarra (Jar Test) consiste de prueba de frascos o floculador de laboratorio consiste en aplicar cuatro frascos (vasos) de un litro que contienen el agua a tratar y agregar diferentes dosis de químicos para el tratamiento. Elige la mejor dosis para tus plantas
- Preparación de sulfato férrico a una concentración de 1% v/v y 10% v/v para pruebas de tratamiento.
- Realizar pruebas de tratamiento con diferentes dosis de sulfato férrico con el fin de elegir la dosis óptima que asegure la calidad del agua residual tratada.

- Determinar las condiciones para elegir el mejor tratamiento basándose en parámetros inmediatos, mediciones de turbidez y pH, así como observación visual del tiempo de formación (indicador de velocidad de reacción) y tamaño de flóculo y volumen de flóculo sedimentado.
- Extraer una cantidad suficiente de muestra de aguas residuales tratadas para permitir el análisis de los parámetros de interés restantes, como el pH y la turbidez.
- Además, se registra la cantidad de lodo formado durante el procesamiento de muestras que contienen la dosis óptima de sulfato de hierro seleccionado.
- Luego, con base en el valor de la dosis óptima de sulfato férrico, determinar los parámetros hidráulicos para el tratamiento óptimo, como gradiente de velocidad de coagulación y floculación y tiempo de mezclado.

3.2 Pruebas de ensayo con peróxido de hidrogeno

La reacción de oxidación del cianuro con peróxido de hidrógeno se produce en un paso en el que se pueden distinguir dos secuencias.

Reacciones de Limpieza

El cianuro y los complejos metálicos de cianuro se oxidan con peróxido de hidrógeno en presencia de un catalizador de cobre. La reacción de oxidación general de los iones cianuro es:

$$CN^- + H_2O_2 \rightarrow CON^- H_2O_2$$

$$CON^- + H_2O_2 \rightarrow CO_{3-} + NH_{4+}$$

La velocidad de reacción de los complejos de cianuro metálico está influenciada principalmente por la constante de disociación del complejo, pero la adición de un exceso de H_2O_2. afectará la velocidad de reacción hasta cierto punto. Durante el fraccionamiento de H_2O_2, los complejos metálicos precipitan en forma de complejos de hidróxido o cianuro.

$$Me(CN)_4^{2-} + 4H_2O_2 + 2OH^- \rightarrow (Me(OH)_2) + 4OCN^- + 4H_2O$$

$$Cu^{2-} + 2OH^- \rightarrow Cu(OH)_2$$

Los complejos de ferricianuro son muy estables en su poder oxidante hacia H_2O_2, pero precipitan fácilmente en presencia de iones metálicos fuertes (llamados Cu) que mantienen un rango de pH de 10,5 a 11.

Los iones actúan como catalizadores para oxidar los complejos libres. cianuro. iones para formar complejos de cianuro y cianato de cobre. Los iones de cobre también hacen que el ferricianuro precipite como ferricianuro de cobre.

$$2Cu^{2+} + Fe(CN)_6^{4-} \rightarrow Cu_2\,Fe(CN)_6$$

Hidrólisis del Cianato

El cianato producido durante la reacción de oxidación se hidroliza para producir iones amonio e iones carbonato.

$$CON^- + 2H_2O \rightarrow CO_3^{2-} + NH^{4+}$$

Además del cianuro, otros componentes oxidables de la celulosa como el azufre y sus compuestos, los tiocianatos, los metales de bajo estado de oxidación, etc. También consumen H_2O_2.

$$S^{2-} + H_2O_2 \rightarrow S + OH$$

$$SCN^- + H_2O_2 \rightarrow S + OCN^-\,H_2O$$

$$2Cu^+ + H_2O_2 \rightarrow 2Cu^{2+} + 2OH$$

3.2.1 Evaluación de la Metodología

Según los resultados de análisis físicos y químicos anteriores, se encontró una alta concentración de otros metales pesados, incluidos Cu, Fe, As y Hg. Estos metales reaccionaron con cianuro para formar un complejo conocido como $Cu(CN)^{2-}\,Fe(CN)^{4-}\,6$ Durante este proceso de lixiviación también se producen metales extraíbles, cianuro libre y complejos de cianuro de metales pesados.

Estos metales extraídos, como los minerales de sulfuro, interactúan con el cianuro para evitar que el peróxido se descomponga. De esta manera, los componentes oxidables restantes de la matriz, incluidos sulfatos, tiocianatos

e iones metálicos en estados de oxidación más bajos, consumen peróxido de hidrógeno además de cianuro. Así tenemos, por ejemplo:

$$S^{-2} + H_2O_2 \rightarrow S + 2\,OH^-$$

$$SCN^- + H_2O_2 \rightarrow S + CON^-\,H_2O$$

$$2\,Cu^+ + H_2O_2 \rightarrow 2\,Cu^{+2} + 2\,OH^-$$

El tipo de reactor que más se adapta al tipo de trabajo que se va a realizar es un reactor discontinuo (lote piloto), por lo que este es el que se aconseja. Ofrece una serie de beneficios, incluida una alta adaptabilidad y un bajo coste. Dado que el peróxido de hidrógeno actúa como oxidante, este tipo de proceso equivale a una reacción de reducción de óxido (proceso de oxidación). Debido a que tiene lugar en la misma fase, este tipo de reacción equivale a una reacción homogénea.

3.2.2 Condiciones iniciales de la muestra

Las pruebas de ensayo y los análisis de los productos fueron realizados en el laboratorio Servicios Analíticos Generales.

Optimice la cantidad de reactivo respecto a los valores de concentración anteriores. La concentración total de ion cianuro obtenida en el análisis fue de 26,0310 mg/L; Estos datos se utilizaron para calcular la concentración de entrada.

No utilizar un catalizador de cobre no afectó las pruebas.

La prueba se realizó a una temperatura de funcionamiento, temperatura ambiente. Suponga que la tasa de destrucción del cianuro es 1,2. Por lo tanto tenemos la relación = $\frac{H_2O_2}{CN-}$ = 1,2/1Se deben tener en cuenta la cantidad de catalizador de cobre y la cantidad de peróxido de hidrógeno al maximizar el tiempo de reacción.

Para la prueba de reacción por etapas se consideró como agente coagulante – floculante el Sulfato Férrico, para el cual se desarrollaron pruebas de floculación previas.

3.2.3 Materiales y equipos

Insumos utilizada en estas pruebas es

- Soluciones de barren
- Peróxido de hidrógeno 50%
- Sulfato de cobre pentahidrato
- Sulfato de férrico
- 5% p/v de óxido de calcio
- Agua desionizada

Conservantes para análisis de ICP, CN-, SO4 Respecto a los equipos, se utiliza el siguiente equipo:

- Multiparamétrica marca YSI Plus Professional
- Equipo de inspección de cajas de paletas 4 marca Velp
- Turbidímetro Hach modelo 2100Q
- Compresor de aire de 2 HP

3.2.4 Procedimiento

La información de una concentración predeterminada (26,0310 mg/L) se utilizó como punto de referencia antes de realizar la prueba para calcular la concentración de entrada que se utilizaría. Por tanto, tenemos las siguientes concentraciones:

Concentración de Peróxido de Hidrógeno

Ratio Destrucción Cianuro 1.2

Peróxido de Hidrógeno 50%

Volumen Solución Barren 2 Lt (0.052 gr CN-)

$$WH_2O_2 = 0.052\ gr\ CN - * \frac{34\ gr\ H_2O_2}{26\ gr\ CN -} * 1.2$$

$$WH_2O_2 = 0.0816\ gr$$

$$VH_2O_2 * \frac{50\ gr}{100\ mL} = 0.0816\ gr$$

$$VH_2O_2 = 0.1632\ mL$$

A fin de no disponer de una mínima cantidad de solución concentrada se procede a determinar una mayor cantidad de solución diluida, por lo que se diluye la solución al 1% v/v (1mL en 100 mL). Por lo tanto, se tiene:

$$V\,H_2O_2 = 16.32\ mL\ (en\ solución\ al\ 1\%)$$

Concentración de Sulfato de Cobre Pentahidratado

Para realizar las pruebas de caracterización con respecto al catalizador se dispuso la realización de dos pruebas con diferentes concentraciones de sulfato de cobre pentahidratado, para ello se preparó una solución al 10% w/v (10 gr en 100 mL) y se determinaron las concentraciones a aplicar para dos concentraciones de catalizador de 25 y 50 ppm respectivamente. Así se tiene:

$$mCuSO4.5H2O = \frac{[Cu^{+2}] * 10^{-3} * V\ barren * M\ CuSO4.5H2O}{M\ Cu^{+2}}$$

$$M\ CuSO4.5H2O = 249.5 \frac{g}{mol - g}$$

$$M\ Cu^{+2} = 63.5 \frac{g}{mol - g}$$

$$V\ barren = 2\ Lt$$

$$mCuSO4.5H2O = 0.0078 * [Cu^{+2}]$$

$$Al\ 10\% \frac{W}{V} \rightarrow V\ CuSO4.5H2O = 0.0078\ [Cu^{+2}]$$

Entonces se tiene para las dos concentraciones a aplicar

- 25 ppm = 1.95 mL
- 50 ppm = 3.90 mL

Desarrollo de las pruebas

El trabajo de las pruebas de destrucción de cianuro consistió en lo siguiente:

- Preparación de los insumos a utilizar: Sulfato de Cobre Pentahidratado, Peróxido de Hidrógeno (según las concentraciones determinadas) y Lechada de Cal (al 5% w/v).

- Luego se procede a verter muestra de solución de barren en un vaso de precipitados de 2 Lt y colocar el multiparámetro y la manguera de aire. Se registran los datos iniciales y los correspondientes al desarrollo de las pruebas.
- Las dos primeras pruebas consistieron en la determinación de la concentración de iones cianuro (total y wad) en función a la concentración determinada de peróxido de hidrógeno y a dos concentraciones distintas de catalizador (sulfato de cobre pentahidratado) a fin de ver el comportamiento de los iones cianuro con respecto a estas variables. Para ello luego de adicionar los insumos determinados se procede a la reacción durante una hora, extrayendo alícuotas cada 15 minutos las cuales son analizadas en el equipo de laboratorio, asimismo se registran los datos in situ en cada uno de los intervalos de tiempo establecidos.
- La tercera prueba consistió en un tratamiento de destrucción de cianuro seguido por una etapa de coagulación/floculación con sulfato férrico en la cantidad óptima determinada por la prueba de coagulación anterior (5mL de sulfato férrico al 10% w/w). Para la primera fase se procede con la reacción similar a la segunda prueba (50 ppm de sulfato de cobre pentahidratado y concentración determinada de peróxido de hidrógeno), esta reacción se prolonga por el tiempo de 30 minutos. Luego se adiciona el sulfato férrico y la lechada de cal para mantener el pH a 10.0 se agita y se deja reposar por 10 minutos para que ocurra la sedimentación. Luego de la precipitación se procedió a filtrar la muestra en papel filtro 25 um (ultrafiltración). Se procede a secar el precipitado para posterior análisis. Con respecto al filtrado se procede a bajar el pH con la adición de ácido sulfúrico 18N hasta un pH aprox. de 8, luego se procede a su análisis en los parámetros establecidos.

3.3 Pruebas de ensayo con Metabisulfito de Sodio

El siguiente esquema de reacción describe las reacciones básicas utilizadas en el proceso INCO SO_2/aire para destruir el cianuro y sus pasos de oxidación, neutralización y precipitación:

Oxidación:

$$CN\_(*) + SO2 + O2 + H2O \rightarrow OCN\_ + H2SO4$$

$$Me(CN)2 - n(**) + 4SO2 + 4O2 + 4H2O \rightarrow 4OCN\_ + H2SO4 + Me2 + Me2+ = Zn2+; Cu2+; Ni2+; Cd2+; etc.$$

Neutralización:

$$H2SO4 + Ca(OH)2 \rightarrow CaSO4 + 2H2O$$

Precipitación:

$$Me2 + * Ca(OH)2 \leftrightarrow Me(OH)2 + Ca2 + pH = 7 - 10$$

$$2Me2 + + Fe(CN)64- \leftrightarrow Me2Fe(CN)6$$

(*) libre, (**)n=3 ó 4

Estas reacciones son catalizadas por cobre en solución.

$$SO_2/CN_{wad} = 2.46$$

WAD = weak acid dissociable

En el proceso INCO, se utilizan oxígeno y SO2 para oxidar cianuro libre o complejo. El poder reductor de este producto puede ser reemplazado por otros agentes reductores químicos que contengan dióxido de azufre como precursor en el proceso de producción, pero puede reemplazar el dióxido de azufre en la reacción de destrucción del cianuro, eliminando peligros físicos y ambientales. Dióxido de azufre.

La siguiente es una lista de reductores químicos derivados del SO_2 que destruyen eficazmente el cianuro:

- Bisulfito de amonio
- Bisulfito de sodio
- Metabisulfito sódico
- Sulfito
- Tiosulfato de amonio

El metabisulfito de sodio sufre la siguiente reacción:

$$2NaCN + Na_2S_2O_5 + 2O_2 + H_2O \rightarrow 2NaOCN + 2NaHsO_4$$

$$Me(CN)_4Na_2 + 2Na_2S_2O_5 + 4O_2 + 2H_2O \rightarrow 4NaOCN + 2NaHSO_4 + Me(HSO_4)_2$$

$$2NaCN + Me(CN)_4Na_2 + 3Na_2S_2O_5 + 6O_2 + 3H_2O \rightarrow 6NaOCN + 4NaHSO_4 + Me(HSO_4)_2$$

3.3.1 Evaluación de la Metodología

Comprender cuán inconveniente puede ser el dióxido de azufre durante este proceso es determinante porque puede afectar el medio ambiente y la salud de los trabajadores y, al mismo tiempo, ser problemático para la generación, el almacenamiento, el procesamiento y el grabado químico. Esto es especialmente cierto en caso de derrame.

El reactor de ensayo discontinuo, que es el que mejor se adapta al tipo de trabajo que se realiza, es el tipo de reactor que habitualmente se aconseja para este proceso. Ofrece una serie de beneficios, incluida una alta adaptabilidad y un bajo coste. Al tener lugar durante la misma fase, esta reacción corresponde a una reacción homogénea.

3.3.2 Condiciones iniciales de la muestra

Pruebas de productos Las pruebas y análisis en el Laboratorio de Servicios Analíticos Generales.

Se obtuvo la cantidad de reactivo respecto a los valores de concentración anteriores. La concentración total de ion cianuro obtenida en el análisis fue de 26,0310 mg/L; Estos datos se utilizaron para calcular la concentración de entrada.

No se incidió en pruebas sin uso del catalizador de Cobre.

- La prueba se realiza a una temperatura de funcionamiento, temperatura ambiente.
- Multitud de destrucción de cianuro de 6:1. Porque se calcula que la concentración del reductor es relativamente baja.
- Las dosis de metabisulfito de sodio y catalizador de cobre son dos factores a tener en cuenta a la hora de maximizar el tiempo de reacción.

- En los ensayos de reacción por pasos, el sulfato ferroso se considera un coagulante-floculante para el que se han desarrollado ensayos de floculación previos.

3.3.3 Materiales y Equipos

Las concentraciones de peróxido de hidrógeno y metabisulfito de sodio se midieron utilizando los mismos materiales y herramientas.

Los insumos utilizados en estas pruebas fueron:

- Solución Barren
- Peróxido de Hidrógeno al 50%, Metabisulfito de Sodio
- Sulfato de Cobre Pentahidratado
- Sulfato Férrico
- Oxido de Calcio al 5% en w/v
- Agua des ionizada
- Preservantes para análisis por ICP, CN-, SO4

Con respecto a los equipos se utilizaron:

- Multiparámetro marca YSI Plus Profesional
- Equipo de prueba de jarras Marca Velp de 4 paletas
- Turbidímetro Hach modelo 2100Q
- Compresor de aire de 2 HP
- Balanza analítica con precisión 0.01gr
- Termocupla
- Vasos de Precipitados de 2Lt, 1Lt, 250mL, 100mL
- Pipetas graduadas de 200mL, 10mL
- Probeta graduada de 1Lt
- Picetas para agua desionizada
- Baguetas, perol, espátulas, lunas de vidrio

3.3.4 Procedimiento

Para calcular la concentración de metabisulfito de sodio que se utilizará, se utilizó información sobre las concentraciones de cianuro WAD determinadas previamente (25,797 mg/L), principalmente antes de la prueba. Los catalizadores tienen la misma concentración que el peróxido de hidrógeno. Se utilizó la prueba porque esta concentración se determinó a partir de muestras

de solución de varillas que fueron constantes en ambas pruebas. Por tanto, tenemos las siguientes concentraciones:

Concentración del Metabisulfito de Sodio

- Ratio Destrucción Cianuro 6:1
- Volúmen Solución Barren 2 Lt

$\mathrm{M}\ Na_2 S_2 O_5 = 190.01 \frac{\mathrm{gr}}{\mathrm{mol-gr}}$ $\mathrm{M}\ SO_2 = 64.04 \frac{\mathrm{gr}}{\mathrm{mol-gr}}$

$$\mathrm{R} = \frac{\mathrm{m}SO_2}{\mathrm{m}\ CN_{\mathrm{WAD}}}$$

$$\mathrm{m}SO_2 = R * \mathrm{m}\ CN_{\mathrm{WAD}}$$

$$\mathrm{m}\ CN_{\mathrm{WAD}} = [CN_{\mathrm{WAD}}] * Vbarren * 10 - 3$$

- como un mol $Na_2 S_2 O_5$ genera 2 moles de SO_2

$$\mathrm{m}\ Na_2 S_2 O_5 = \frac{2 * \mathrm{m}SO_2 * \mathrm{M}\ Na_2 S_2 O_5}{\mathrm{M}SO_2}$$

$$\mathrm{m}\ Na_2 S_2 O_5 = \frac{R * \mathrm{m}\ CN_{\mathrm{WAD}} * 2 * \mathrm{M}\ Na_2 S_2 O_5}{\mathrm{M}SO_2}$$

$$\mathrm{m}\ Na_2 S_2 O_5 = \frac{R * \mathrm{m}\ CN_{\mathrm{WAD}} * 2 * 190.01}{64.04}$$

$$\mathrm{m}\ Na_2 S_2 O_5 = R * \mathrm{m}\ CN_{\mathrm{WAD}} * 5.9341$$

$$\mathrm{m}\ Na_2 S_2 O_5 = 5.9341 * 10 - 3 * R * Vbarren * (CN_{\mathrm{WAD}})$$

- al 30% W/V se tiene:

$$\mathrm{V}\ Na_2 S_2 O_5 = 0.0396 * R * (CN_{\mathrm{WAD}})$$

$R = 1$ $\mathrm{V}\ Na_2 S_2 O_5 = 1.0296$

$R = 6$ $\mathrm{V}\ Na_2 S_2 O_5 = 6.1776$

Concentración de Sulfato de Cobre Pentahidratado

Para realizar las pruebas de caracterización con respecto al catalizador se dispuso la realización de dos pruebas con diferentes concentraciones de

sulfato de cobre pentahidratado, para ello se preparó una solución al 10% w/v (10 gr en 100 mL) y se determinaron las concentraciones a aplicar para dos concentraciones de catalizador de 25 y 50 ppm respectivamente. Así se tiene:

$$mCuSO4.5H2O = \frac{[Cu^{+2}] * 10^{-3} * V\ barren * M\ CuSO4.5H2O}{M\ Cu^{+2}}$$

$$M\ CuSO4.5H2O = 249.5 \frac{g}{mol - g}$$

$$M\ Cu^{+2} = 63.5 \frac{g}{mol - g}$$

$$V\ barren = 2\ Lt$$

$$mCuSO4.5H2O = 0.0078 * \ [Cu^{+2}]$$

$$Al\ 10\% \frac{W}{V} \rightarrow V\ CuSO4.5H2O = 0.0078\ [Cu^{+2}]$$

- Entonces se tiene para las dos concentraciones a aplicar
  - 24 ppm = 1.95 mL
  - 50 ppm = 3.90 mL

Desarrollo de las pruebas

El trabajo de las pruebas de destrucción de cianuro consistió en lo siguiente:

- Preparación de los insumos a utilizar: Metabisulfito de Sodio al 30% w/v, Sulfato de Cobre Pentahidratado al 5% w/v y Lechada de Cal al 5% w/v.
- Luego se procede a verter muestra de solución de barren en un vaso de precipitados de 2 Lt y colocar el multiparámetro y la manguera de aire. Se registran los datos iniciales y los correspondientes al desarrollo de las pruebas.
- Las dos primeras pruebas consistieron en la determinación de la concentración de iones cianuro (total y wad) en función a la concentración determinada de metabisulfito de sodio y a dos concentraciones distintas de catalizador (sulfato de cobre pentahidratado) a fin de ver el comportamiento de los iones cianuro con respecto a estas variables. Para ello luego de adicionar los insumos

determinados se procede a la reacción durante una hora, extrayendo alícuotas cada 15 minutos las cuales son analizadas en el equipo de laboratorio, asimismo se registran los datos in situ en cada uno de los intervalos de tiempo establecidos.

- La tercera prueba consistió en un tratamiento de destrucción de cianuro seguido por una etapa de coagulación/floculación con sulfato férrico en la cantidad óptima determinada por la prueba de coagulación anterior (5mL de sulfato férrico al 10% w/w). Para la primera fase se procede con la reacción similar a la segunda prueba (concentración determinada de metabisulfito de sodio y 50 ppm de sulfato de cobre pentahidratado), esta reacción se prolonga por el tiempo de 30 minutos. Luego se adiciona el sulfato férrico y la lechada de cal para mantener el pH a 10.0 se agita y se deja reposar por 10 minutos para que ocurra la sedimentación. Luego de la precipitación se procedió a filtrar la muestra en papel filtro 25 um (ultrafiltración). Se procede a secar el precipitado para posterior análisis. Con respecto al filtrado se procede a bajar el pH con la adición de ácido sulfúrico 18N hasta un pH aprox. de 8, luego se procede a su análisis en los parámetros establecidos.

CAPÍTULO 4: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Análisis, interpretación y discusión de resultados

4.1.1 Resultados de coagulación y floculación

Para determinar los mejores resultados en la prueba de jarras se seleccionó las pruebas que tengan mejores condiciones de turbidez y pH residual, así como la apariencia para continuar con el proceso de selección.

Prueba 01

Se preparó una solución de sulfato férrico al 1% v/v (1mL de $Fe_3\,SO_4$) diluido en 100 mL de agua) y aplicar en 4 vasos de precipitado (5, 10, 15 y 20 mL) a diferentes dosis que contiene una muestra. El resultado es el siguiente:

Cuadro 5 Resultados Prueba Coagulación / Floculación N°1

TEST 1	
Fe_3SO_4	1 mL a 100 mL agua
4 Jarras	900 mL c/u
Agitación 1	200 rpm x 30"
Agitación 2	50 rpm x 10'
Sedimentación 1	10'
Sedimentación 2	20'
pH inicial	10.31
NTU inicial	38.9

Fuente: elaboración propia

Cuadro 6 Resultados de la Sedimentación N°1

	Jarra 1 5 ml		**Jarra 2 10 ml**		**Jarra 3 15 ml**		**Jarra 4 20 ml**	
	Ph	**NTU**	**pH**	**NTU**	**pH**	**NTU**	**pH**	**NTU**
Sedimentación 10'	9.71	26.4	9.43	17	9.27	7.98	8.96	6.35
Sedimentación 20'	9.94	20.3	9.71	12.9	9.42	7.23	9.01	6.89
Wilcomb	4		4		4		4	

Fuente: elaboración propia

Nota: De los resultados se observa que la Jarra N° 4 presenta un mejor comportamiento con respecto a las otras 3 jarras, alcanzando un pH y turbidez residual de 8.96 y 6.35 NTU respectivamente a los 10 minutos de sedimentación. Sin embargo, el índice de Wilcomb es relativamente bajo debido a que los flóculos no terminan de sedimentar y se observa que la muestra presenta aún flóculos dispersos en el overflow, es por ello que se determina una segunda prueba a mayor concentración de $Fe_3\,SO_4$ para comparar los resultados

Prueba 02

Prepare una solución de sulfato ferroso al 10% v/v (10 ml de $Fe_3\,SO_4$ diluidos en 100 ml de agua) y viértala en 4 vasos de precipitados (5, 10, 15 y 20 ml) según sea necesario. A continuación, se muestra una muestra del resultado.

Cuadro 7 Resultados Prueba de Coagulación /Floculación N°2

TEST 2	
$Fe_3\,SO_4$	10mL to 100mL agua
4 jarras	900mL c/u
Agitación 1	200 rpm x 30"
Agitación 2	50 rpm x 10'
Sedimentación 1	10'
Sedimentación 2	20'
pH inicial	10.31
NTU inicial	38.9

Fuente: elaboración propia

Cuadro 8 Resultados de Sedimentación N°2

Ítem	**Jarra 1**		**Jarra 2**		**Jarra 3**		**Jarra 4**	
	5 ml		10 ml		15 ml		20 ml	
	pH	NTU	pH	NTU	pH	NTU	pH	NTU
Sedimentación 10'	4.46	7.62	3.26	19.5	3.09	46.6	2.99	113.00
Sedimentación 20'	4.57	8.39	3.28	24.70	3.09	60.20	3.00	105.00
Wilcomb	8		4		2		2	

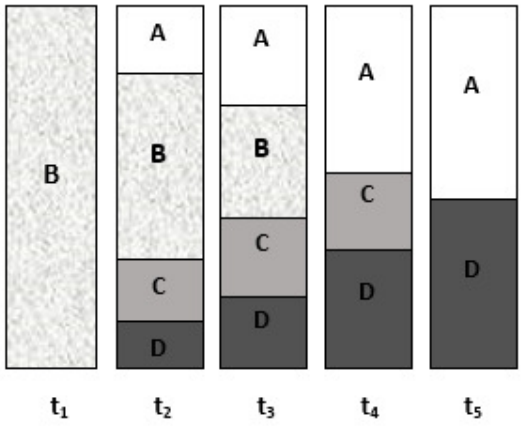
Fuente: elaboración propia

Nota: Se puede ver en los resultados que el tanque Nº. 1 funcionó mejor que los otros 3 tanques, con un pH y turbiedad residual que alcanzaron 4,46 y 7,62 NTU, respectivamente, después de 10 minutos de sedimentación. En comparación con la prueba 1, el índice de Wilcomb fue mucho mejor, se observó una alta sedimentación y el desbordamiento estaba casi libre de pelusas, lo que hizo que la muestra fuera casi cristalina. Se observó una disminución significativa del pH en comparación con pruebas anteriores debido a la mayor concentración de iones sulfato. Además, para los frascos 3 y 4, se puede observar que el exceso de Fe3SO4 mantiene la solución de color marrón, debido a que hay demasiado sulfato de hierro en la muestra.

4.1.1.1 Velocidad de sedimentación

El tiempo de sedimentación y la distancia de desplazamiento del lodo se midieron en una columna de disolución graduada de 900 ml (altura 9,6 cm, diámetro 11,5 cm) para determinar la velocidad de sedimentación para la dosis de muestra de agua floculada que sería más efectiva. Entre las diferentes zonas se encuentran la zona de interfaz entre la zona de sedimentos y el agua (zona A), la zona de interfaz 2 o zona de transición y la zona de compactación o espesamiento.

Figura 2 Zonas de sedimentación en la columna de sedimentación



Fuente: *Asensi* (2015)

Se crearon curvas de Kinch para representar la turbidez residual cuando los tiempos de sedimentación son más largos, por lo que los datos se trazan secuencialmente. Los resultados son los siguientes

Cuadro 9 Prueba de Sedimentación de Sólidos Floculados en Columna

Cm	Segundos
1.2	36.12
2.4	28.47
3.6	22.19
4.8	16.25
6	10.52
7.2	6.13
8.4	2.14

Fuente: elaboración propia

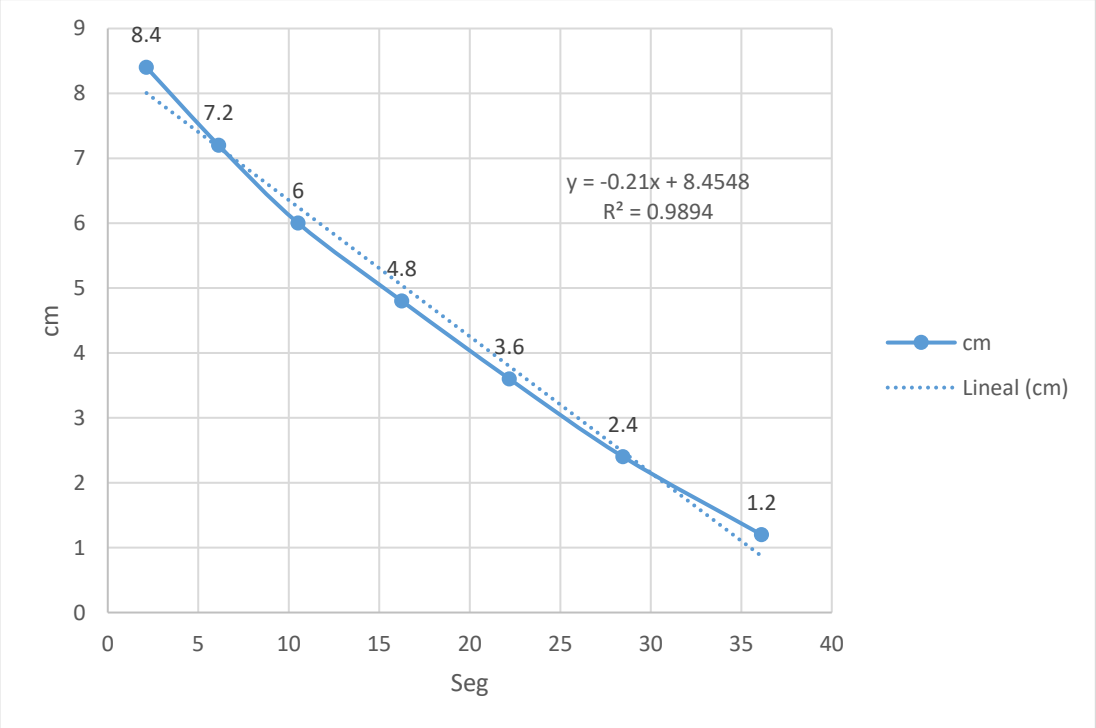
Con los resultados obtenidos se procede a calcular la velocidad de sedimentación:

Cuadro 10 Velocidad promedio global de Sedimentación

Velocidad	Resultados	Unidad
Velocidad de sedimentación	0.21	cm/seg

Fuente: elaboración propia

Figura 3 Curva de Kynch. Velocidad de Sedimentación



Fuente: elaboración propia

4.1.2 Resultados con Peróxido de Hidrógeno

A continuación, se detalla la evidencia obtenida de los análisis realizados para determinar la concentración de iones cianuro respecto a un catalizador específico y en diferentes concentraciones:

Prueba A:

Condiciones:

- Solución Barren: 2 litros (concentración de cianuro: 24.0300 mg/l)
- Peróxido de hidrógeno al 1% v/v: 16.32 ml.
- Sulfato de cobre pentahidratado: **1.95** ml.

- Flujo de aire: 85 psi (flujo constante)
- Lechada de cal: al 5% (para mantener pH)

Los resultados obtenidos para la Prueba A, se presentan en el siguiente cuadro:

Cuadro 11 Parámetros DETOX 1 – Prueba A

Descripción	Tiempo	Temperatura (°C)	Parámetros		O2 (mg/l)	C.E. (uS/cm)	O2 (PSI)	CaO 5% ml	CN WAD (mg/l)	CN tot (mg/l)
			pH	emf, mV						
M1	16:30	25.9	10.04	9.8	13.51	1866	0	0	14.84	19.68
M2	16:45	25.7	10.37	82.2	10.92	1872	85	2.7	7.19	11.09
M3	17:00	25.6	10.32	105.3	8.66	1215	85	0	6.86	10.43
M4	17:15	25.5	10.27	114.3	8.14	1104	85	0	7.58	10.14
M5	17:30	25.5	10.24	118.7	7.03	1867	85	0	7.46	10.6

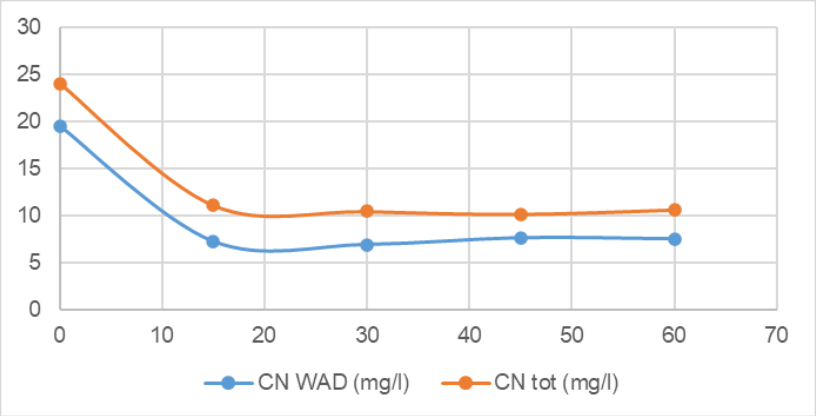
Fuente. Informe de Ensayo N° 111780-2017 Laboratorio SAG, 2017

Durante el resto de la prueba, la concentración disminuyó lentamente hasta finalizar el tiempo de reacción, sin disminución significativa de la concentración desde los primeros 15 minutos hasta el final del tiempo de reacción. Cuando hay flujo de aire, el potencial redox cae inmediatamente y el pH también baja significativamente, por lo que se debe agregar una gran cantidad de óxido de calcio para restaurar el pH a aproximadamente 10; en los primeros 15 minutos, la concentración de oxígeno cae significativamente y luego se mantiene constante durante todo el cambio del proceso de reacción, confirmando el consumo de oxígeno en el proceso de oxidación.

Los valores para la muestra M1 (no reactiva) fueron inferiores a los obtenidos para las muestras analizadas en campo, posiblemente debido a una posible oxidación ocurrida entre el muestreo y el inicio del análisis; Sin embargo, la diferencia no fue significativa.

El siguiente gráfico muestra la reacción de los iones CN en función del tiempo.

Figura 4 Concentración de CN Wad y CN Total Detox 1 Prueba A.



Fuente: elaboración propia

Para determinar un exceso estequiométrico del 50% de peróxido de hidrógeno en las pruebas de secuencia de reacción como 1, 2 y resultado, usaremos los hallazgos de las pruebas iniciales que observaron la concentración total de CN en función del tiempo como punto de partida para esto. estudiar. Se contrastan con modelos cinéticos teóricos bien conocidos.

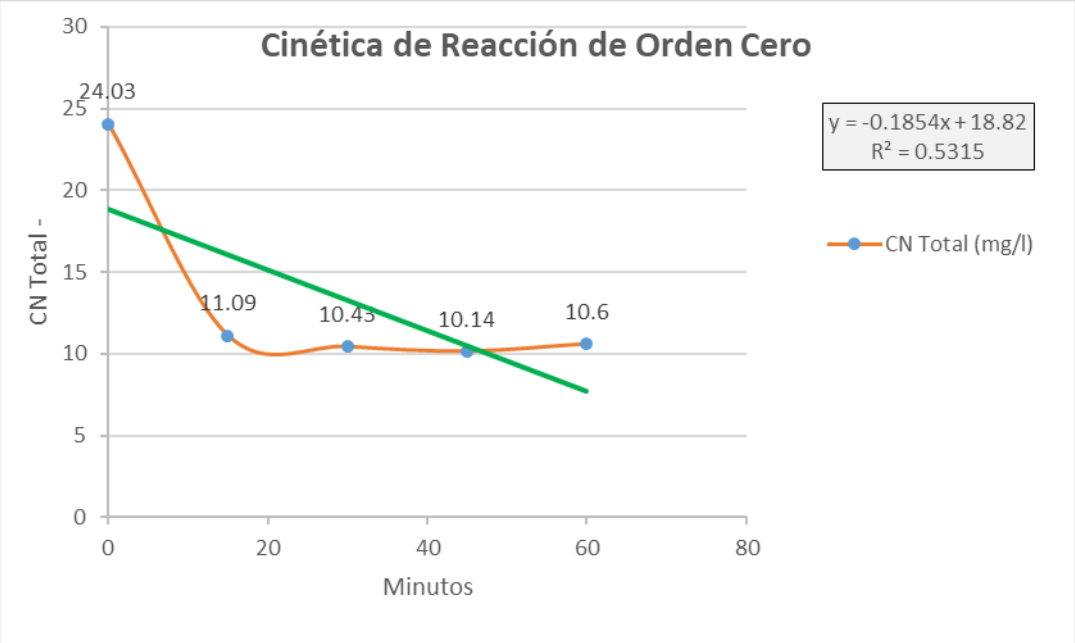
Utilizando los resultados de cianuro total y tiempo como guía, se verificó el orden de reacción para validar el modelo cinético.

Cuadro 12 Parámetros Modelo Cinético Detox 1 – Prueba A

Descripción	Tiempo	CN Wad (mg/l)	CN Total (mg/l)	Ln [CN Total]-	1/[CN Total]
M1	0	19.48	24.03	3.18	0.04
M2	15	7.19	11.09	2.41	0.09
M3	30	6.86	10.43	2.34	0.1
M4	45	7.58	10.14	2.32	0.1
M5	60	7.46	10.6	2.36	0.09

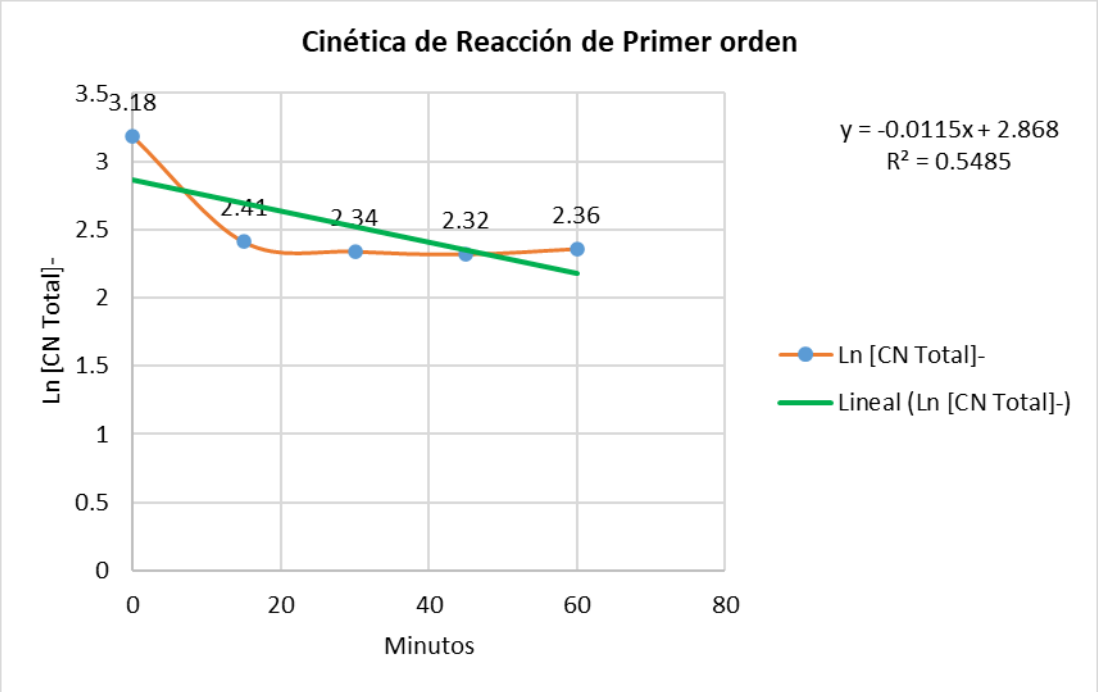
Fuente: elaboración propia

Figura 5 Cinética de Relación de Orden cero.



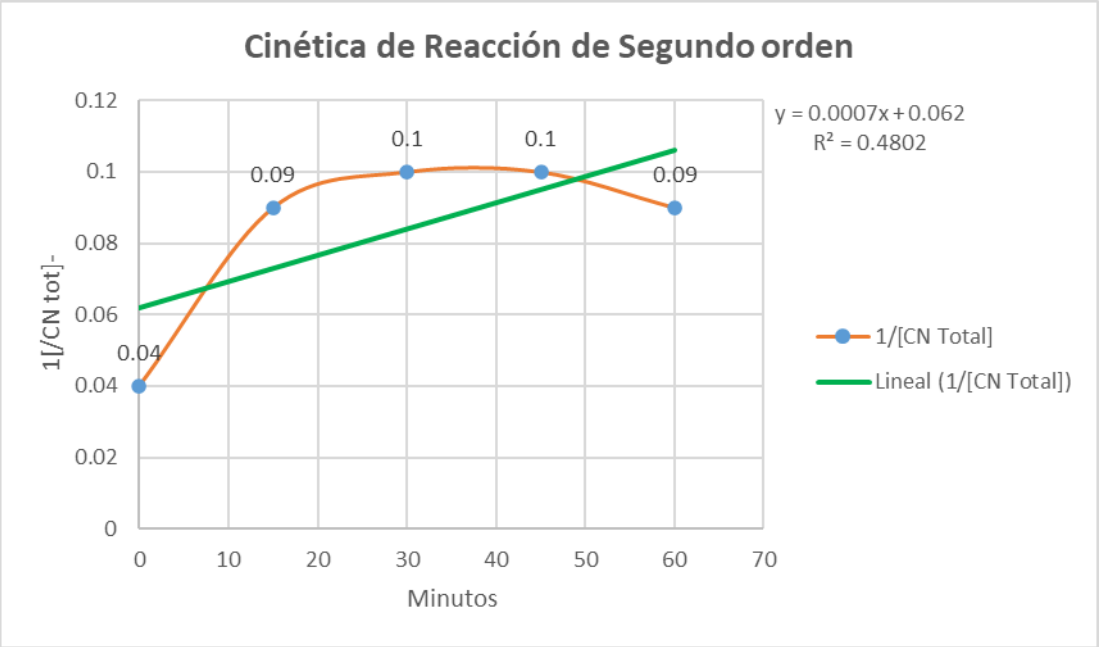
Fuente: elaboración propia

Figura 6 Cinética de Relación de Primer Orden.



Fuente: elaboración propia

Figura 7 Cinética de Relación de Segundo Orden.



Fuente: elaboración propia

Nota: Como puede verse, la reacción de segundo orden (R2=0,565) con la constante de velocidad k=0,0008 (mol/l)-1 tiene el coeficiente de regresión lineal más alto entre los tres números. Como resultado, esta reacción define el tema de cálculo que estamos evaluando: las reacciones de segundo orden son reacciones secuenciales.

Prueba B:

Condiciones:

- Solución Barren: 2 litros (concentración de cianuro: 24.0300 mg/l)
- Peróxido de hidrógeno al 1% v/v: 16.32 ml.
- Sulfato de cobre pentahidratado: 3.90 ml.
- Flujo de aire: 85 psi (flujo constante)
- Lechada de cal: al 5% (para mantener pH)

Cuadro 13 Parámetros Detox 1 – Prueba B

Descripción	Tiempo	Temperatura (°C)	Slurry		O2 (mg/l)	C.E. (uS/cm)	O2 (PSI)	CaO 5% ml	CN WAD (mg/l)	CN tot (mg/l)
			pH	emf mV						
M 1	17:33	25.9	9.63	117.7	14.39	1906	0	0	10.62	13.4
M 2	17:48	25.8	10.14	101.5	9.5	1681	85	3.5	9.78	13.43
M 3	18:03	25.6	10.05	116.3	7.56	1851	85	0	9.58	13.45
M 4	18:18	25.4	10.01	125.2	8.01	1769	85	0	10.08	11.29
M 5	18:33	25.2	9.9	134.4	7.27	966	85	0	8.31	13.8

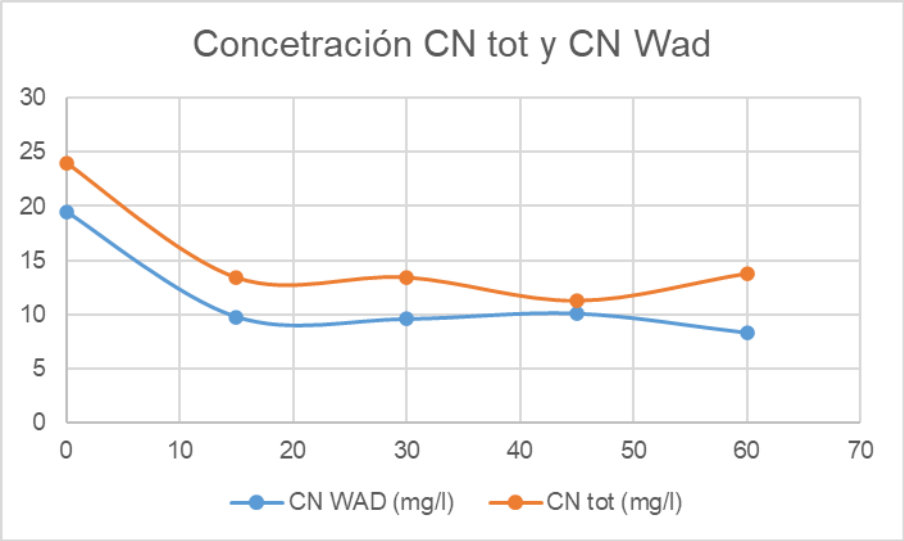
Fuente: Informe de Ensayo N° 111781-2017 Laboratorio SAG, 2017

Nota: Se observó que la concentración de ion cianuro disminuía lentamente hacia el final del tiempo de reacción sin ninguna disminución significativa hacia el final del tiempo de reacción.

A lo largo de la reacción, el potencial redox aumentó ligeramente y la concentración de oxígeno disminuyó, confirmando el consumo en el proceso de oxidación.

Tomando como referencia el valor en sitio de la muestra original, se obtiene un número:

Figura 8 Concentración de Cianuro total y Cianuro Wad.



Fuente: elaboración propia

Como parte de este estudio, y utilizando los resultados obtenidos de las pruebas iniciales controlando la concentración total de CN con respecto al tiempo, usaremos esto como base para determinar un exceso estequiométrico del 50% de peróxido de hidrógeno a partir de las pruebas de secuencia de reacción como 1, 2 y resultados.

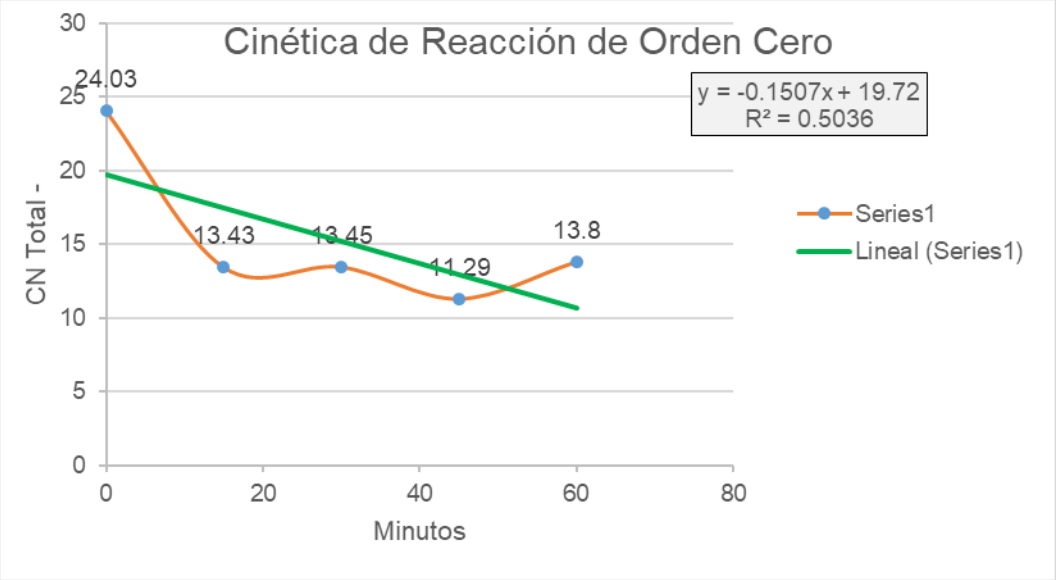
Estos modelos se contrastan con modelos cinéticos teóricos bien conocidos. Los resultados de cianuro total y tiempo se utilizaron como referencia para confirmar el orden de reacción, lo que ayudó a validar el modelo cinético.

Cuadro 14 Parámetros Modelo Cinético Detox 1 – Prueba B

Descripción	Tiempo	CN (mg/l)	Wad	CN (mg/l)	Total	Ln Total]-	[CN	1/[CN Total]
M1	0	19.48		24.03		3.18		0.04
M2	15	9.78		13.43		2.6		0.07
M3	30	9.58		13.45		2.6		0.07
M4	45	10.08		11.29		2.42		0.09
M5	60	8.31		13.8		2.62		0.07

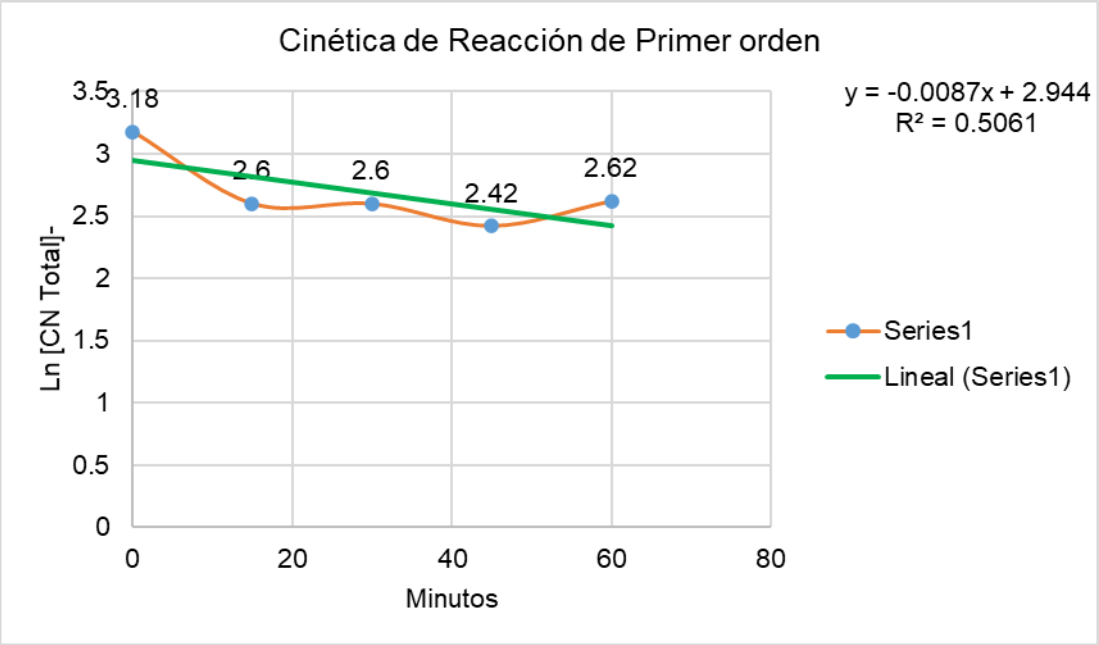
Fuente: elaboración propia

Figura 9 Cinética de Relación de Orden cero



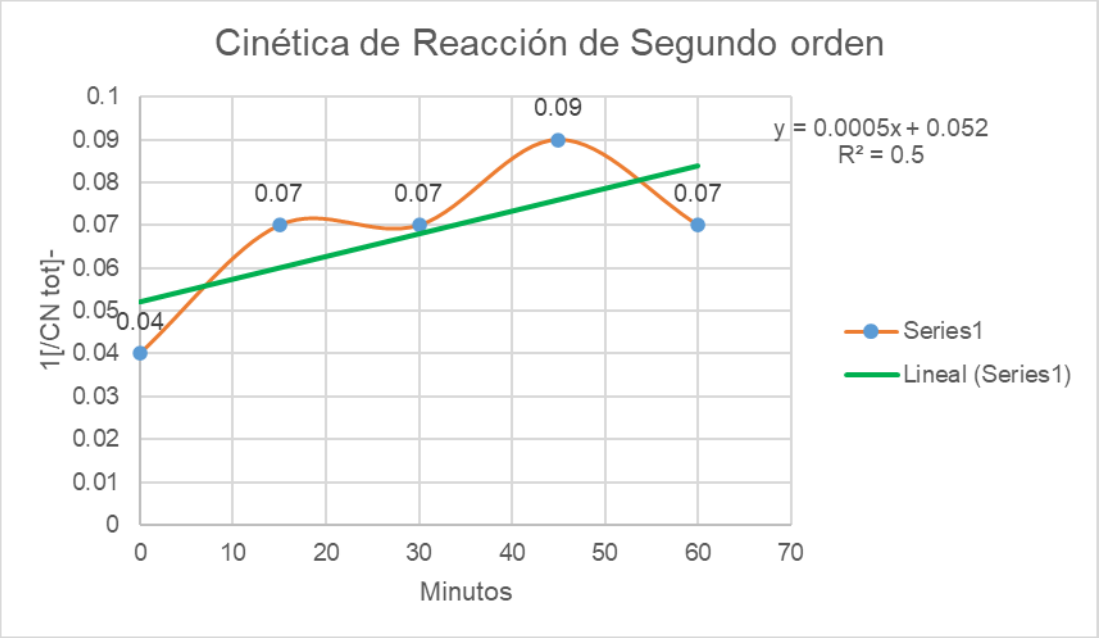
Fuente: elaboración propia

Figura 10 Cinética de Relación de Primer orden.



Fuente: elaboración propia

Figura 11 Cinética de Relación de Primer orden.



Fuente: elaboración propia

Nota: Como puede verse, la reacción de orden cero (R2=0,5036), con la constante de velocidad k=0,1507 (mol/l)-1, tiene el coeficiente de regresión

lineal más alto entre los tres números. Por tanto, la reacción cero es la reacción que caracteriza el cálculo que estamos evaluando.

Prueba C:

Se prepara una solución de 2 litros de muestra barren, se añaden 16.32 mL de peróxido de hidrógeno al 1% v/v y 3.90 mL de sulfato de cobre pentahidratado. Se añade flujo de aire a razón de 85 psi constante para iniciar la reacción, se añade lechada de cal al 5% para mantener pH. Luego de media hora se retira el flujo de aire y se procede a la coagulación/floculación con sulfato férrico y lechada de cal para mantener el pH. Luego de la sedimentación por 10 minutos se procede a filtrar y al filtrado se le aplica ácido sulfúrico para bajar el pH a 8 aproximadamente. Se analizan la solución final

Los resultados in situ obtenidos:

Cuadro 15 Parámetros in situ de la prueba C

Descripción	Tiempo	Temp °C	Parámetros pH	emf, mV	OR2 mg/L	C.E. uS/cm	OR2R Presión PSI	CaO 5% mL	Comentarios
Inicio	18:45	25.7	9.32	121.3	14.98	1897	0	0	Se añade 5.8 (5.3+0.5) mL CaO 5% para incrementar el pH
Reacción final	19:15	25.5	10.13	107.3	9.57	1712	85	5.8	Se añade 5 mL FeR3RSOR4R (10 mL/100 mL), pH baja a 8.29, se añade 20 mL CaO 5% pH para llegar a 10.26
Floculo final	19:25	25.4	10.24	90.9	7.93	1241.5	85	20	Se retira el aire, sedimentación por 10'
Sedimentación final	19:35	25.2	10.08	107.5	6.25	1911	0	0	Se inicia la filtración con papel filtro 0.025mm
Filtración + ajuste de pH	20:40	25.7	7.92	362.5	6.68	2110	0	0	Se añade HR2RSO4 18N 8 gotas al filtrado final, toma de muestras para analizar ICP tot, ICP dis, SOR4R, CN tot, CN WAD, Hg, TSS, Cr VI, AyG NTU final = 7.9

Fuente: elaboración propia (laboratorio)

Nota: Los resultados obtenidos de los análisis de laboratorio son luego comparados con la normativa aplicable, así que tiene lo siguiente:

Cuadro 16 Caracterización Fisicoquímica Prueba con H2O2 vs LMP

Parámetro		Límite en cualquier momento	Límite para el promedio anual	A-Detox
pH		6-9	6-9	7.92
TSS	mg/L	50	25	<3.00
Aceites y grasas	mg/L	20	16	6.3
Total CN	mg/L	1	0.8	11.4900
As (t)	mg/L	0.1	0.08	0.0400
Cd (t)	mg/L	0.05	0.04	<0.0004
Cr (VI	mg/L	0.1	0.08	<0.007
Cu (t)	mg/L	0.5	0.4	14.8520
Fe (d)	mg/L	2	1.6	0.8780
Pb (t)	mg/L	0.2	0.16	0.0042
Hg(t)	mg/L	0.002	0.0016	0.2480
Zn (t)	mg/L	1.5	1.2	0.0060

Fuente: elaboración propia

4.1.3 Resultados de las Pruebas de Ensayo con Metabisulfito de Sodio

La siguiente es evidencia derivada de análisis realizados para establecer la concentración de iones de cianuro basados en un catalizador particular y en varias concentraciones:

Prueba A:

Condiciones:

- Solución Barren: 2 litros
- Metabisulfito de sodio al 30% w/v: 6.2 ml.
- Sulfato de cobre pentahidratado: 1.95 ml.
- Flujo de aire: 85 psi (flujo constante)
- Lechada de cal: al 5% (para mantener pH)

Cuadro 17 Parámetros DETOX 2 – Prueba A

Descripción	Tiempo	Temperatura (°C)	Slurry		O2 (mg/l)	C.E. (uS/cm)	O2 (PSI)	CaO 5% ml	CN WAD (mg/l)	CN tot (mg/l)
			pH	emf, mV						
M1	21:20	25.6	9.64	386.4	1.86	1817	0	0	3.15	11.64
M2	21:35	25.6	10.1	-34.4	0.37	3081	85	40	0.08	2.7
M3	21:50	25.5	10.11	-2	0.54	1626	85	0	0.07	2.36
M4	22:05	25.5	10.27	-1.5	0.47	3106	85	0	0.072	2.44
M5	22:20	25.4	10.2	6	0.37	3111	85	0	0.092	2.01

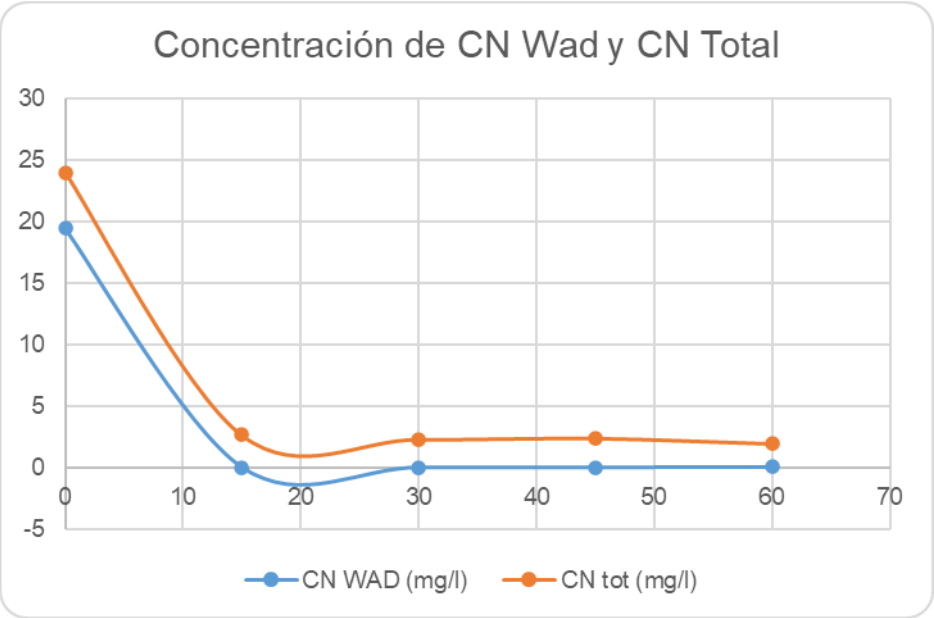
Fuente: Informe de Ensayo N° 111783-2017 Laboratorio SAG, 2017

Se observó que en los primeros 15 minutos la concentración de iones cianuro disminuyó significativamente, la cantidad total de iones cianuro disminuyó en un 97,5% de la concentración inicial y la cantidad total de iones cianuro disminuyó en un 76%; esta reducción es mucho mayor cuando se considera la concentración inicial del campo. Desde los primeros 15 minutos de la prueba hasta el final del tiempo de reacción, la concentración disminuyó gradualmente. Sin embargo, no hubo una disminución perceptible en la concentración.

Los valores de las muestras M1 (sin reacción) son menores a los obtenidos en el análisis de la muestra en campo, esto podría deberse a la posible oxidación en el tiempo desde la toma de muestra hasta el inicio de los análisis; sin embargo, la diferencia no es significativa.

Haciendo referencia a los valores obtenidos en el sitio de prueba original, se obtiene el número:

Figura 12 Concentración de CN Wad y CN Total Detox 1 Prueba A



Fuente: elaboración propia

Como parte de este estudio, y utilizando los resultados obtenidos de las pruebas iniciales que monitorean la concentración total de CN - total versus el tiempo, usaremos esto como base para determinar el porcentaje de exceso estequiométrico de metabisulfito de sodio de las pruebas de secuencia de reacción y compararemos los resultados con los ya existentes. obtenido. alcanzó.

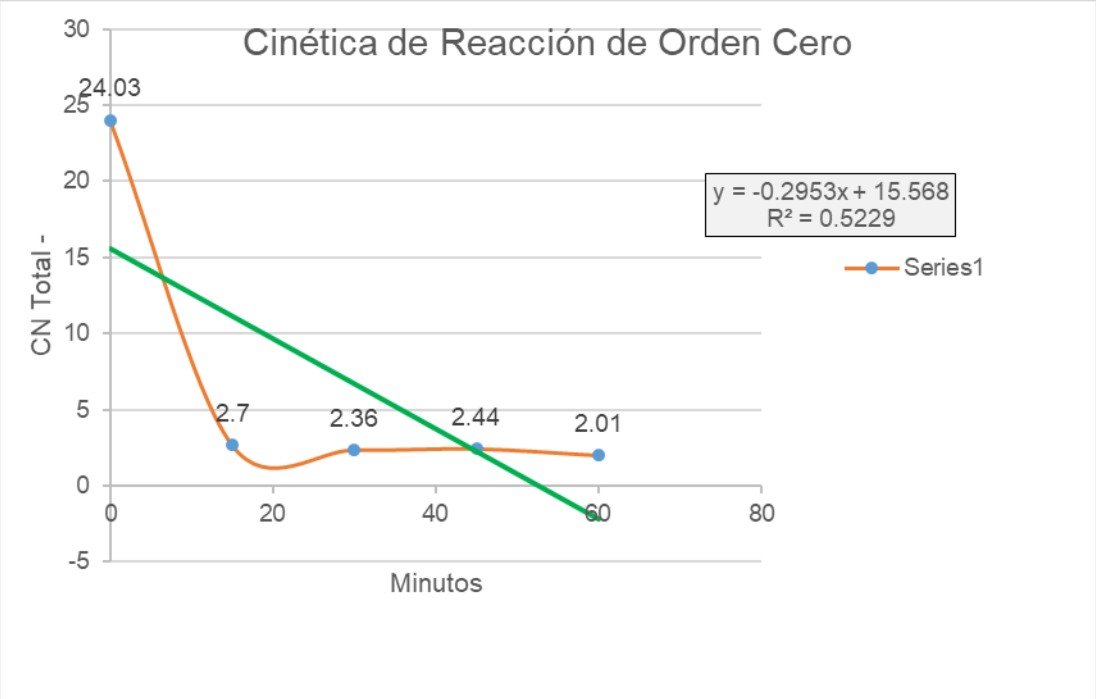
Se contrastaron modelos cinéticos teóricos bien establecidos. Utilizando los resultados de cianuro total y tiempo como guía, se verificó el orden de reacción para validar el modelo cinético.

Cuadro 18 Parámetros Modelo Cinético Detox 2– Prueba A

Descripción	Tiempo	CN Wad (mg/l)	CN Total (mg/l)	Ln [CN Total]-	1/[CN Total]
M1	0	19.48	24.03	3.18	0.04
M2	15	9.78	2.7	0.99	0.37
M3	30	9.58	2.36	0.86	0.42
M4	45	10.08	2.44	0.89	0.41
M5	60	8.31	2.01	0.7	0.5

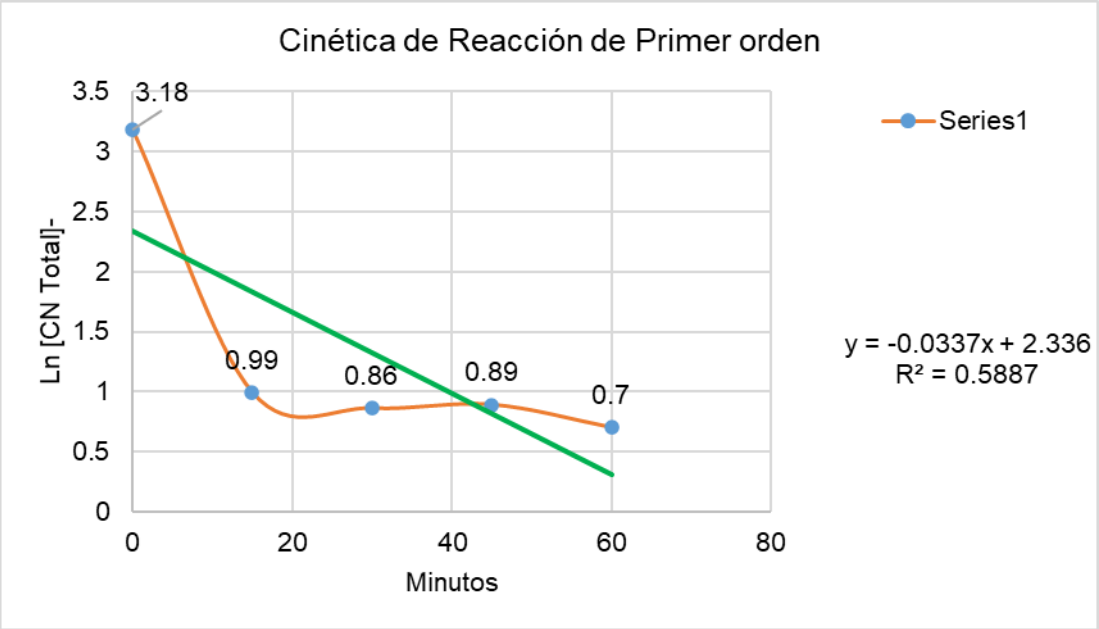
Fuente: elaboración propia

Figura 13 Cinética de Relación de Orden cero.



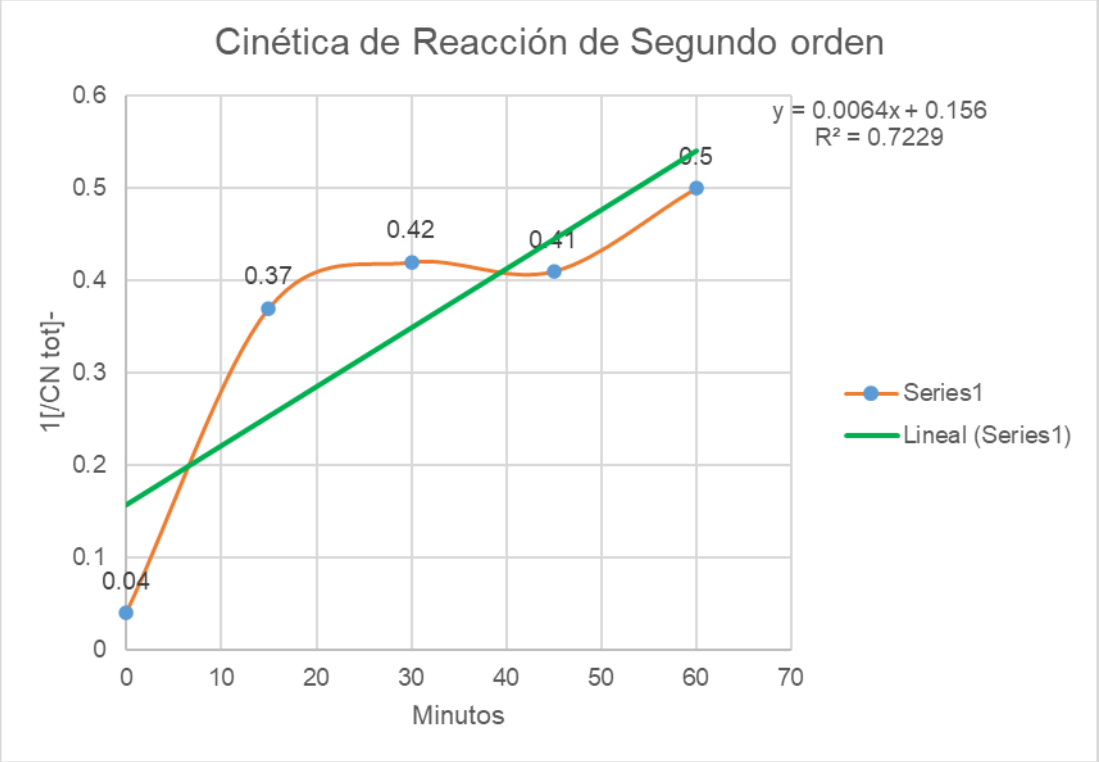
Fuente: elaboración propia

Figura 14 Cinética de Relación de Primer Orden.



Fuente: elaboración propia

Figura 15 Cinética de Relación de Segundo Orden



Fuente: elaboración propia

Nota: Como puede verse, la reacción de orden cero (R2=0,7166) con la constante de velocidad k=0,0063 (mol/l)-1 tiene el coeficiente de regresión

lineal más alto entre los tres números. El objeto del cálculo queda así establecido por esta respuesta. Se esperan dos rondas de respuestas.

Prueba B

Condiciones:

- Solución Barren: 2 litros
- Metabisulfito de sodio al 30% w/v: **6.2 ml**.
- Sulfato de cobre pentahidratado: **3.9 ml**.
- Flujo de aire: 85 psi (flujo constante)
- Lechada de cal: al 5% (para mantener pH)

Cuadro 19 Parámetros Detox 2– Prueba B

Descripción	Tiempo	Temperatura (°C)	Slurry		O2 (mg/l)	C.E. (uS/cm)	O2 (PSI)	CaO 5% ml	CN WAD (mg/l)	CN tot (mg/l)
			pH	emf, mV						
M1	22:25	25.4	9.98	274.2	0.04	1905	0	0	17.58	21.09
M2	22:40	25.5	10.2	-15.1	0.43	3134	85	40	0.088	2.56
M3	22:55	25.5	10.24	-4.3	0.91	3140	85	0	0.075	2.21
M4	23:10	25.4	10.22	0.9	0.75	3152	85	0	0.078	2.3
M5	23:25	25.3	10.17	6.2	1.02	3162	85	0	0.083	2.5

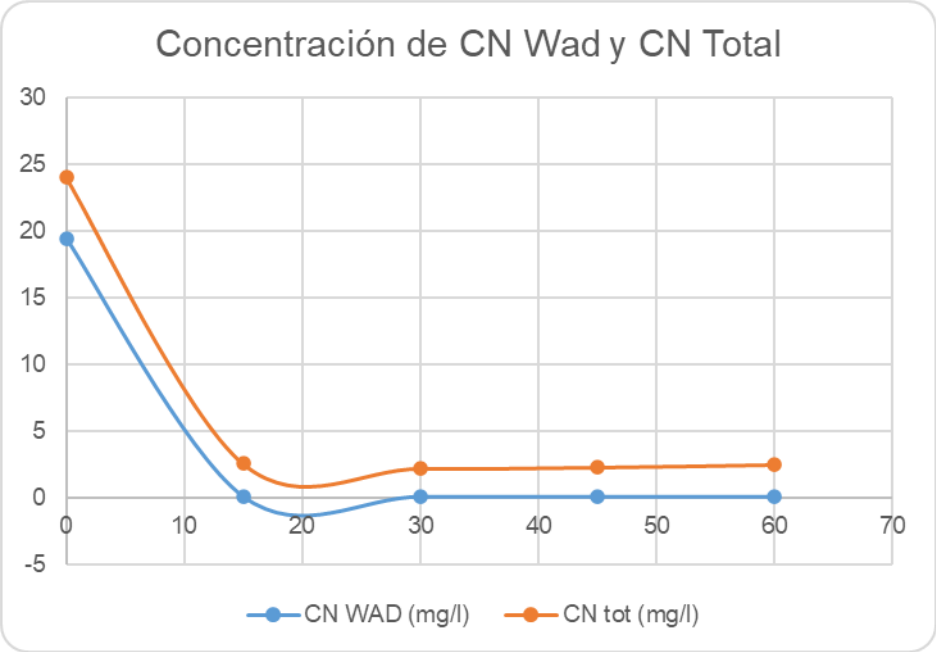
Fuente: Informe de Ensayo N° 111784-2017 Laboratorio SAG, 2017

Nota: Se observó una disminución significativa en la concentración de ion cianuro en los primeros 15 min, cuando la concentración inicial de ion cianuro era similar a la obtenida con muestras de campo, y por lo tanto la disminución fue más pronunciada después de los primeros 15 min.

El tiempo de reacción por minuto disminuye lentamente. Cuando hay flujo de aire, el potencial redox cae inmediatamente y el pH también baja significativamente, por lo que se debe agregar una gran cantidad de óxido de calcio para restaurar el pH a aproximadamente 10; la concentración de oxígeno disminuye y permanece baja durante toda la reacción, el proceso de oxidación confirma el consumo moderado de oxígeno.

Tomando como referencia el valor en sitio de la muestra original, se obtiene un número:

Figura 16 Concentración de CN Wad y CN Total.



Fuente: elaboración propia

Nota: Como parte de este estudio, y utilizando los resultados obtenidos de las pruebas iniciales que monitorean la concentración total de CN versus el tiempo, usaremos esto como base para determinar el porcentaje de exceso estequiométrico de metabisulfito de sodio de las pruebas de secuencia de reacción y comparar los resultados con los ya existentes. obtenido. alcanzó. Se compararon los modelos cinéticos teóricos establecidos.

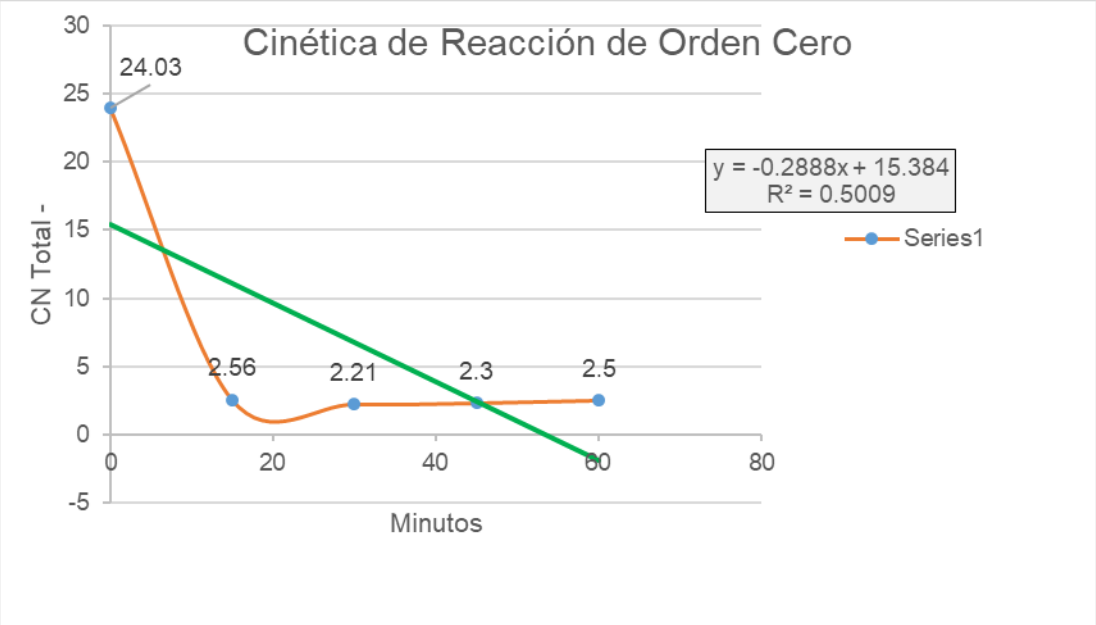
Utilizando los resultados de cianuro total y tiempo como guía, se verificó el orden de reacción para validar el modelo cinético.

Cuadro 20 Parámetros Modelo Cinético Detox 2 – Prueba B

Descripción	Tiempo	CN Wad (mg/l)	CN Total (mg/l)	Ln [CN Total]-	1/[CN Total]
M1	0	19.48	24.03	3.18	0.04
M2	15	9.78	2.56	0.94	0.39
M3	30	9.58	2.21	0.79	0.45
M4	45	10.08	2.3	0.83	0.43
M5	60	8.31	2.5	0.92	0.4

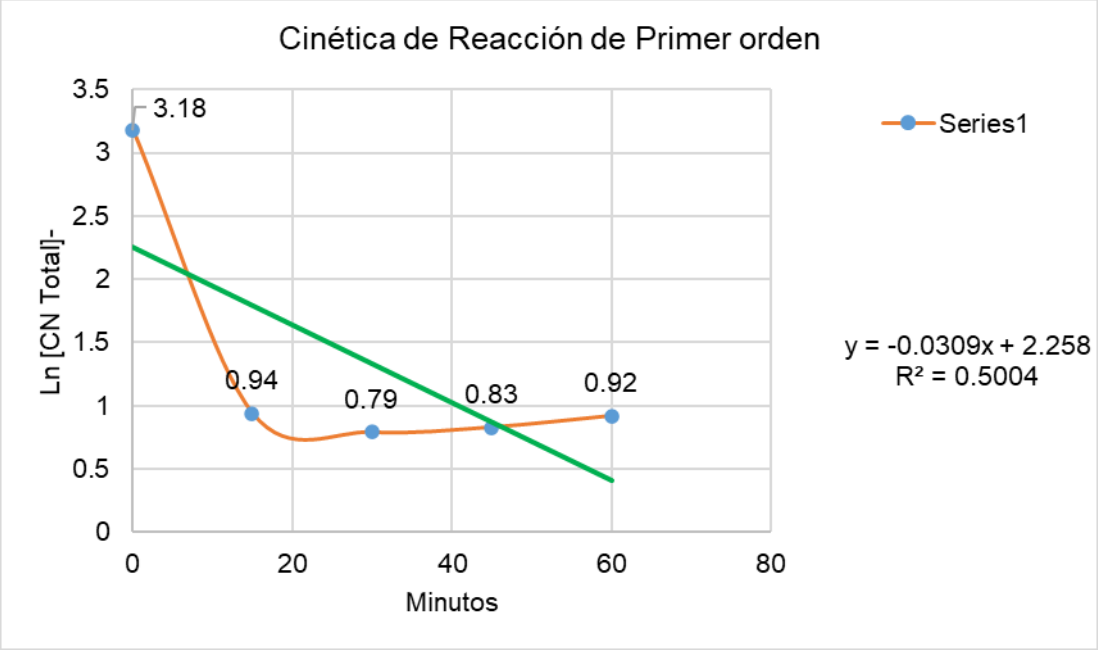
Fuente: elaboración propia

Figura 17 Cinética de Reacción de Orden Cero.



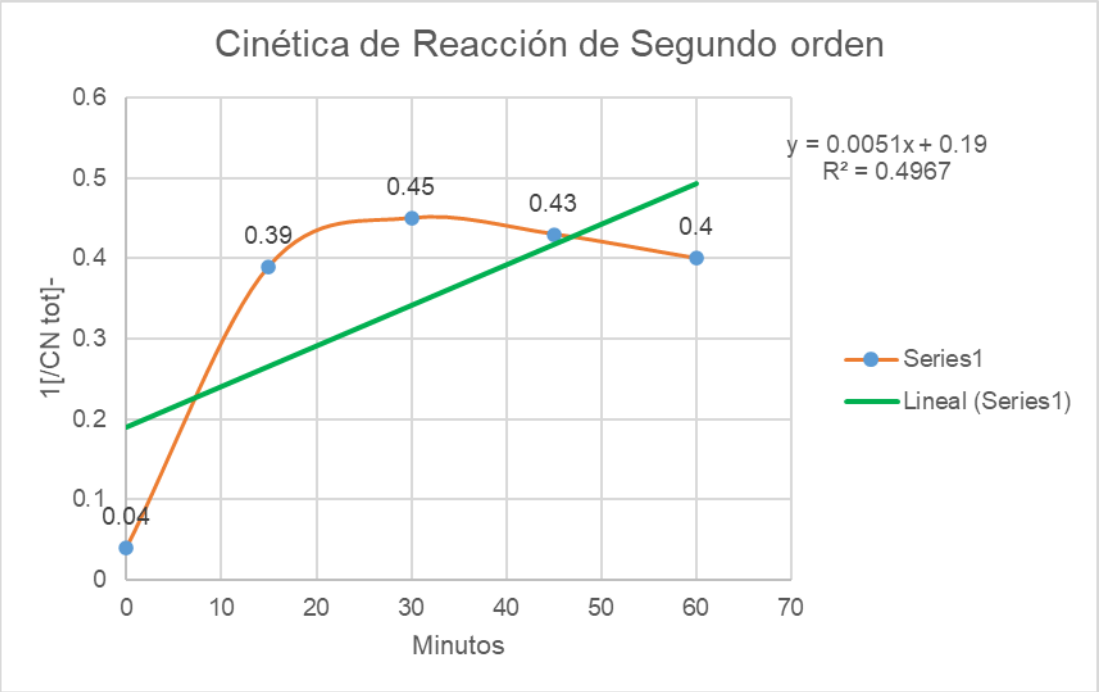
Fuente: elaboración propia

Figura 18 Cinética de Reacción de Primer Orden



Fuente: elaboración propia

Figura 19 Cinética de Reacción de Segundo Orden



Fuente: elaboración propia

Nota: La reacción de orden cero con constante de velocidad k=0,0309 (mol/l)-1 y R2=0,5017 tiene el coeficiente de regresión lineal más alto entre los tres números, como puede verse. Como resultado, las reacciones de primer orden son lo que define el tema computacional que estamos evaluando.

Prueba C:

Se prepara una solución de 2 litros de muestra barren, se añaden 6.2 mL de metabisulfito de sodio al 30% w/v y 3.90 mL de sulfato de cobre pentahidratado. Se añade flujo de aire a razón de 85 psi constante para iniciar la reacción, se añade lechada de cal al 5% para mantener pH. Luego de media hora se retira el flujo de aire y se procede a la coagulación/floculación con sulfato férrico y lechada de cal para mantener el pH. Luego de la sedimentación por 10 minutos se procede a filtrar y al filtrado se le aplica ácido sulfúrico para bajar el pH a 8 aproximadamente. Se analizan la solución final y el precipitado.

Los resultados in situ obtenidos:

Cuadro 21 Parámetros in situ Prueba C

Descripción	Tiempo	Temp °C	Parámetros pH	emf, mV	OR2 mg/L	C.E. uS/cm	OR2R Presión PSI	CaO 5% mL	Comentarios
Inicio	23:30	25.4	10.03	229	0.07	1902	0	0	Se añade 40 mL CaO 5% para incrementar el pH
Reacción final	00:00	25.8	10.01	51.9	2.02	3245	85	40	Se añade 5 mL FeR3RSOR4R (10 mL/100 mL) Se añade 1 mL CaO 5% pH para llegar a 10.22
Floculo final	00:10	25.5	10.22	6.1	1.17	3259	85		Se retira el aire, sedimentación por 10'
Sedimentación final	00:20	25.5	10.22	4.6	0.02	3263	0		Se inicia la filtración con papel filtro 0.025mm
Filtración	01:20	25.4	10.04	17.7	0.64	3266	0		
Filtración + ajuste de pH	01:25	25.5	7.96	129.3	0.05	3430	0		Se añade HR2RSOR4R 18N 13 gotas al filtrado final, toma de muestras para analizar ICP tot, ICP dis, SOR4R, CN tot, CN WAD, Hg, TSS, Cr VI, AyG NTU final = 10.8

Fuente: elaboración propia

Nota: Los resultados obtenidos de los análisis de laboratorio son luego comparados con la normativa aplicable, así se tiene lo siguiente:

Figura 20 Caracterización Fisicoquímica Prueba con Na2S2O5 vs LMP

Parámetro		Límite en cualquier momento	Límite para el promedio anual	A-Detox
pH		6-9	6-9	7.96
TSS	mg/L	50	25	45.2
Aceites y grasas	mg/L	20	16	10.3
Total CN	mg/L	1	0.8	0.8010
As (t)	mg/L	0.1	0.08	0.0390
Cd (t)	mg/L	0.05	0.04	<0.0004
Cr (VI	mg/L	0.1	0.08	<0.007
Cu (t)	mg/L	0.5	0.4	9.0670
Fe (d)	mg/L	2	1.6	<0.002
Pb (t)	mg/L	0.2	0.16	0.0022
Hg(t)	mg/L	0.002	0.0016	0.1830
Zn (t)	mg/L	1.5	1.2	0.0050

Fuente: elaboración propia (laboratorio)

4.2 Prueba de hipótesis

General

El análisis demuestra que, si bien ambas sustancias reducen la concentración de cianuro en la solución de lavado, el metabisulfito de sodio en concentraciones más altas permanece dentro de los límites permitidos.

Especifico

a) Los resultados muestran disminución de concentración de cianuro posterior a la prueba con metabisulfito de sodio, lo que concuerda con el límite máximo permitido de concentración total de cianuro, que es inferior a 1 mg/l.

b) Del análisis se puede ver que ambos productos químicos reducen la concentración de cianuro en la solución de limpieza, el peróxido de hidrógeno reduce la concentración de cianuro en un 53,83 por ciento y el metabisulfito de sodio reduce la concentración de cianuro en un 96,64 por ciento.

c) Con base en los análisis realizados se determinó que el metabisulfito de sodio redujo en un 96.6% la concentración de cianuro, este resultado está por debajo del valor límite máximo permisible y que estos valores no tendrán impacto en el medio ambiente al realizar su vertido a cuerpos naturales de agua.

4.2.1 Presentación de resultados

De las pruebas realizadas se obtienen los volúmenes registrados para las reacciones de destrucción de cianuro y coagulación/floculación, en función a las diluciones realizadas y considerando los primeros 15 minutos de reacción ya que en todas las pruebas se observa que luego de los 15 minutos se mantuvieron las concentraciones disminuyendo a velocidades mucho menores. Así se tiene:

Cuadro 22 Equivalencias de concentraciones durante la reacción

Prueba	Agente Oxidante	Volumen (mL)	Concentración CN tot removido (mg/L en 15 min	% CN tot removido
Prueba A	Peróxido de Hidrógeno 50% diluido al 1% v/v	16.32	12.94	53.83%
Prueba B			10.60	44.10%
Prueba C			12.54	52.17%
Prueba A	Metabisulfito de Sodio 30% w/v	6.2	21.33	88.73%
Prueba B			21.47	89.32%
Prueba C			23.23	96.64%

Cuadro 23 Consumo de otros reactivos (en mL)

Prueba	CuSO4.5H2O 10% w/v	CaO 5% w/v	Fe3SO4 10% v/v	H2SO4 18 N
DETOX 1 – 1	1.95	2.7	0	0
DETOX 1 – 2	3.90	3.5	0	0
DETOX 1 – 3	3.90	25.8	5	0.4
DETOX 2 – 1	1.95	40	0	0
DETOX 2 – 2	3.90	40	0	0
DETOX 2 - 3	3.90	41	5	0.65

De los resultados se obtiene que la prueba de destrucción de cianuro mediante el método INCO (metabisulfito de sodio) y posterior coagulación/floculación con sulfato férrico produce los resultados esperados para la concentración de cianuro según los LMP vigentes (< 1.0 mg/L), alcanzando un 96.64% de remoción de la concentración de CN total.

Considerando las concentraciones diluidas se procede a la estimación de consumo de insumos para un metro cúbico de solución barren, así se tiene:

Cuadro 24 Consumo de insumos Químicos por metro cúbico

Insumo Químico	**Consumo en Prueba (2 Lt)**	**Consumo sin dilución**	**Consumo x metro cúbico**
Metabisulfito de Sodio	6.2 mL al 30% w/v	1.86 gr	930 gr
Sulfato Férrico	5 mL al 10% v/v	0.5 mL	250 mL
Sulfato de Cobre Pentahidratado	3.9 mL al 10% w/v	0.39 gr	195 gr
Óxido de Calcio	41 mL al 5% w/v	2.05 gr	1,025 gr

CAPÍTULO 5: IMPACTOS

5.1 Propuesta para la solución del problema

Se desarrollaron pruebas utilizando catalizadores de cobre y soluciones de sulfato de cobre pentahidratado en combinación con sustancias químicas oxidantes como peróxido de hidrógeno y metabisulfito de sodio para la destrucción de cianuro en soluciones barren. Los ensayos de coagulación y floculación demostraron que una concentración óptima de 5 ml de sulfato férrico al 10% v/v (10 ml disueltos en 100 ml de agua) favorece la formación de sedimentos y el tipo de floculación deseado.

Se observó que, a pesar de que el peróxido de hidrógeno tiene un costo comercial inferior (S/. 3.7/Kg) en comparación con el metabisulfito de sodio (S/. 5.3/Kg), se requiere un mayor consumo de peróxido de hidrógeno para lograr una mejor oxidación del cianuro y optimizar la calidad del análisis de muestra. Los detalles específicos de los costos de cada insumo se presentan en los cuadros 26 y 27.

Ambos procesos demostraron ser efectivos en la reducción de la cantidad de cianuro en solución. Sin embargo, se observó que el metabisulfito de sodio reacciona de manera más rápida y eficaz que el peróxido de hidrógeno, alcanzando valores por debajo del límite máximo permisible de cianuro total establecido por el Decreto Supremo N°010-2010-MIMAN para descarga de efluentes líquidos de actividades Minero – Metalúrgicas.

5.2 Costos de implementación de la propuesta

En base a los consumos químicos por metro cúbico se procede a la estimación de costos de consumo en el proceso.

Cuadro 25 Relación de Costos / Insumos

PRESUPUESTO				
DESCRIPCION	**UNIDAD MEDIDA**	**CANTIDAD**	**C. U.**	**C.T.**
CAPITAL HUMANO				
Recolección de información	Días	50.0	50.00	2500.00
Apoyo especializado	Días	10.0	100.00	1000.00
INSUMO QUIMICO				
Metabisulfito de Sodio	gr	930.0	5.30	4929.00
Sulfato Férrico	mL	250.0	1.91	478.50
Sulfato de Cobre Pentahidratado	gr	195.0	7.62	1486.49
Óxido de Calcio	gr	1025.0	0.36	372.08
INSUMOS				
Material de dibujo	Unidades	1.0	350.00	350.00
Material cartográfico	Unidades	10.0	30.00	300.00
USB	Unidades	4.0	15.00	60.00
Material de impresión	Glb	5.0	100.00	500.00
Material para fotocopias	Glb	300.0	0.10	30.00
Material fotográfico	Glb	1.0	30.00	30.00
Papel boom A-1 de 60 gramos	Millar	1.0	25.00	25.00
Papel copia	Millar	2.0	17.00	34.00
Folder manila	Unidades	10.0	0.50	5.00
SERVICIOS				
Movilidad y Viáticos	Días	60.0	35.00	2100.00
Servicio de Impresión Tesis	Gbl	1.0	500.00	500.00
Servicios de Computación	Días	150.0	5.00	750.00
Trabajos en Gabinete	Días	30.0	100.00	3000.00
OTROS IMPREVISTOS			0.05	600.00
PRESUPUESTO TOTAL				**S/19,050.06**

Fuente: elaboración propia

5.3 Beneficios que aporta la propuesta

En estas pruebas, se emplearon oxidantes como el metabisulfito de sodio y el peróxido de hidrógeno para la destrucción del cianuro en soluciones barren, complementados con una solución de sulfato de cobre pentahidratado con cobre como catalizador. Las pruebas con metabisulfito no solo mostraron una rápida caída del pH, sino también una significativa reducción del potencial redox tras la adición de oxígeno.

Se logró reducir la concentración de cianuro total en la solución, destacando que el metabisulfito de sodio demostró una reacción más rápida en comparación con el peróxido de hidrógeno, este último alcanzando niveles por debajo de los límites máximos permisibles establecidos por el Decreto Supremo N° 010-2010-MINAM para descarga de efluentes líquidos de Actividades Minero – Metalúrgicas.

Los resultados obtenidos no solo contribuyen al avance del conocimiento científico en este campo, sino que también proporcionan datos probados y verificados in situ, lo cual es fundamental para futuras investigaciones y referencias en trabajos similares. Esta información validada será invaluable para la implementación de prácticas más efectivas y sostenibles en el tratamiento de aguas residuales industriales en el sector minero.

CONCLUSIONES

Se determinó que la concentración inicial de cianuro total registrada en la solución barren fue de 24.03 mg/l, valor que sirvió como base para el diseño de las pruebas de tratamiento y la selección de insumos químicos.

Se realizaron pruebas exhaustivas para evaluar la capacidad de reducción de la concentración de cianuro en soluciones barren. El peróxido de hidrógeno logró disminuir la concentración de iones de cianuro de 24.03 mg/l a 11.09 mg/l, lo que representa una reducción del 53.83 % (Prueba A). Por su parte, el metabisulfito de sodio mostró una mayor eficacia, reduciendo la concentración de 24.03 mg/l a 0.801 mg/l, equivalente a una disminución del 96.64 % (Prueba C). Esta alta eficiencia del metabisulfito de sodio lo posiciona como el agente más adecuado para el tratamiento de soluciones barren.

La reducción significativa de cianuro mediante el uso de metabisulfito de sodio permite cumplir con los límites máximos permisibles establecidos en la normativa ambiental vigente, lo que representa una medida efectiva para mitigar el impacto ambiental del vertimiento de aguas residuales mineras.

En conjunto, los resultados permiten concluir que el metabisulfito de sodio es el reactivo más adecuado para el tratamiento de soluciones barren con alta concentración de cianuro, por su alta eficiencia, viabilidad operativa, garantizando un cumplimiento efectivo de los estándares ambientales vigentes.

RECOMENDACIONES

Realizar una evaluación previa o paralela al tratamiento de cianuro para abordar la reducción de mercurio, ya que este parámetro no se ve afectado por los procesos convencionales de destrucción de cianuro. Para ello, se sugiere considerar tratamientos complementarios como la aplicación de reactivos específicos (por ejemplo, ácido clorhídrico en combinación con agentes reductores), que permitan transformar el mercurio a su forma metálica y facilitar su recuperación bajo condiciones controladas.

Existe la alternativa de realizar el tratamiento sin necesidad del uso de sulfato de cobre pentahidratado, aprovechando la concentración de cobre de la solución; sin embargo, debido a que la solución proviene de un proceso dinámico se recomienda tener en cuenta un sistema de adición de este insumo como catalizador. Asimismo, la concentración de iones cobre a adicionar como catalizador debe reducirse a fin de obtener un producto que sea menor al LMP con respecto a este parámetro.

Adicionalmente, se sugiere evaluar métodos complementarios para la reducción del cobre residual, tales como la incorporación de una etapa secundaria de reacción con óxido de calcio, posterior a la etapa principal. Las pruebas actuales se han desarrollado bajo un esquema de una sola etapa de reacción seguida de coagulación/floculación. La implementación de una etapa adicional podría mejorar la remoción de metales y optimizar la calidad del efluente final.

REFERENCIAS

Aguilar, A. (2010). *Calidad del agua: Un enfoque multidisciplinario.* Mexico: Universidad Nacional Autónoma de México IIEC. Obtenido de http://bibliotecavirtual.clacso.org.ar/Mexico/iiec-unam/20110804014021/Calidagua.pdf

Álvarez, R. (2005). *Aplicación de Sistemas Pasivos para el Tratamiento de Soluciones Residuales de Procesos de Cianuración en Minería de Oro.* Tesis doctoral, Universidad de Oviedo, Oviedo.

Asensi, E. (2015). *Estudio y modelización de la velocidad de sedimentación zonal y de la aceleración de los fangos activados.* Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia. Obtenido de https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/61994/Asensi%20-%20Estudio%20y%20modelizaci%C3%B3n%20de%20la%20velocidad%20de%20sedimentacion%20zonal%20y%20de%20la%20aceleraci%C3%B3n%20de%20los....pdf?sequence=1&isAllowed=y

Auquilla, L., & Damián , C. (2019). *Reducción de cianuro de agua residual proveniente de una empresa metalúrgica por tratamiento oxidativo con peróxido de hidrógeno.* Tesis pregrado, Universidad de Cuenca, Departamento de Ingeniería Química, Cuenca.

Aznar, A. (2000). Determinación de los parámetros físico-químicos de calidad de las aguas. *Revista Interdisciplinar de Gestión Ambiental, 2(23), 12-19*. Obtenido de http://ocw.uc3m.es/ingenieria-quimica/ingenieria-ambiental/otros-recursos-1/OR-F-001.pdf

Begoña, F. (2007). *Desarrollo de un nuevo Método para la Eliminación de Cianuro de Aguas Residuales de Mina.* Tesis doctoral, Universidad de Oviedo, Oviedo.

Campos, C., & De la Torre , E. (2015). Estudio de la Detoxificación de Efluentes Cianurados por Oxidación con Dióxido de Azufre, Aire y Catalizadores de Cobre. *Revista Politécnica*. Obtenido de https://revistapolitecnica.epn.edu.ec/images/revista/volumen36/tomo2/EstudiodelaDetoxificaciondeEfluentesCianurados.pdf

Cunha, A. C. (2017). Tiempos de Barbarismo: La necesidad de una nueva ética ambiental. *Revista de Filosofia*. Obtenido de https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=576664554006

Dongzhuang Hou, L. L. (2020). Decomposition of Cyanide from Gold Leaching Tailingsby Using Sodium Metabisulphite and Hydrogen Peroxide. *Advances in Materials Science and Engineering*. doi:https://doi.org/10.1155/2020/5640963

Garzón Pascagaza, E. J. (2017). ¿Filosofía ambiental? Una propuesta para formar el pensamiento en la relación con el medio ambiente. *Foro por la Vida (VI):Convivencia la persona y su entorno*. Obtenido de https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/19971

Giordani, S., Gonzales, L., Morales, A., Quijano, J., & Tejada, A. (2008). Factibilidad del uso de polímeros para la clarificación del agua potable en la ciudad de Mérida. *Revista Científica Juvenil*, 97-108. Obtenido de http://erevistas.saber.ula.ve/index.php/creando/article/view/1655/1617

Gomez, P. (2012). *Degradación de Cianuros mediante la Oxidación Química en Efluentes Industriales.* Máster en Química y Desarrollo Sostenible, Universidad de Oviedo.

Hernández, E., & Corredor, C. (2017). *Diseño y construcción de una planta modelo de tratamiento para la potabilización de agua, se disondra en el laboratorio de aguas de la Universidad Católica de Colombia.* Bogotá. Obtenido de https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/14556/1/DISE%C3%91O%20Y%20CONSTRUCCION%20DE%20UNA%20PLANTA%20MODELO%20DE%20TRATAMIENTO%20PARA%20LA%20POTABILIZACION%20DE%20AGUA.pdf

Knorre, H., & Griffiths, A. (1988). Detoxification of Total Cyanide with Hydrogen Peroxide. Alemania: Randol Gold Forum.

Lima, E., Hau, L., Huamaní, R., & Aliaga, I. (2019). Estudio de los Efluentes Líquidos de Complejos Cianurados para la Reutilización Industrial

mediante Método de Jarras. *Revista Boliviana de Química*. Obtenido de http://www.scielo.org.bo/pdf/rbq/v36n1/v36n1_a02.pdf

Mamani, E. (2014). *Implementación de procesos de destrucción de Cianuro de los efluentes de la Minería Artesanal en la Rinconada - Puno.* Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Agustín, Repositorio Institucional de la UNSA, Arequipa. Obtenido de http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/2699/IMmavae.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Martínez Rivillas, A. (2012). Los Problemas Ambientales: Un nuevo llamado a la Vita Activa de la Filosofía. *Luna Azul*, 282-300.

Montero, J. (2006). Ética Ambiental y Minería. *Revista Trimestral Latinoamericana y Caribeña de Desarrollo Sustentable*. Obtenido de http://ninive.ismm.edu.cu/bitstream/handle/123456789/2403/MonteroPe%C3%B1aE.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Mudder, T., & Whitlock. (1989). Biological Treatment of Cyanidation Wastewaters, Min Metall Process. Londres.

Rupay , F. (2016). *Remoción del cianuro con el complejo(CuSO4 – H2O2) de los efluentes de Cianuro de Oro para evitar Riesgos a la Salud y al Ambiente.* Tesis Doctoral, Universidad Nacional del Centro del Perú, Repositorio Institucional de UNCP. Obtenido de http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/4169/Rupay%20Guere.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Smith , A., & Mudder, T. (1991). *Tratamiento de Residuos de Cianuración.* Londres: Minimo Jornal Books Ltd.

ANEXOS

1. Anexo A: Reporte de análisis de laboratorio.
2. Anexo B: Panel fotográfico.

Anexo A: Reporte de análisis de laboratorio

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-047

INFORME DE ENSAYO N° 111742-2017
CON VALOR OFICIAL

RAZÓN SOCIAL	: J. CESAR INGENIEROS & CONSULTORES S.A.C.
DOMICILIO LEGAL	: AV. LA PAZ NRO. 1381 URB. MIRAFLORES (A DOS CUADRAS DE LARCO) LIMA - LIMA - MIRAFLORES
SOLICITADO POR	: MALCOLM GALLARDO
REFERENCIA	: RESERVADO POR EL CLIENTE
PROCEDENCIA	: MINA EL TORO
FECHA DE RECEPCIÓN	: 2017-04-03/13
FECHA DE INICIO DE ENSAYOS	: 2017-04-03/13
MUESTREADO POR	: J. CESAR INGENIEROS & CONSULTORES S.A.C.

I. METODOLOGÍA DE ENSAYO:

Ensayo	Método	L.C.	Unidades
Alcalinidad (al bicarbonato)	SM 2320 B. Alkalinity. Titration Method.	1.00	$CaCO_3$ mg/L
Aceites y grasas (HEM)	EPA-821-R-10-001 Method 1664 Rev. B. N-Hexane Extractable Material (HEM; Oil and Grease) and Silica Gel Treated N-Hexane Extractable Material (SGT-HEM; Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry. 2010	0.5[b]	mg/L
Cloruros	SM-4500-Cl^- B. Chloride. Argentometric Method.	2.00	Cl^- mg/L
Cianuro WAD	SM 4500-CN^- I,E. Cyanide. Weak Acid Dissociable Cyanide/Colorimetric Method.	0.005	mg/L
Cianuro Total	SM 4500 CN^- C,E. Cyanide. Total Cyanide after Distillation. Colorimetric Method.	0.005	mg/L
Color	SM 2120 C. Spectrophotometric - Single-Wavelength Method (PROPOSED)	5	CU
Conductividad	SM 2510 B. Conductivity. Laboratory Method.	---	µS/cm
Cromo Hexavalente (VI)	SM 3500-Cr- B / EPA-SW-846, Method 7196A. Chromiun Hexavalent (Colorimetric). 2012/1992	0.007	mg/L
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO_5)	SM 5210 B. Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test.	2.00[b]	mg/L
Demanda Química de oxígeno (DQO)	SM 5220 D. Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method.	10.0	O_2 mg/L
Fenoles	EPA-SW-846, Method-9065. Phenolics (Spectrophotometric Manual 4-AAP with distillation). 1986	0.001	mg/L
Fluoruros (F^-)	SM 4500-F- B, D. Fluoride. Preliminary Distillation Step. SPADNS. 2012	0.10	F^- mg/L
Nitratos	SM 4500-NO_3^- E. Nitrogen (Nitrate). Cadmium Reduction Method.	0.030	NO_3^- - N mg/L
Nitritos	SM 4500-NO_2^- B. Nitrogen (Nitrite). Colorimetric Method.	0.003	NO_2^- - N mg/L
Oxígeno Disuelto OD	SM 4500-O C. Oxygen (Dissolved). Azide Modification.	0.5[b]	O_2 mg/L
pH	SM 4500 H^+ B. pH Value. Electrometric Method	---	Unid. pH
SAAM (Detergentes)	SM 5540 C. Surfactants. Anionic Surfactants as MBAS.	0.050	mg/L

L.C.: límite de cuantificación.

(a) Límite de detección del método para estas metodologías por ser semicuantitativas.

(b) Expresado como límite de detección del método.

Quím. Belbeth Y. Fajardo León
C.Q.P. N° 648
Asesor Técnico Químico

EXPERTS WORKING FOR YOU

* El método indicado no ha sido acreditado por INACAL-DA

SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. (SMEWW)-APHA-AWWA-WEF. 22nd, Edition 2012. EPA: U.S. Environmental Protection Agency. ASTM: American Society for Testing and Materials. NTP: Norma Técnica Peruana

OBSERVACIONES: Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. Sólo es válido para las muestras referidas en el presente informe. Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendarios de haber ingresado la muestra al laboratorio

NOTA: Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.
Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 - Urb. Chacra Ríos Norte - Lima 01 - Perú. Central Telefónica (511) 425-7227 - 425-6885 - 425-5564 - 425 - 6047 | MÓVIL 994 976 442
Website www.sagperu.com Contacto Electrónico sagpesu@sagperu.com | laboratorio@sagperu.com

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-047

INFORME DE ENSAYO Nº 111742-2017
CON VALOR OFICIAL

Ensayo	Método	L.C.	Unidades
Sólidos suspendidos totales (TSS)	SM 2540 D. Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C.	3.00	mg/L
Sulfatos	SM 4500 SO_4^{2-} E. Sulfate. Turbidimetric Method.	1.00	$SO_4^{=}$ mg/L
Turbiedad	SM 2130 B. Turbidity. Nephelometric Method. 2012	0.70	NTU
Numeración de Coliformes Fecales	SM 9221 E. Multiple-Tube Fermentation. Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure.	1.8(a)	NMP/100mL
Numeración de Coliformes Totales	SM 9221 B. Multiple-Tube Fermentation. Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique.	1.8(a)	NMP/100mL
Metales totales (Aluminio, Arsénico, Bario, Boro, Berilio, Cadmio, Cromo, Cobalto, Cobre, Hierro, Plomo, Litio, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Niquel, Selenio, Zinc).	EPA Method 200.7, Rev.4.4. EMMC Version. Determination of Metals and trace Elements in Water and Wates by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry. 1994	---	mg/L
Metales disueltos (Hierro).	EPA Method 200.7, Rev.4.4. EMMC Version. Determination of Metals and trace Elements in Water and Wates by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry. 1994	---	mg/L

L.C.: límite de cuantificación.

(a) Límite de detección del método para estas metodologías por ser semicuantitativas.

(b) Expresado como límite de detección del método.

Blgo. Roger Aparicio Estrada
C.B.P. N° 7403
Asesor Técnico Biológico

Quím. Bebeth Y. Fajardo León
C.Q.P. N° 648
Asesor Técnico Químico

EXPERTS WORKING FOR YOU

* El método indicado no ha sido acreditado por INACAL-DA

SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. (SMEWW)-APHA-AWWA-WEF. 22nd. Edition 2012. EPA: U.S. Environmental Protection Agency. ASTM: American Society for Testing and Materials. NTP: Norma Técnica Peruana

OBSERVACIONES: Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. Sólo es válido para las muestras referidas en el presente informe.

Las muestras serán conservadas de acuerdo al período de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendarios de haber ingresado la muestra al laboratorio.

NOTA: Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.
Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 - Urb. Chacra Ríos Norte - Lima 01 - Perú. Central Telefónica (511) 425-7227 - 425-6885 - 425-5564 - 425 - 6047 | MÓVIL 994 976 442
Website www.sagperu.com Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com | laboratorio@sagperu.com

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-047

INFORME DE ENSAYO Nº 111742-2017
CON VALOR OFICIAL

II. RESULTADOS:

Producto declarado		Agua residual	Agua residual	Agua residual
Matriz analizada		Agua residual	Agua residual	Agua residual
Fecha de muestreo		2017-04-01	2017-04-11	2017-04-10
Hora de inicio de muestreo (h)		18:22	05:50	16:30
Condiciones de la muestra		Refrigerada y preservada	Refrigerada y preservada	Refrigerada y preservada
Código del Cliente		DETOX	ARD - 1	ARD - 2
Código del Laboratorio		1704142	1704918	1704919
Ensayos	Unidades	Resultados		
Alcalinidad (al bicarbonato)	$CaCO_3$ mg/L	<1.00	<1.00	<1.00
Aceites y grasas (HEM)	mg/L	<0.5	<0.5	7.1
Cloruros	Cl^- mg/L	75.37	6.52	5.73
Cianuro WAD	mg/L	19.48	<0.005	0.013
Cianuro Total	mg/L	24.03	0.008	0.014
Color	CU	7	8	////
**Color	CU	////	////	19
Conductividad	µS/cm	1817	1230	1463
Cromo Hexavalente (VI)	mg/L	<0.007	<0.007	<0.007
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO_5)	mg/L	13.69	<2.00	////
**Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO_5)	mg/L	////	////	<2.00
Demanda Química de oxígeno (DQO)	O_2 mg/L	134.7	21.8	27.3
Fenoles	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001
Fluoruros (F^-)	F^- mg/L	0.12	0.36	0.61
Nitratos	NO_3^- - N mg/L	57.11	4.430	////
**Nitratos	NO_3^- - N mg/L	////	////	7.140
Nitritos	NO_2^- - N mg/L	22.46	0.009	////
**Nitritos	NO_2^- - N mg/L	////	////	0.013
Oxigeno Disuelto OD	O_2 mg/L	6.5	8.5	6.7
**pH	Unid. pH	9.87	3.01	3.40
SAAM (Detergentes)	mg/L	<0.050	<0.050	<0.050
Sólidos suspendidos totales (TSS)	mg/L	23.1	227.3	906.6
Sulfatos	$SO_4^{=}$ mg/L	296.3	540.6	968.5
Turbiedad	NTU	32	1470	////
**Turbiedad	NTU	////	////	80750
**Numeración de Coliformes Totales	NMP/100mL	<1.8	<1.8	<1.8
**Numeración de Coliformes Fecales(1)	NMP/100mL	<1.8	<1.8	<1.8

Medición de conductividad y pH realizada a 25ºC.

**El resultado del método de ensayo indicado se encuentra fuera del alcance de acreditación otorgada por el INACAL-DA debido a que la muestra no es idónea para el ensayo, por haber superado el tiempo de perecibilidad.

(1) Coliformes Fecales es lo mismo que coliformes termotolerantes.

////: Ensayo no realizado

Blgo. Roger Aparicio Estrada
C.B.P. N° 7403
Asesor Técnico Biológico

Quím. Belbeth Y. Fajardo León
C.Q.P. N° 648
Asesor Técnico Químico

EXPERTS WORKING FOR YOU

* El método indicado no ha sido acreditado por INACAL-DA

SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, (SMEWW)-APHA-AWWA-WEF. 22nd. Edition 2012. EPA: U.S. Environmental Protection Agency. ASTM: American Society for Testing and Materials. NTP: Norma Técnica Peruana
OBSERVACIONES: Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. Sólo es válido para las muestras referidas en el presente informe. Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendarios de haber ingresado la muestra al laboratorio.
NOTA: Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.
Laboratorio Av. Naciones Unidas Nº 1565 - Urb. Chacra Ríos Norte - Lima 01 - Perú. Central Telefónica (511) 425-7227 - 425-6885 - 425-5564 - 425 - 6047 | MÓVIL 994 976 442
Website www.sagperu.com Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com | laboratorio@sagperu.com

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-047

INFORME DE ENSAYO Nº 111742-2017
CON VALOR OFICIAL

II. RESULTADOS:

Producto declarado			Agua residual	Agua residual	Agua residual
Matriz analizada			Agua residual	Agua residual	Agua residual
Fecha de muestreo			2017-04-01	2017-04-11	2017-04-10
Hora de inicio de muestreo (h)			18:22	05:50	16:30
Condiciones de la muestra			Refrigerada y preservada	Refrigerada y preservada	Refrigerada y preservada
Código del Cliente			DETOX	ARD - 1	ARD - 2
Código del Laboratorio			1704142	1704918	1704919
Ensayo	L.D.M.	Unidades	Resultados		
Metales totales					
Aluminio (Al)	0.01	mg/L	3.53	40.44	253.8
Arsénico (As)	0.001	mg/L	0.575	0.111	2.817
Boro (B)	0.002	mg/L	0.032	<0.002	<0.002
Bario (Ba)	0.002	mg/L	0.003	0.039	0.444
Berilio (Be)	0.0003	mg/L	<0.0003	0.0028	0.0069
Cadmio (Cd)	0.0004	mg/L	<0.0004	0.0438	0.0965
Cobalto (Co)	0.0005	mg/L	0.0241	0.1594	0.1615
Cromo (Cr)	0.0004	mg/L	0.0014	0.0050	0.1729
Cobre (Cu)	0.0007	mg/L	1.343	3.766	15.56
Hierro (Fe)	0.002	mg/L	1.377	45.04	181.6
Mercurio (Hg)	0.001	mg/L	0.337	<0.001	0.135
Litio (Li)	0.003	mg/L	<0.003	0.023	0.042
Magnesio (Mg)	0.04	mg/L	0.21	30.18	26.79
Manganeso (Mn)	0.0005	mg/L	0.0134	18.06	19.86
Níquel (Ni)	0.0006	mg/L	0.0112	0.1068	0.1145
Plomo (Pb)	0.0005	mg/L	0.0093	0.0357	1.620
Selenio (Se)	0.003	mg/L	0.015	0.003	<0.003
Zinc (Zn)	0.002	mg/L	0.041	6.271	11.71

L.D.M.: Límite de detección del método

Quím. Belbeth Y. Fajardo León
C.Q.P N° 648
Asesor Técnico Químico

EXPERTS WORKING FOR YOU

* El método indicado no ha sido acreditado por INACAL-DA

SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. (SMEWW)-APHA-AWWA-WEF. 22nd. Edition 2012. EPA: U.S. Environmental Protection Agency. ASTM: American Society for Testing and Materials. NTP: Norma Técnica Peruana

OBSERVACIONES: Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. Sólo es válido para las muestras referidas en el presente informe.

Las muestras serán conservadas de acuerdo al período de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendarios de haber ingresado la muestra al laboratorio.

NOTA: Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.
Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 - Urb. Chacra Ríos Norte - Lima 01 - Perú. Central Telefónica (511) 425-7227 - 425-6885 - 425-5564 - 425 - 6047 | MÓVIL 994 976 442
Website www.sagperu.com Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com | laboratorio@sagperu.com

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-047

INFORME DE ENSAYO N° 111742-2017
CON VALOR OFICIAL

II. RESULTADOS:

Producto declarado			Agua residual	Agua residual	Agua residual
Matriz analizada			Agua residual	Agua residual	Agua residual
Fecha de muestreo			2017-04-01	2017-04-11	2017-04-10
Hora de inicio de muestreo (h)			18:22	05:50	16:30
Condiciones de la muestra			Refrigerada y preservada	Refrigerada y preservada	Refrigerada y preservada
Código del Cliente			DETOX	ARD - 1	ARD - 2
Código del Laboratorio			1704142	1704918	1704919
Ensayo	L.D.M.	Unidades	Resultados		
Metales disueltos					
Hierro (Fe)	0.002	mg/L	1.050	3.617	1.320

L.D.M.: Límite de detección del método

Lima, 28 de Abril del 2017

Quím. Belbein Y. Fajardo León
C.Q.P. N° 648
Asesor Técnico Químico

EXPERTS WORKING FOR YOU

* El método indicado no ha sido acreditado por INACAL-DA

SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. (SMEWW)-APHA-AWWA-WEF. 22nd. Edition 2012. EPA: U.S. Environmental Protection Agency. ASTM: American Society for Testing and Materials. NTP: Norma Técnica Peruana

OBSERVACIONES: Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. Sólo es válido para las muestras referidas en el presente informe.

Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendarios de haber ingresado la muestra al laboratorio.

NOTA: Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.
Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 - Urb. Chacra Ríos Norte - Lima 01 - Perú. Central Telefónica (511) 425-7227 - 425-6885 - 425-5564 - 425 - 6047 | MÓVIL 994 976 442
Website www.sagperu.com Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com | laboratorio@sagperu.com

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-047

INFORME DE ENSAYO Nº 111742-2017
CON VALOR OFICIAL

RAZÓN SOCIAL	: J. CESAR INGENIEROS & CONSULTORES S.A.C.
DOMICILIO LEGAL	: AV. LA PAZ NRO. 1381 URB. MIRAFLORES (A DOS CUADRAS DE LARCO) LIMA - LIMA - MIRAFLORES
SOLICITADO POR	: MALCOLM GALLARDO
REFERENCIA	: RESERVADO POR EL CLIENTE
PROCEDENCIA	: MINA EL TORO
FECHA DE RECEPCIÓN	: 2017-04-03/13
FECHA DE INICIO DE ENSAYOS	: 2017-04-03/13
MUESTREADO POR	: J. CESAR INGENIEROS & CONSULTORES S.A.C.

I. METODOLOGÍA DE ENSAYO:

Ensayo	Método	L.C.	Unidades
Alcalinidad (al bicarbonato)	SM 2320 B. Alkalinity. Titration Method.	1.00	$CaCO_3$ mg/L
Aceites y grasas (HEM)	EPA-821-R-10-001 Method 1664 Rev. B. N-Hexane Extractable Material (HEM; Oil and Grease) and Silica Gel Treated N-Hexane Extractable Material (SGT-HEM; Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry. 2010	0.5(b)	mg/L
Cloruros	SM-4500-Cl⁻ B. Chloride. Argentometric Method.	2.00	Cl^- mg/L
Cianuro WAD	SM 4500-CN^- I,E. Cyanide. Weak Acid Dissociable Cyanide/Colorimetric Method.	0.005	mg/L
Cianuro Total	SM 4500 CN^- C,E. Cyanide. Total Cyanide after Distillation. Colorimetric Method.	0.005	mg/L
Color	SM 2120 C. Spectrophotometric - Single-Wavelength Method (PROPOSED)	5	CU
Conductividad	SM 2510 B. Conductivity. Laboratory Method.	---	µS/cm
Cromo Hexavalente (VI)	SM 3500-Cr- B / EPA-SW-846, Method 7196A. Chromiun Hexavalent (Colorimetric). 2012/1992	0.007	mg/L
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO_5)	SM 5210 B. Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test.	2.00(b)	mg/L
Demanda Química de oxígeno (DQO)	SM 5220 D. Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method.	10.0	O_2 mg/L
Fenoles	EPA-SW-846, Method-9065. Phenolics (Spectrophotometric Manual 4-AAP with distillation). 1986	0.001	mg/L
Fluoruros (F^-)	SM 4500-F- B, D. Fluoride. Preliminary Distillation Step. SPADNS. 2012	0.10	F^- mg/L
Nitratos	SM 4500-NO_3^- E. Nitrogen (Nitrate). Cadmium Reduction Method.	0.030	NO_3^- - N mg/L
Nitritos	SM 4500-NO_2^- B. Nitrogen (Nitrite). Colorimetric Method.	0.003	NO_2^- - N mg/L
Oxigeno Disuelto OD	SM 4500-O C. Oxygen (Dissolved). Azide Modification.	0.5(b)	O_2 mg/L
pH	SM 4500 H^+ B. pH Value. Electrometric Method	---	Unid. pH
SAAM (Detergentes)	SM 5540 C. Surfactants. Anionic Surfactants as MBAS.	0.050	mg/L

L.C.: límite de cuantificación.

(a) Límite de detección del método para estas metodologías por ser semicuantitativas.

(b) Expresado como límite de detección del método.

Quím. Belbeth Y. Fajardo León
C.Q.P. N° 648
Asesor Técnico Químico

EXPERTS WORKING FOR YOU

* El método indicado no ha sido acreditado por INACAL-DA

SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. (SMEWW)-APHA-AWWA-WEF. 22nd. Edition 2012. EPA: U.S. Environmental Protection Agency. ASTM: American Society for Testing and Materials. NTP: Norma Técnica Peruana

OBSERVACIONES: Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. Sólo es válido para las muestras referidas en el presente informe.

Las muestras serán conservadas de acuerdo al período de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendarios de haber ingresado la muestra al laboratorio.

NOTA: Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.
Laboratorio Av. Naciones Unidas Nº 1565 - Urb. Chacra Ríos Norte - Lima 01 - Perú. Central Telefónica (511) 425-7227 - 425-6885 - 425-5564 - 425 - 6047 | MÓVIL 994 976 442
Website www.sagperu.com Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com | laboratorio@sagperu.com

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-047

INFORME DE ENSAYO Nº 111742-2017
CON VALOR OFICIAL

Ensayo	Método	L.C.	Unidades
Sólidos suspendidos totales (TSS)	SM 2540 D. Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C.	3.00	mg/L
Sulfatos	SM 4500 SO_4^{2-} E. Sulfate. Turbidimetric Method.	1.00	$SO_4^{=}$ mg/L
Turbiedad	SM 2130 B. Turbidity. Nephelometric Method. 2012	0.70	NTU
Numeración de Coliformes Fecales	SM 9221 E. Multiple-Tube Fermentation. Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Prpcedure.	1.8[a]	NMP/100mL
Numeración de Coliformes Totales	SM 9221 B. Multiple-Tube Fermentation. Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique.	1.8[a]	NMP/100mL
Metales totales (Aluminio, Arsénico, Bario, Boro, Berilio, Cadmio, Cromo, Cobalto, Cobre, Hierro, Plomo, Litio, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Niquel, Selenio, Zinc).	EPA Method 200.7, Rev.4.4. EMMC Version. Determination of Metals and trace Elements in Water and Wates by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry. 1994	---	mg/L
Metales disueltos (Hierro).	EPA Method 200.7, Rev.4.4. EMMC Version. Determination of Metals and trace Elements in Water and Wates by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry. 1994	---	mg/L

L.C.: límite de cuantificación.

(a) Límite de detección del método para estas metodologías por ser semicuantitativas.

(b) Expresado como límite de detección del método.

Blgo. Roger Aparicio Estrada
C.B.P. N° 7403
Asesor Técnico Biológico

Quím. Belbeth Y. Fajardo León
C.Q.P. N° 648
Asesor Técnico Químico

EXPERTS WORKING FOR YOU

* El método indicado no ha sido acreditado por INACAL-DA

SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. (SMEWW)-APHA-AWWA-WEF. 22nd. Edition 2012. EPA: U.S. Environmental Protection Agency. ASTM: American Society for Testing and Materials. NTP: Norma Técnica Peruana

OBSERVACIONES: Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. Sólo es válido para las muestras referidas en el presente informe.

Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendarios de haber ingresado la muestra al laboratorio.

NOTA: Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.
Laboratorio Av. Naciones Unidas Nº 1565 - Urb. Chacra Ríos Norte - Lima 01 - Perú. Central Telefónica (511) 425-7227 - 425-6085 - 425-5564 - 425 - 6047 | MÓVIL 994 976 442
Website www.sagperu.com Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com | laboratorio@sagperu.com

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-047

INFORME DE ENSAYO Nº 111742-2017
CON VALOR OFICIAL

II. RESULTADOS:

Producto declarado		Agua residual	Agua residual	Agua residual
Matriz analizada		Agua residual	Agua residual	Agua residual
Fecha de muestreo		2017-04-01	2017-04-11	2017-04-10
Hora de inicio de muestreo (h)		18:22	05:50	16:30
Condiciones de la muestra		Refrigerada y preservada	Refrigerada y preservada	Refrigerada y preservada
Código del Cliente		DETOX	ARD - 1	ARD - 2
Código del Laboratorio		1704142	1704918	1704919
Ensayos	Unidades	Resultados		
Alcalinidad (al bicarbonato)	$CaCO_3$ mg/L	<1.00	<1.00	<1.00
Aceites y grasas (HEM)	mg/L	<0.5	<0.5	7.1
Cloruros	Cl^- mg/L	75.37	6.52	5.73
Cianuro WAD	mg/L	19.48	<0.005	0.013
Cianuro Total	mg/L	24.03	0.008	0.014
Color	CU	7	8	////
**Color	CU	////	////	19
Conductividad	µS/cm	1817	1230	1463
Cromo Hexavalente (VI)	mg/L	<0.007	<0.007	<0.007
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO_5)	mg/L	13.69	<2.00	////
**Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO_5)	mg/L	////	////	<2.00
Demanda Química de oxígeno (DQO)	O_2 mg/L	134.7	21.8	27.3
Fenoles	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001
Fluoruros (F^-)	F^- mg/L	0.12	0.36	0.61
Nitratos	NO_3^- - N mg/L	57.11	4.430	////
**Nitratos	NO_3^- - N mg/L	////	////	7.140
Nitritos	NO_2^- - N mg/L	22.46	0.009	////
**Nitritos	NO_2^- - N mg/L	////	////	0.013
Oxígeno Disuelto OD	O_2 mg/L	6.5	8.5	6.7
**pH	Unid. pH	9.87	3.01	3.40
SAAM (Detergentes)	mg/L	<0.050	<0.050	<0.050
Sólidos suspendidos totales (TSS)	mg/L	23.1	227.3	906.6
Sulfatos	$SO_4^=$ mg/L	296.3	540.6	968.5
Turbiedad	NTU	32	1470	////
**Turbiedad	NTU	////	////	80750
**Numeración de Coliformes Totales	NMP/100mL	<1.8	<1.8	<1.8
**Numeración de Coliformes Fecales(1)	NMP/100mL	<1.8	<1.8	<1.8

Medición de conductividad y pH realizada a 25ºC.

**El resultado del método de ensayo indicado se encuentra fuera del alcance de acreditación otorgada por el INACAL-DA debido a que la muestra no es idónea para el ensayo, por haber superado el tiempo de perecibilidad.

(1) Coliformes Fecales es lo mismo que coliformes termotolerantes.

////: Ensayo no realizado

Blgo. Roger Aparicio Estrada
C.B.P. N° 7403
Asesor Técnico Biológico

Quím. Belbeth Y. Fajardo León
C.Q.P. N° 648
Asesor Técnico Químico

EXPERTS WORKING FOR YOU

* El método indicado no ha sido acreditado por INACAL-DA

SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. (SMEWW)-APHA-AWWA-WEF. 22nd. Edition 2012. EPA: U.S. Environmental Protection Agency. ASTM: American Society for Testing and Materials. NTP: Norma Técnica Peruana

OBSERVACIONES: Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. Solo es válido para las muestras referidas en el presente informe.

Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendarios de haber ingresado la muestra al laboratorio.

NOTA: Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.
Laboratorio Av. Naciones Unidas Nº 1565 - Urb. Chacra Ríos Norte - Lima 01 - Perú. Central Telefónica (511) 425-7227 - 425-6885 - 425-5564 - 425 - 6047 | MÓVIL 994 976 442
Website www.sagperu.com Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com | laboratorio@sagperu.com

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-047

INFORME DE ENSAYO N° 111742-2017
CON VALOR OFICIAL

II. RESULTADOS:

Producto declarado			Agua residual	Agua residual	Agua residual
Matriz analizada			Agua residual	Agua residual	Agua residual
Fecha de muestreo			2017-04-01	2017-04-11	2017-04-10
Hora de inicio de muestreo (h)			18:22	05:50	16:30
Condiciones de la muestra			Refrigerada y preservada	Refrigerada y preservada	Refrigerada y preservada
Código del Cliente			DETOX	ARD - 1	ARD - 2
Código del Laboratorio			1704142	1704918	1704919
Ensayo	L.D.M.	Unidades	Resultados		
Metales totales					
Aluminio (Al)	0.01	mg/L	3.53	40.44	253.8
Arsénico (As)	0.001	mg/L	0.575	0.111	2.817
Boro (B)	0.002	mg/L	0.032	<0.002	<0.002
Bario (Ba)	0.002	mg/L	0.003	0.039	0.444
Berilio (Be)	0.0003	mg/L	<0.0003	0.0028	0.0069
Cadmio (Cd)	0.0004	mg/L	<0.0004	0.0438	0.0965
Cobalto (Co)	0.0005	mg/L	0.0241	0.1594	0.1615
Cromo (Cr)	0.0004	mg/L	0.0014	0.0050	0.1729
Cobre (Cu)	0.0007	mg/L	1.343	3.766	15.56
Hierro (Fe)	0.002	mg/L	1.377	45.04	181.6
Mercurio (Hg)	0.001	mg/L	0.337	<0.001	0.135
Litio (Li)	0.003	mg/L	<0.003	0.023	0.042
Magnesio (Mg)	0.04	mg/L	0.21	30.18	26.79
Manganeso (Mn)	0.0005	mg/L	0.0134	18.06	19.86
Níquel (Ni)	0.0006	mg/L	0.0112	0.1068	0.1145
Plomo (Pb)	0.0005	mg/L	0.0093	0.0357	1.620
Selenio (Se)	0.003	mg/L	0.015	0.003	<0.003
Zinc (Zn)	0.002	mg/L	0.041	6.271	11.71

L.D.M.: Límite de detección del método

Quím. Belbeth Y. Fajardo León
C.Q.P N° 648
Asesor Técnico Químico

EXPERTS WORKING FOR YOU

* El método indicado no ha sido acreditado por INACAL-DA

SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. (SMEWW)-APHA-AWWA-WEF. 22nd. Edition 2012. **EPA:** U.S. Environmental Protection Agency. **ASTM:** American Society for Testing and Materials. **NTP:** Norma Técnica Peruana
OBSERVACIONES: Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. Sólo es válido para las muestras referidas en el presente informe. Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendarios de haber ingresado la muestra al laboratorio.
NOTA: Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.
Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 – Urb. Chacra Ríos Norte - Lima 01 - Perú. Central Telefónica (511) 425-7227 - 425-6885 - 425-5564 - 425 - 6047 | MÓVIL 994 976 442
Website www.sagperu.com Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com | laboratorio@sagperu.com

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-047

INFORME DE ENSAYO N° 111742-2017
CON VALOR OFICIAL

II. RESULTADOS:

Producto declarado			Agua residual	Agua residual	Agua residual
Matriz analizada			Agua residual	Agua residual	Agua residual
Fecha de muestreo			2017-04-01	2017-04-11	2017-04-10
Hora de inicio de muestreo (h)			18:22	05:50	16:30
Condiciones de la muestra			Refrigerada y preservada	Refrigerada y preservada	Refrigerada y preservada
Código del Cliente			DETOX	ARD - 1	ARD - 2
Código del Laboratorio			1704142	1704918	1704919
Ensayo	L.D.M.	Unidades	Resultados		
Metales disueltos					
Hierro (Fe)	0.002	mg/L	1.050	3.617	1.320

L.D.M.: Límite de detección del método

Lima, 28 de Abril del 2017

Quím. Belbein Y. Fajardo León
C.Q.P. N° 648
Asesor Técnico Químico

EXPERTS WORKING FOR YOU

Cod.:FI 02/Versión: 06/F.E.09/2015

* El método indicado no ha sido acreditado por INACAL-DA

SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, (SMEWW)-APHA-AWWA-WEF. 22nd. Edition 2012. **EPA:** U.S. Environmental Protection Agency. **ASTM:** American Society for Testing and Materials. **NTP:** Norma Técnica Peruana
OBSERVACIONES: Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. Sólo es válido para las muestras referidas en el presente informe. Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendarios de haber ingresado la muestra al laboratorio.
NOTA: Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.
Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 - Urb. Chacra Ríos Norte - Lima 01 - Perú. Central Telefónica (511) 425-7227 - 425-6865 - 425-5564 - 425 - 6847 | MÓVIL 994 976 442
Website www.sagperu.com Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com | laboratorio@sagperu.com

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.
SAG
EXPERTS WORKING FOR YOU

INFORME DE ENSAYO Nº 111780-2017

RAZÓN SOCIAL	: J. CESAR INGENIEROS & CONSULTORES S.A.C.
DOMICILIO LEGAL	: AV. LA PAZ NRO. 1381 URB. MIRAFLORES (A DOS CUADRAS DE LARCO) LIMA - LIMA - MIRAFLORES
SOLICITADO POR	: MALCOLM GALLARDO
REFERENCIA	: RESERVADO POR EL CLIENTE
PROCEDENCIA	: MINA EL TORO
FECHA DE RECEPCIÓN	: 2017-04-04
FECHA DE INICIO DE ENSAYOS	: 2017-04-04
MUESTREADO POR	: J. CESAR INGENIEROS & CONSULTORES S.A.C.

I. METODOLOGÍA DE ENSAYO:

Ensayo	Método	L.C.	Unidades
Cianuro WAD	SM 4500-CN⁻ I,E. Cyanide. Weak Acid Dissociable Cyanide/Colorimetric Method.	0.005	mg/L
Cianuro Total	SM 4500 CN⁻ C,E. Cyanide. Total Cyanide after Distillation. Colorimetric Method.	0.005	mg/L

L.C.: límite de cuantificación.

Quím. Beibeth Y. Fajardo León
C.Q.P. N° 648
Asesor Técnico Químico

SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, (SMEWW) -APHA-AWWA-WEF, 22nd Edition 2012 **EPA:** U.S. Environmental Protection Agency. **ASTM:** American Society for Testing and Materials - **NTP:** Norma Técnica Peruana
OBSERVACIONES: Está prohibido la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. Sólo es válido para las muestras referidas en el presente informe.
Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendarios de haber ingresado la muestra al laboratorio.

NOTA: Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificacion de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Av. Naciones Unidas N° 1565 Chacra Rios Norte - Lima 01 - Perú Central Telefónica: 511 425 7227 / 425 6885 RPC: 994976442 Nextel: 98-109*1133
Website: www.sagperu.com E-mail:sagperu@sagperu.com, laboratorio@sagperu.com

Cod: FI01
Version:08
F.E: 08/2016

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.
SAG
EXPERTS WORKING FOR YOU

INFORME DE ENSAYO Nº 111780-2017

II. RESULTADOS:

Producto declarado		Agua residual	Agua residual	Agua residual	Agua residual
Matriz analizada		Agua residual	Agua residual	Agua residual	Agua residual
Fecha de muestreo		2017-04-03	2017-04-03	2017-04-03	2017-04-03
Hora de inicio de muestreo (h)		16:30	16:45	17:00	17:15
Condiciones de la muestra		Refrigerada y preservada	Refrigerada y preservada	Refrigerada y preservada	Refrigerada y preservada
Código del Cliente		DETOX 1-1-M1	DETOX 1-1-M2	DETOX 1-1-M3	DETOX 1-1-M4
Código del Laboratorio		1704247	1704248	1704249	1704250
Ensayos	Unidades	Resultados			
Cianuro WAD	mg/L	14.84	7.19	6.86	7.58
Cianuro Total	mg/L	19.68	11.09	10.43	10.14

Producto declarado		Agua residual
Matriz analizada		Agua residual
Fecha de muestreo		2017-04-03
Hora de inicio de muestreo (h)		17:30
Condiciones de la muestra		Refrigerada y preservada
Código del Cliente		DETOX 1-1-M5
Código del Laboratorio		1704251
Ensayos	Unidades	Resultados
Cianuro WAD	mg/L	7.46
Cianuro Total	mg/L	10.6

Nota: este documento al ser emitido sin el simbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por el INACAL-DA.

Autorizo sean remitidos estos ensayos al margen de la acreditación declarando conocer que no serán acreditados.

Lima, 25 de Abril del 2017

Quím. Baibeth Y. Fajardo León
C.Q.P. N° 648
Asesor Técnico Químico

SAG S.A.C.

CADENA DE CUSTODIA DE MONITOREO - DE AGUAS Y SUELOS

FR - 005
Versión: 05
F.E: 10/2016

Página.....de.....

OS: 166260

Cliente: JC INGENIEROS SAC Contacto: Malcolm Gallardo E-mail: malcolmg@hotmail.com Teléfono(s): 986959531

Lugar: MINA EL TORO Empresa: LOS ANDES GOLD Planta: EL TORO Proyecto: PRUEBA DE LABORATORIO - PROYECTO EL TORO

Carta/Cotización: 2017-034-49-4-2

MUESTREADO POR SAG | MUESTREADO POR CLIENTE

PUNTO DE MUESTREO ó CÓDIGO DEL CLIENTE	MUESTREO: FECHA	MUESTREO: HORA	TIPO DE MATRIZ	PARAMETROS IN SITU	ANALISIS DE LABORATORIO: CN- total	ANALISIS DE LABORATORIO: CN- WAD	Nº Informe: 111780-2017 CÓDIGO DE LABORATORIO	DATOS ADICIONALES
DETOX1-1-T1	2017/04/03	16:30	Agua Residual		✓	✓	1704247	
DETOX1-1-T2	2017/04/03	16:45	Agua Residual		✓	✓	1704248	
DETOX1-1-T3	2017/04/03	17:00	Agua Residual		✓	✓	1704249	
DETOX1-1-T4	2017/04/03	17:15	Agua Residual		✓	✓	1704250	
DETOX1-1-T5	2017/04/03	17:30	Agua Residual		✓	✓	1704251	

RECIBIDO 04 ABR 2017 SAG

INFORME IMPRESO 02 MAR 2017

(CN- total) y (CN- WAD) agotados, por volumen insuficiente.

Observaciones de Muestreo: Se adiciono a la muestra peroxido de hidrogeno y Sulfato de Cobre con inyección de aire constante

Nombre(s) y Apellido(s) del Responsable del muestreo: Malcolm Gallardo Firma(s):

Nombre(s) y Apellido(s) del Responsable o Supervisor en campo: Malcolm Gallardo Firma(s):

Recibido en laboratorio: 4 PM

Dia/Hora: 01 h 40 min

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.
SAG
EXPERTS WORKING FOR YOU

INFORME DE ENSAYO Nº 111781-2017

RAZÓN SOCIAL	: J. CESAR INGENIEROS & CONSULTORES S.A.C.
DOMICILIO LEGAL	: AV. LA PAZ NRO. 1381 URB. MIRAFLORES (A DOS CUADRAS DE LARCO) LIMA - LIMA - MIRAFLORES
SOLICITADO POR	: MALCOLM GALLARDO
REFERENCIA	: RESERVADO POR EL CLIENTE
PROCEDENCIA	: MINA EL TORO
FECHA DE RECEPCIÓN	: 2017-04-04
FECHA DE INICIO DE ENSAYOS	: 2017-04-04
MUESTREADO POR	: J. CESAR INGENIEROS & CONSULTORES S.A.C.

I. METODOLOGÍA DE ENSAYO:

Ensayo	Método	L.C.	Unidades
Cianuro WAD	SM 4500-CN⁻ I,E. Cyanide. Weak Acid Dissociable Cyanide/Colorimetric Method.	0.005	mg/L
Cianuro Total	SM 4500 CN⁻ C,E. Cyanide. Total Cyanide after Distillation. Colorimetric Method.	0.005	mg/L

L.C.: límite de cuantificación.

Quím. Belbeth Y. Fajardo León
C.Q.P. N° 648
Asesor Técnico Químico

SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. (SMEWW) -APHA-AWWA-WEF. 22nd Edition 2012. EPA: U.S. Environmental Protection Agency. ASTM: American Society for Testing and Materials - NTP: Norma Técnica Peruana
OBSERVACIONES: Está prohibido la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. Sólo es válido para las muestras referidas en el presente informe. Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendarios de haber ingresado la muestra al laboratorio.

NOTA: Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificacion de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Av. Naciones Unidas N° 1565 Chacra Ríos Norte - Lima 01 - Perú Central Telefónica: 511 425 7227 / 425 6885 RPC: 994976442 Nextel: 98-109*1133
Website: www.sagperu.com E-mail:sagperu@sagperu.com, laboratorio@sagperu.com

Cod: FI01
Version:08
F.E: 08/2016

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.
SAG
EXPERTS WORKING FOR YOU

INFORME DE ENSAYO Nº 111781-2017

II. RESULTADOS:

Producto declarado		Agua residual	Agua residual	Agua residual	Agua residual
Matriz analizada		Agua residual	Agua residual	Agua residual	Agua residual
Fecha de muestreo		2017-04-03	2017-04-03	2017-04-03	2017-04-03
Hora de inicio de muestreo (h)		17:33	17:48	18:03	18:18
Condiciones de la muestra		Refrigerada y preservada	Refrigerada y preservada	Refrigerada y preservada	Refrigerada y preservada
Código del Cliente		DETOX 1-2-M1	DETOX 1-2-M2	DETOX 1-2-M3	DETOX 1-2-M4
Código del Laboratorio		1704252	1704253	1704254	1704255
Ensayos	Unidades	Resultados			
Cianuro WAD	mg/L	10.62	9.78	9.58	10.08
Cianuro Total	mg/L	13.4	13.43	13.45	11.29

Producto declarado		Agua residual
Matriz analizada		Agua residual
Fecha de muestreo		2017-04-03
Hora de inicio de muestreo (h)		18:33
Condiciones de la muestra		Refrigerada y preservada
Código del Cliente		DETOX 1-2-M5
Código del Laboratorio		1704256
Ensayos	Unidades	Resultados
Cianuro WAD	mg/L	8.31
Cianuro Total	mg/L	13.8

Nota: este documento al ser emitido sin el simbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por el INACAL-DA.

Autorizo sean remitidos estos ensayos al margen de la acreditación declarando conocer que no serán acreditados.

Lima, 25 de Abril del 2017

Quím. Belbelly Y. Fajardo León
C.Q.P. N° 648
Asesor Técnico Químico

SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. (SMEWW) -APHA-AWWA-WEF. 22nd Edition 2012. EPA: U.S. Environmental Protection Agency. ASTM: American Society for Testing and Materials - NTP: Normas Técnica Peruana
OBSERVACIONES: Está prohibido la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. Sólo es válido para las muestras referidas en el presente informe. Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendarios de haber ingresado la muestra al laboratorio.

NOTA: Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificacion de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Av. Naciones Unidas N° 1565 Chacra Rios Norte - Lima 01 - Perú Central Telefónica: 511 425 7227 / 425 6885 RPC: 994976442 Nextel: 98-109*1133
Website: www.sagperu.com E-mail:sagperu@sagperu.com, laboratorio@sagperu.com

Cod: FI01
Version:08
F.E: 08/2016

SAG S.A.C.

CADENA DE CUSTODIA DE MONITOREO - DE AGUAS Y SUELOS

OS: 166260

FR - 005
Versión: 05
F.E: 10/2016

Página.....de .....

Cliente: JC INGENIEROS SAC Contacto: Malcolm Gallardo E-mail: malcolngg@hotmail.com Telef.(s) 986 959 531

Lugar: TRUJILLO - MINA EL TORO Empresa: LOS ANDES GOLD Planta: EL TORO Proyecto: PROYECTO EL TORO

Carta/Cotización: 2017-03VE-42-4-2 MUESTREADO POR SAG [ ] MUESTREADO POR CLIENTE [✓]

Nº Informe: 111781-2017

PUNTO DE MUESTREO ó CÓDIGO DEL CLIENTE	MUESTREO: FECHA	MUESTREO: HORA	TIPO DE MATRIZ	PARAMETROS IN SITU	ANALISIS DE LABORATORIO: Cn Total	ANALISIS DE LABORATORIO: Cn WAD	CÓDIGO DE LABORATORIO	DATOS ADICIONALES
DETOX1-2-IN1	2017/04/03	17:33	Agua Residual		✓	✓	1704252	
DETOX1-2-IN2	2017/04/03	17:48	Agua Residual		✓	✓	1704253	
DETOX1-2-IN3	2017/04/03	18:03	Agua Residual		✓	✓	1704254	
DETOX1-2-IN4	2017/04/03	18:18	Agua Residual		✓	✓	1704255	
DETOX1-2-IN5	2017/04/03	18:33	Agua Residual		✓	✓	1704256	

CN- TOTAL y CN WAD adicional por volumen insuficiente.

RECIBIDO 04 ABR 2017 SAC

INFORME IMPRESO 02 MAY. 2017

Observaciones de Muestreo: Se adiciono a la muestra peroxido de hidrogeno y Sulfato de Cobre (a doble Concentracion respecto al DETOX1-1) con inyección de aire constante

Nombre(s) y Apellido(s) del Responsable del muestreo: Malcolm Gallardo Firma(s):

Nombre(s) y Apellido(s) del Responsable o Supervisor en campo: Malcolm Gallardo Firma(s):

Recibido en laboratorio: APM

Dia/Hora: 01h 40min

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-047

INFORME DE ENSAYO Nº 111782-2017
CON VALOR OFICIAL

RAZÓN SOCIAL	: J. CESAR INGENIEROS & CONSULTORES S.A.C.
DOMICILIO LEGAL	: AV. LA PAZ NRO. 1381 URB. MIRAFLORES (A DOS CUADRAS DE LARCO) LIMA - LIMA - MIRAFLORES
SOLICITADO POR	: MALCOLM GALLARDO
REFERENCIA	: RESERVADO POR EL CLIENTE
PROCEDENCIA	: MINA EL TORO
FECHA DE RECEPCIÓN	: 2017-04-04
FECHA DE INICIO DE ENSAYOS	: 2017-04-04
MUESTREADO POR	: J. CESAR INGENIEROS & CONSULTORES S.A.C.

I. METODOLOGÍA DE ENSAYO:

Ensayo	Método	L.C.	Unidades
Aceites y grasas (HEM)	EPA-821-R-10-001 Method 1664 Rev. B. N-Hexane Extractable Material (HEM; Oil and Grease) and Silica Gel Treated N-Hexane Extractable Material (SGT-HEM; Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry. 2010	0.5[a]	mg/L
Cianuro WAD	SM 4500-CN⁻ I,E. Cyanide. Weak Acid Dissociable Cyanide/Colorimetric Method.	0.005	mg/L
Cianuro Total	SM 4500 CN⁻ C,E. Cyanide. Total Cyanide after Distillation. Colorimetric Method.	0.005	mg/L
Cromo Hexavalente (VI)	SM 3500-Cr- B / EPA-SW-846, Method 7196A. Chromiun Hexavalent (Colorimetric). 2012/1992	0.007	mg/L
Sulfatos	SM 4500 SO_4^{2-} E. Sulfate. Turbidimetric Method.	1.00	$SO_4^{=}$ mg/L
Sólidos suspendidos totales (TSS)	SM 2540 D. Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C.	3.00	mg/L
Metales totales (Aluminio, Arsénico, Bario, Boro, Berilio, Cadmio, Cromo, Cobalto, Cobre, Hierro, Plomo, Litio, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Níquel, Selenio, Zinc).	EPA Method 200.7, Rev.4.4. EMMC Version. Determination of Metals and trace Elements in Water and Wates by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry. 1994	---	mg/L
Metales disueltos (Hierro).	EPA Method 200.7, Rev.4.4. EMMC Version. Determination of Metals and trace Elements in Water and Wates by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry. 1994	---	mg/L

L.C.: límite de cuantificación.

(a) Expresado como límite de detección del método.

Quím. Belbeth Y. Fajardo León
C.O.P. N° 648
Asesor Técnico Químico

EXPERTS WORKING FOR YOU

* El método indicado no ha sido acreditado por INACAL-DA

SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. (SMEWW)-APHA-AWWA-WEF. 22nd. Edition 2012. **EPA:** U.S. Environmental Protection Agency. **ASTM:** American Society for Testing and Materials. **NTP:** Norma Técnica Peruana

OBSERVACIONES: Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. Sólo es válido para las muestras referidas en el presente informe.

Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendarios de haber ingresado la muestra al laboratorio.

NOTA: Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.
Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 - Urb. Chacra Ríos Norte - Lima 01 - Perú. Central Telefónica (511) 425-7227 - 425-6865 - 425-5564 - 425 - 6047 | MÓVIL 994 976 442
Website www.sagperu.com Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com | laboratorio@sagperu.com

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-047

INFORME DE ENSAYO Nº 111782-2017
CON VALOR OFICIAL

II. RESULTADOS:

Producto declarado		Agua residual
Matriz analizada		Agua residual
Fecha de muestreo		2017-04-03
Hora de inicio de muestreo (h)		19:45
Condiciones de la muestra		Refrigerada y preservada
Código del Cliente		DETOX 1-3
Código del Laboratorio		1704257
Ensayos	Unidades	Resultados
**Aceites y grasas (HEM)	mg/L	6.3
**Cianuro WAD	mg/L	9.02
**Cianuro Total	mg/L	11.49
**Cromo Hexavalente (VI)	mg/L	<0.007
Sulfatos	$SO_4^=$ mg/L	533.6
**Sólidos suspendidos totales (TSS)	mg/L	<3.00

**El resultado del método de ensayo indicado se encuentra fuera del alcance de acreditación otorgada por el INACAL-DA debido a que la muestra no es idónea para el ensayo, por haber sido recepcionado con volumen insuficiente.

Quím. Beliseth Y. Fajardo León
C.Q.P. N° 648
Asesor Técnico Químico

EXPERTS WORKING FOR YOU

* El método indicado no ha sido acreditado por INACAL-DA

SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, (SMEWW)-APHA-AWWA-WEF, 22nd, Edition 2012. EPA: U.S. Environmental Protection Agency. ASTM: American Society for Testing and Materials. NTP: Norma Técnica Peruana

OBSERVACIONES: Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. Sólo es válido para las muestras referidas en el presente informe.

Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendarios de haber ingresado la muestra al laboratorio.

NOTA: Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.
Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 - Urb. Chacra Ríos Norte - Lima 01 - Perú. Central Telefónica (511) 425-7227 - 425-6885 - 425-5564 - 425 - 6047 | MÓVIL 994 976 442
Website www.sagperu.com Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com | laboratorio@sagperu.com

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-047

INFORME DE ENSAYO Nº 111782-2017
CON VALOR OFICIAL

II. RESULTADOS:

Producto declarado			Agua residual
Matriz analizada			Agua residual
Fecha de muestreo			2017-04-03
Hora de inicio de muestreo (h)			19:45
Condiciones de la muestra			Refrigerada y preservada
Código del Cliente			DETOX 1-3
Código del Laboratorio			1704257
Ensayo	L.D.M.	unidades	Resultados
****Metales totales**			
Aluminio (Al)	0.01	mg/L	1.63
Arsénico (As)	0.001	mg/L	0.040
Boro (B)	0.002	mg/L	0.037
Bario (Ba)	0.002	mg/L	<0.002
Berilio (Be)	0.0003	mg/L	<0.0003
Cadmio (Cd)	0.0004	mg/L	<0.0004
Cobalto (Co)	0.0005	mg/L	0.0226
Cromo (Cr)	0.0004	mg/L	0.0016
Cobre (Cu)	0.0007	mg/L	14.852
Hierro (Fe)	0.002	mg/L	1.042
Mercurio (Hg)	0.001	mg/L	0.248
Litio (Li)	0.003	mg/L	<0.003
Magnesio (Mg)	0.04	mg/L	0.45
Manganeso (Mn)	0.0005	mg/L	0.0010
Niquel (Ni)	0.0006	mg/L	0.0043
Plomo (Pb)	0.0005	mg/L	0.0042
Selenio (Se)	0.003	mg/L	0.014
Zinc (Zn)	0.002	mg/L	0.006

L.D.M.: límite de detección del método.

**El resultado del método de ensayo indicado se encuentra fuera del alcance de acreditación otorgada por el INACAL-DA debido a que la muestra no es idónea para el ensayo, por haber sido recepcionado con volumen insuficiente.

Quim. Belbeth Y. Fajardo León
C.Q.P. N° 648
Asesor Técnico Químico

EXPERTS WORKING FOR YOU

* El método indicado no ha sido acreditado por INACAL-DA

SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. (SMEWW)-APHA-AWWA-WEF. 22nd. Edition 2012. **EPA:** U.S. Environmental Protection Agency. **ASTM:** American Society for Testing and Materials. **NTP:** Norma Técnica Peruana

OBSERVACIONES: Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. Sólo es válido para las muestras referidas en el presente informe.

Las muestras serán conservadas de acuerdo al período de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendarios de haber ingresado la muestra al laboratorio.

NOTA: Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.
Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 - Urb. Chacra Ríos Norte - Lima 01 - Perú. Central Telefónica (511) 425-7227 - 425-6885 - 425-5564 - 425 - 6047 | MÓVIL 994 976 442
Website www.sagperu.com Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com | laboratorio@sagperu.com

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-047

INFORME DE ENSAYO N° 111782-2017
CON VALOR OFICIAL

II. RESULTADOS:

Producto declarado			Agua residual
Matriz analizada			Agua residual
Fecha de muestreo			2017-04-03
Hora de inicio de muestreo (h)			19:45
Condiciones de la muestra			Refrigerada y preservada
Código del Cliente			DETOX 1-3
Código del Laboratorio			1704257
Ensayo	L.D.M.	unidades	Resultados
****Metales disueltos**			
Hierro (Fe)	0.002	mg/L	0.878

L.D.M.: límite de detección del método.

**El resultado del método de ensayo indicado se encuentra fuera del alcance de acreditación otorgada por el INACAL-DA debido a que la muestra no es idónea para el ensayo, por haber sido recepcionado con volumen insuficiente.

Lima, 25 de Abril del 2017

Quím. Belbeth Y. Fajardo León
C.Q.P. N° 648
Asesor Técnico Químico

EXPERTS WORKING FOR YOU

* El método indicado no ha sido acreditado por INACAL-DA

SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, (SMEWW)-APHA-AWWA-WEF. 22nd. Edition 2012. EPA: U.S. Environmental Protection Agency. ASTM: American Society for Testing and Materials. NTP: Norma Técnica Peruana

OBSERVACIONES: Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. Sólo es válido para las muestras referidas en el presente informe.

Las muestras serán conservadas de acuerdo al período de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendarios de haber ingresado la muestra al laboratorio.

NOTA: Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.
Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 - Urb. Chacra Ríos Norte - Lima 01 - Perú. Central Telefónica (511) 425-7227 - 425-6885 - 425-5564 - 425 - 6047 | MÓVIL 994 976 442
Website www.sagperu.com Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com | laboratorio@sagperu.com

SAG S.A.C.

CADENA DE CUSTODIA DE MONITOREO - DE AGUAS Y SUELOS

05: 166260

FR - 005
Versión: 05
F.E: 10/2015

Página.....de.....

Cliente: JC INGENIEROS SAC Contacto: Malcolm Gallardo E-mail: malolmgg@hotmail.com Telef.(s) 986-959-531

Lugar: TRUJILLO - MINA EL TORO Empresa: LOS ANDES GOLD Planta: EL TORO Proyecto: Proyecto el toro

Carta/Cotización: 2017-03DE-42-4-2

MUESTREADO POR SAG | MUESTREADO POR CLIENTE ✓

PUNTO DE MUESTREO ó CÓDIGO DEL CLIENTE	MUESTREO: FECHA	MUESTREO: HORA	TIPO DE MATRIZ	PARAMETROS IN SITU	ANALISIS DE LABORATORIO: Hg ICP	TSS	CrVI	Cn-Total	Co-WAD	SO4	Metales Disueltos Totales	AyG	CÓDIGO DE LABORATORIO	DATOS ADICIONALES
Defora-3	2017/04/03	19:45	Agua Residual		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	1704257	

Nº Informe: 111782-2017

TSS, CrVI, Cn Total, Co WAD, Met. T., Met. D. y AyG no fdoreo, por volumen insuficiente.

Recibido 04 ABR 2017 SAG

INFORME IMPRESO 02 MAY. 2017

Observaciones de Muestreo: Se adiciona a la muestra peroxido de hidrogeno y Sulfato ferrico, con inyeccion de aire constante y posterior filtrado

Nombre(s) y Apellido(s) del Responsable del muestreo: Malcolm Gallardo Firma(s):

Nombre(s) y Apellido(s) del Responsable o Supervisor en campo: Malcolm Gallardo. Firma(s):

Recibido en laboratorio: APM

Día/Hora: 01h40min

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.
SAG
EXPERTS WORKING FOR YOU

INFORME DE ENSAYO Nº 111783-2017

RAZÓN SOCIAL	: J. CESAR INGENIEROS & CONSULTORES S.A.C.
DOMICILIO LEGAL	: AV. LA PAZ NRO. 1381 URB. MIRAFLORES (A DOS CUADRAS DE LARCO) LIMA - LIMA - MIRAFLORES
SOLICITADO POR	: MALCOLM GALLARDO
REFERENCIA	: RESERVADO POR EL CLIENTE
PROCEDENCIA	: MINA EL TORO
FECHA DE RECEPCIÓN	: 2017-04-04
FECHA DE INICIO DE ENSAYOS	: 2017-04-04
MUESTREADO POR	: J. CESAR INGENIEROS & CONSULTORES S.A.C.

I. METODOLOGÍA DE ENSAYO:

Ensayo	Método	L.C.	Unidades
Cianuro WAD	SM 4500-CN⁻ I,E. Cyanide. Weak Acid Dissociable Cyanide/Colorimetric Method.	0.005	mg/L
Cianuro Total	SM 4500 CN⁻ C,E. Cyanide. Total Cyanide after Distillation. Colorimetric Method.	0.005	mg/L

L.C.: límite de cuantificación.

Quím. Belbeth Y. Fajardo León
C.Q.P. N° 648
Asesor Técnico Químico

SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. (SMEWW) -APHA-AWWA-WEF. 22nd Edition 2012. EPA: U.S. Environmental Protection Agency. ASTM: American Society for Testing and Materials - NTP: Norma Técnica Peruana
OBSERVACIONES: Está prohibido la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. Sólo es válido para las muestras referidas en el presente informe. Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendarios de haber ingresado la muestra al laboratorio.

NOTA: Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificacion de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Av. Naciones Unidas N° 1565 Chacra Rios Norte - Lima 01 - Perú Central Telefónica: 511 425 7227 / 425 6885 RPC: 994976442 Nextel: 98-109*1133
Website: www.sagperu.com E-mail:sagperu@sagperu.com, laboratorio@sagperu.com

Cod: FI01
Version:08
F.E: 06/2016

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.
SAG
EXPERTS WORKING FOR YOU

INFORME DE ENSAYO Nº 111783-2017

II. RESULTADOS:

Producto declarado		Agua residual	Agua residual	Agua residual	Agua residual
Matriz analizada		Agua residual	Agua residual	Agua residual	Agua residual
Fecha de muestreo		2017-04-03	2017-04-03	2017-04-03	2017-04-03
Hora de inicio de muestreo (h)		21:20	21:35	21:50	22:05
Condiciones de la muestra		Refrigerada y preservada	Refrigerada y preservada	Refrigerada y preservada	Refrigerada y preservada
Código del Cliente		DETOX 2-1-M1	DETOX 2-1-M2	DETOX 2-1-M3	DETOX 2-1-M4
Código del Laboratorio		1704258	1704259	1704260	1704261
Ensayos	Unidades	Resultados			
Cianuro WAD	mg/L	3.150	0.080	0.070	0.072
Cianuro Total	mg/L	11.64	2.700	2.360	2.440

Producto declarado		Agua residual
Matriz analizada		Agua residual
Fecha de muestreo		2017-04-03
Hora de inicio de muestreo (h)		22:20
Condiciones de la muestra		Refrigerada y preservada
Código del Cliente		DETOX 2-1-M5
Código del Laboratorio		1704262
Ensayos	Unidades	Resultados
Cianuro WAD	mg/L	0.092
Cianuro Total	mg/L	2.010

Nota: este documento al ser emitido sin el simbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por el INACAL-DA.

Autorizo sean remitidos estos ensayos al margen de la acreditación declarando conocer que no serán acreditados.

Lima, 26 de Abril del 2017

Quím. Belbelin Y. Fajardo León
C.Q.P. N° 648
Asesor Técnico Químico

SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. (SMEWW) -APHA-AWWA-WEF. 22nd Edition 2012 EPA: U.S. Environmental Protection Agency. ASTM: American Society for Testing and Materials - NTP: Norma Técnica Peruana
OBSERVACIONES: Está prohibido la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. Sólo es válido para las muestras referidas en el presente informe.
Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendarios de haber ingresado la muestra al laboratorio.

NOTA: Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificacion de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Av. Naciones Unidas N° 1565 Chacra Rios Norte - Lima 01 - Perú Central Telefónica: 511 425 7227 / 425 6885 RPC: 994976442 Nextel: 98-109*1133
Website: www.sagperu.com E-mail:sagperu@sagperu.com, laboratorio@sagperu.com

Cod: FI01
Version:08
F.E: 09/2016

SAG S.A.C.

CADENA DE CUSTODIA DE MONITOREO - DE AGUAS Y SUELOS

OS-166260

FR - 005
Versión: 05
F.E: 10/2016

Página.....de .....

Cliente: JC INGENIEROS SAC Contacto: Malcolm Gallardo E-mail: malcolmgg@hotmail.com Telef.(s) 986-959-531

Lugar: TRUJILLO - MINA EL TORO Empresa: LOS ANDES GOLD Planta: EL TORO Proyecto: PROYECTO EL TORO

Carta/Cotización: 2017-0306-42-4-2 MUESTREADO POR SAG MUESTREADO POR CLIENTE ✓

PUNTO DE MUESTREO ó CÓDIGO DEL CLIENTE	MUESTREO: FECHA	MUESTREO: HORA	TIPO DE MATRIZ	PARAMETROS IN SITU	ANALISIS DE LABORATORIO: CN- total	ANALISIS DE LABORATORIO: CN- WAD	Nº Informe: 111783-2017 CÓDIGO DE LABORATORIO	DATOS ADICIONALES
DETOX2-1-M1	2017/04/03	21:20	Agua Residual		✓	✓	1704258	
DETOX2-1-M2	2017/04/03	21:35	Agua Residual		✓	✓	1704259	
DETOX2-1-M3	2017/04/03	21:50	Agua Residual		✓	✓	1704260	
DETOX2-1-M4	2017/04/03	22:05	Agua Residual		✓	✓	1704261	
DETOX2-1-M5	2017/04/03	22:20	Agua Residual		✓	✓	1704262	

CN WAD y CN TOTAL no aplica por Volumen insuficiente.

RECIBIDO 04 ABR 2017 SAC

INFORME IMPRESO 02 MAY. 2017

Observaciones de Muestreo: Se adiciono a la muestra metabisulfito de sodio y Sulfato de Cobre con inyección de aire constante.

Nombre(s) y Apellido(s) del Responsable del muestreo: Malcolm Gallardo Firma(s):

Nombre(s) y Apellido(s) del Responsable o Supervisor en campo: Malcolm Gallardo Firma(s):

Recibido en laboratorio: AP01

Dia/Hora: 01h 40 min

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.
SAG
EXPERTS WORKING FOR YOU

INFORME DE ENSAYO Nº 111784-2017

RAZÓN SOCIAL	: J. CESAR INGENIEROS & CONSULTORES S.A.C.
DOMICILIO LEGAL	: AV. LA PAZ NRO. 1381 URB. MIRAFLORES (A DOS CUADRAS DE LARCO) LIMA - LIMA - MIRAFLORES
SOLICITADO POR	: MALCOLM GALLARDO
REFERENCIA	: RESERVADO POR EL CLIENTE
PROCEDENCIA	: MINA EL TORO
FECHA DE RECEPCIÓN	: 2017-04-04
FECHA DE INICIO DE ENSAYOS	: 2017-04-04
MUESTREADO POR	: J. CESAR INGENIEROS & CONSULTORES S.A.C.

I. METODOLOGÍA DE ENSAYO:

Ensayo	Método	L.C.	Unidades
Cianuro WAD	SM 4500-CN⁻ I,E. Cyanide. Weak Acid Dissociable Cyanide/Colorimetric Method.	0.005	mg/L
Cianuro Total	SM 4500 CN⁻ C,E. Cyanide. Total Cyanide after Distillation. Colorimetric Method.	0.005	mg/L

L.C.: límite de cuantificación.

Quím. Belbeth Y. Fajardo León
C.Q.P. N° 648
Asesor Técnico Químico

SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. (SMEWW) -APHA-AWWA-WEF. 22nd Edition 2012. EPA: U.S. Environmental Protection Agency. ASTM: American Society for Testing and Materials - NTP: Norma Técnica Peruana
OBSERVACIONES: Está prohibido la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. Sólo es válido para las muestras referidas en el presente informe.
Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendarios de haber ingresado la muestra al laboratorio.

NOTA: Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificacion de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la unidad que lo produce.

Av. Naciones Unidas N° 1585 Chacra Rios Norte - Lima 01 - Perú Central Telefónica: 511 425 7227 / 425 6885 RPC: 994976442 Nextel: 98-109*1133
Website: www.sagperu.com E-mail:sagperu@sagperu.com, laboratorio@sagperu.com

Cod: FI01
Version:08
F.E: 08/2016

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.
SAG
EXPERTS WORKING FOR YOU

INFORME DE ENSAYO Nº 111784-2017

II. RESULTADOS:

Producto declarado		Agua residual	Agua residual	Agua residual	Agua residual
Matriz analizada		Agua residual	Agua residual	Agua residual	Agua residual
Fecha de muestreo		2017-04-03	2017-04-03	2017-04-03	2017-04-03
Hora de inicio de muestreo (h)		22:25	22:40	22:55	23:10
Condiciones de la muestra		Refrigerada y preservada	Refrigerada y preservada	Refrigerada y preservada	Refrigerada y preservada
Código del Cliente		DETOX 2-2-M1	DETOX 2-2-M2	DETOX 2-2-M3	DETOX 2-2-M4
Código del Laboratorio		1704263	1704264	1704265	1704266
Ensayos	Unidades	Resultados			
Cianuro WAD	mg/L	17.58	0.088	0.075	0.078
Cianuro Total	mg/L	21.09	2.560	2.210	2.300

Producto declarado		Agua residual
Matriz analizada		Agua residual
Fecha de muestreo		2017-04-03
Hora de inicio de muestreo (h)		23:25
Condiciones de la muestra		Refrigerada y preservada
Código del Cliente		DETOX 2-2-M5
Código del Laboratorio		1704267
Ensayos	Unidades	Resultados
Cianuro WAD	mg/L	0.083
Cianuro Total	mg/L	2.500

Nota: este documento al ser emitido sin el simbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por el INACAL-DA.

Autorizo sean remitidos estos ensayos al margen de la acreditación declarando conocer que no serán acreditados.

Lima, 26 de Abril del 2017

Quím. Belbeth Y. Fajardo León
C.Q.P. N° 648
Asesor Técnico Químico

SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. (SMEWW) -APHA-AWWA-WEF. 22nd Edition 2012. EPA: U.S. Environmental Protection Agency. ASTM: American Society for Testing and Materials - NTP: Norma Técnica Peruana
OBSERVACIONES: Está prohibido la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. Sólo es válido para las muestras referidas en el presente informe
Las muestras serán conservadas de acuerdo al período de perecibilidad del parametro analizado con un máximo de 30 días calendarios de haber ingresado la muestra al laboratorio.

NOTA: Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificacion de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Av. Naciones Unidas N° 1565 Chacra Rios Norte - Lima 01 - Perú Central Telefónica: 511 425 7227 / 425 6885 RPC: 994976442 Nextel: 98-109*1133
Website: www.sagperu.com E-mail:sagperu@sagperu.com, laboratorio@sagperu.com

Cod: FI01
Version:08
F.E: 08/2016

SAC S.A.C.

CADENA DE CUSTODIA DE MONITOREO - DE AGUAS Y SUELOS

05: 166260

FR - 005
Versión: 05
F.E: 10/2016

Página.....de .....

Cliente: JC INGENIEROS SAC Contacto: Malcolm Gallardo E-mail: malcolmg@chotanet.com Telef.(s) 986-959-531

Lugar: TRUJILLO - MINA EL TORO Empresa: Los Andes Gold Planta: El Toro Proyecto: Proyecto El Toro

Carta/Cotización: 2017-03UE-42-4-2 MUESTREADO POR SAG [ ] MUESTREADO POR CLIENTE [✓]

PUNTO DE MUESTREO ó CÓDIGO DEL CLIENTE	MUESTREO: FECHA	MUESTREO: HORA	MUESTREO: TIPO DE MATRIZ	PARAMETROS IN SITU	ANALISIS DE LABORATORIO: CN- TOTAL	ANALISIS DE LABORATORIO: CN- WAD	Nº Informe: 111784-2017 CÓDIGO DE LABORATORIO	DATOS ADICIONALES
DETOX 2-2-T11	2017/04/03	22:25	Agua Residual		✓	✓	1704263	
DETOX 2-2-T12	2017/04/03	22:40	Agua Residual		✓	✓	1704264	
DETOX 2-2-T13	2017/04/03	22:55	Agua Residual		✓	✓	1704265	
DETOX 2-2-T14	2017/04/03	23:10	Agua Residual		✓	✓	1704266	
DETOX 2-2-T15	2017/04/03	23:25	Agua Residual		✓	✓	1704267	

CN. total y CN. WAD no ejecutado, por volumen insuficiente.

RECIBIDO 04 ABR 2017 SAC

INFORME IMPRESO 12 MAY. 2017

Observaciones de Muestreo: Se adiciona a la muestra metabisulfito de Sodio y Sulfato de Cobre (Doble concentración respecto al DETOX 2-1) con inyección de aire constante.

Nombre(s) y Apellido(s) del Responsable del muestreo: Malcolm Gallardo Firma(s):

Nombre(s) y Apellido(s) del Responsable o Supervisor en campo: Malcolm Gallardo Firma(s):

Recibido en laboratorio: APM

Día/Hora: 01h 40 min

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-047

INFORME DE ENSAYO Nº 111785-2017
CON VALOR OFICIAL

RAZÓN SOCIAL	: J. CESAR INGENIEROS & CONSULTORES S.A.C.
DOMICILIO LEGAL	: AV. LA PAZ NRO. 1381 URB. MIRAFLORES (A DOS CUADRAS DE LARCO) LIMA - LIMA - MIRAFLORES
SOLICITADO POR	: MALCOLM GALLARDO
REFERENCIA	: RESERVADO POR EL CLIENTE
PROCEDENCIA	: MINA EL TORO
FECHA DE RECEPCIÓN	: 2017-04-04
FECHA DE INICIO DE ENSAYOS	: 2017-04-04
MUESTREADO POR	: J. CESAR INGENIEROS & CONSULTORES S.A.C.

I. METODOLOGÍA DE ENSAYO:

Ensayo	Método	L.C.	Unidades
Aceites y grasas (HEM)	EPA-821-R-10-001 Method 1664 Rev. B. N-Hexane Extractable Material (HEM; Oil and Grease) and Silica Gel Treated N-Hexane Extractable Material (SGT-HEM; Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry. 2010	0.5(a)	mg/L
Cianuro WAD	SM 4500-CN⁻ I,E. Cyanide. Weak Acid Dissociable Cyanide/Colorimetric Method.	0.005	mg/L
Cianuro Total	SM 4500 CN⁻ C,E. Cyanide. Total Cyanide after Distillation. Colorimetric Method.	0.005	mg/L
Cromo Hexavalente (VI)	SM 3500-Cr- B / EPA-SW-846, Method 7196A. Chromium Hexavalent (Colorimetric). 2012/1992	0.007	mg/L
Sulfatos	SM 4500 SO_4^{2-} E. Sulfate. Turbidimetric Method.	1.00	$SO_4^{=}$ mg/L
Sólidos suspendidos totales (TSS)	SM 2540 D. Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C.	3.00	mg/L
Metales totales (Aluminio, Arsénico, Bario, Boro, Berilio, Cadmio, Cromo, Cobalto, Cobre, Hierro, Plomo, Litio, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Níquel, Selenio, Zinc).	EPA Method 200.7, Rev.4.4. EMMC Version. Determination of Metals and trace Elements in Water and Wates by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry. 1994	---	mg/L
Metales disueltos (Hierro).	EPA Method 200.7, Rev.4.4. EMMC Version. Determination of Metals and trace Elements in Water and Wates by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry. 1994	---	mg/L

L.C.: límite de cuantificación.

(a) Expresado como límite de detección del método.

Quím. Belben Y. Fajardo León
C.Q.P. N° 648
Asesor Técnico Químico

EXPERTS WORKING FOR YOU

* El método indicado no ha sido acreditado por INACAL-DA

SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. (SMEWW)-APHA-AWWA-WEF. 22nd. Edition 2012. EPA: U.S. Environmental Protection Agency. ASTM: American Society for Testing and Materials. NTP: Norma Técnica Peruana

OBSERVACIONES: Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. Sólo es válido para las muestras referidas en el presente informe.

Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendarios de haber ingresado la muestra al laboratorio.

NOTA: Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.
Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 - Urb. Chacra Ríos Norte - Lima 01 - Perú. Central Telefónica (511) 425-7227 - 425-6885 - 425-5564 - 425 - 6047 | MÓVIL 994 976 442
Website www.sagperu.com Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com | laboratorio@sagperu.com

Cod.:FI 02/Versión: 06/F.E:09/2015

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-047

INFORME DE ENSAYO Nº 111785-2017
CON VALOR OFICIAL

II. RESULTADOS:

Producto declarado		Agua residual
Matriz analizada		Agua residual
Fecha de muestreo		2017-04-04
Hora de inicio de muestreo (h)		01:20
Condiciones de la muestra		Refrigerada y preservada
Código del Cliente		DETOX 2-3
Código del Laboratorio		1704268
Ensayos	Unidades	Resultados
**Aceites y grasas (HEM)	mg/L	10.3
**Cianuro WAD	mg/L	0.027
**Cianuro Total	mg/L	0.801
**Cromo Hexavalente (VI)	mg/L	<0.007
Sulfatos	$SO_4^=$ mg/L	1360
**Sólidos suspendidos totales (TSS)	mg/L	45.20

**El resultado del método de ensayo indicado se encuentra fuera del alcance de acreditación otorgada por el INACAL-DA debido a que la muestra no es idónea para el ensayo, por haber sido recepcionado con volumen insuficiente.

Quím. Belbein Y. Fajardo León
C.Q.P. N° 648
Asesor Técnico Químico

EXPERTS WORKING FOR YOU

Cod.:FI 02/Versión: 06/F.E:09/2015

* El método indicado no ha sido acreditado por INACAL-DA

SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. (SMEWW)-APHA-AWWA-WEF. 22nd. Edition 2012. EPA: U.S. Environmental Protection Agency. ASTM: American Society for Testing and Materials. NTP: Norma Técnica Peruana

OBSERVACIONES: Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. Sólo es válido para las muestras referidas en el presente informe.

Las muestras serán conservadas de acuerdo al período de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendarios de haber ingresado la muestra al laboratorio.

NOTA: Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.
Laboratorio Av. Naciones Unidas Nº 1585 - Urb. Chacra Ríos Norte - Lima 01 - Perú. Central Telefónica (511) 425-7227 - 425-6885 - 425-5564 - 425 - 6947 | MÓVIL 994 976 442
Website www.sagperu.com Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com | laboratorio@sagperu.com

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-047

INFORME DE ENSAYO N° 111785-2017
CON VALOR OFICIAL

II. RESULTADOS:

Producto declarado			Agua residual
Matriz analizada			Agua residual
Fecha de muestreo			2017-04-04
Hora de inicio de muestreo (h)			01:20
Condiciones de la muestra			Refrigerada y preservada
Código del Cliente			DETOX 2-3
Código del Laboratorio			1704268
Ensayo	L.D.M.	unidades	Resultados
****Metales totales**			
Aluminio (Al)	0.01	mg/L	2.24
Arsénico (As)	0.001	mg/L	0.039
Boro (B)	0.002	mg/L	0.033
Bario (Ba)	0.002	mg/L	0.006
Berilio (Be)	0.0003	mg/L	<0.0003
Cadmio (Cd)	0.0004	mg/L	<0.0004
Cobalto (Co)	0.0005	mg/L	0.0199
Cromo (Cr)	0.0004	mg/L	0.0015
Cobre (Cu)	0.0007	mg/L	9.067
Hierro (Fe)	0.002	mg/L	0.347
Mercurio (Hg)	0.001	mg/L	0.183
Litio (Li)	0.003	mg/L	0.003
Magnesio (Mg)	0.04	mg/L	0.69
Manganeso (Mn)	0.0005	mg/L	0.0008
Níquel (Ni)	0.0006	mg/L	0.0010
Plomo (Pb)	0.0005	mg/L	0.0022
Selenio (Se)	0.003	mg/L	0.012
Zinc (Zn)	0.002	mg/L	0.005

L.D.M.: límite de detección del método.

**El resultado del método de ensayo indicado se encuentra fuera del alcance de acreditación otorgada por el INACAL-DA debido a que la muestra no es idónea para el ensayo, por haber sido recepcionado con volumen insuficiente.

Quím. Bejbeth Y. Fajardo León
C.Q.P. N° 648
Asesor Técnico Químico

EXPERTS WORKING FOR YOU

* El método indicado no ha sido acreditado por INACAL-DA

SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. (SMEWW)-APHA-AWWA-WEF. 22nd. Edition 2012. EPA: U.S. Environmental Protection Agency. ASTM: American Society for Testing and Materials. NTP: Norma Técnica Peruana

OBSERVACIONES: Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. Sólo es válido para las muestras referidas en el presente informe.

Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendarios de haber ingresado la muestra al laboratorio.

NOTA: Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.
Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 - Urb. Chacra Ríos Norte - Lima 01 - Perú. Central Telefónica (511) 425-7227 - 425-8085 - 425-5564 - 425 - 6047 | MÓVIL 994 976 442
Website www.sagperu.com Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com | laboratorio@sagperu.com

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-047

INFORME DE ENSAYO Nº 111785-2017
CON VALOR OFICIAL

II. RESULTADOS:

Producto declarado			Agua residual
Matriz analizada			Agua residual
Fecha de muestreo			2017-04-04
Hora de inicio de muestreo (h)			01:20
Condiciones de la muestra			Refrigerada y preservada
Código del Cliente			DETOX 2-3
Código del Laboratorio			1704268
Ensayo	L.D.M.	unidades	Resultados
****Metales disueltos**			
Hierro (Fe)	0.002	mg/L	<0.002

L.D.M.: límite de detección del método.

**El resultado del método de ensayo indicado se encuentra fuera del alcance de acreditación otorgada por el INACAL-DA debido a que la muestra no es idónea para el ensayo, por haber sido recepcionado con volumen insuficiente.

Lima, 26 de Abril del 2017

Quím. Betsen Y. Fajardo León
C.Q.P. N° 648
Asesor Técnico Químico

EXPERTS WORKING FOR YOU

* El método indicado no ha sido acreditado por INACAL-DA

SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. (SMEWW)-APHA-AWWA-WEF. 22nd. Edition 2012. **EPA:** U.S. Environmental Protection Agency. **ASTM:** American Society for Testing and Materials. **NTP:** Norma Técnica Peruana

OBSERVACIONES: Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. Sólo es válido para las muestras referidas en el presente informe.

Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendarios de haber ingresado la muestra al laboratorio.

NOTA: Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.
Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 - Urb. Chacra Ríos Norte - Lima 01 - Perú. Central Telefónica (511) 425-7227 - 425-6885 - 425-5564 - 426 - 6047 | MÓVIL 994 976 442
Website www.sagperu.com Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com | laboratorio@sagperu.com

SAC S.A.C.

CADENA DE CUSTODIA DE MONITOREO - DE AGUAS Y SUELOS

05:166260

FR - 005
Versión: 05
F.E: 10/2016

Página.....de .....

Cliente: JC INGENIEROS SAC Contacto: Malcolm Gallardo E-mail: malcolmgg@hotmail.com Telef.(s) 986-959-531

Lugar: TRUJILLO - MINA EL TORO Empresa: LOS ANDES GOLD Planta: EL TORO Proyecto: PROYECTO EL TORO

Carta/Cotización: 2017-0306-42-4-2 MUESTREADO POR SAG MUESTREADO POR CLIENTE ✓

PUNTO DE MUESTREO ó CÓDIGO DEL CLIENTE	MUESTREO: FECHA	MUESTREO: HORA	TIPO DE MATRIZ	PARAMETROS IN SITU	ANALISIS DE LABORATORIO: Hg	TSS	Cn VL	Cn Total	Cn WAD	SO4	Metales Disueltos	Metales Totales	AyG	Nº Informe: 111785-2017 CÓDIGO DE LABORATORIO	DATOS ADICIONALES
DEDX2-3	Mar/04/04	01:20	Agua Residual		X	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	1709268	

TSS, CNVL, CNT., CN WAD, Met. t, Met. D y AyG no idóneo, por volumen insuficiente.

RECIBIDO 04 ABR 2017 SAC

Observaciones de Muestreo: Se adiciono metabisulfito de sodio y sulfato ferrico; con inyección de aire constante y posterior filtrado

Nombre(s) y Apellido(s) del Responsable del muestreo: Malcolm Gallardo Firma(s):

Nombre(s) y Apellido(s) del Responsable o Supervisor en campo: Malcolm Gallardo Firma(s):

Recibido en laboratorio: APM

Dia/Hora: 01h40 min

SAG S.A.C.

CADENA DE CUSTODIA DE MONITOREO - DE AGUAS Y SUELOS

FR - 005
Versión: 05
F.E: 10/2018
Página 1 de 1

05:166188

Cliente: J. Cesar Ingenieros SAC. Contacto: Malcolm Gallardo E-mail: malcolmgg@hotmail.co Telef.(s) 986959531
Lugar: Mina El Toro Empresa: Los Andes Gold SAC. Planta: Proyecto: El Toro.
Carta/Cotización: 2017-03UE-98-1-4

MUESTREADO POR SAG [ ] MUESTREADO POR CLIENTE [X]

Nº Informe: 1117842-2017

PUNTO DE MUESTREO ó CÓDIGO DEL CLIENTE	MUESTREO: FECHA	MUESTREO: HORA	TIPO DE MATRIZ	PARAMETROS IN SITU: pH	Temp.	Conduct.	TDS	Turb.	ANALISIS DE LABORATORIO	CÓDIGO DE LABORATORIO	DATOS ADICIONALES
ARD-1	11/04	05:50am	Agua Residual	✓	✓	✓	✓	✓	✓	1704918	
ARD-2	10/04	04:30p	Agua Residual	✓	✓	✓	✓	✓	✓	1704919	

(ARD-2) pH, coliformes fecales, coliformes totales, DBO5, color, turbiedad, nitratos y nitritos no idóneo, por superar el tiempo de perecibilidad.

(ARD-1) pH, coliformes fecales y totales no idóneo, por superar el tiempo de perecibilidad.

INFORME IMPRESO 07 ABR. 2017

RECIBIDO 13 ABR 2017 SAG

Observaciones de Muestreo:

Nombre(s) y Apellido(s) del Responsable del muestreo: Malcolm Gallardo Firma(s):
Nombre(s) y Apellido(s) del Responsable o Supervisor en campo: Malcolm Gallardo Firma(s):

Recibido en laboratorio: APM
Día/Hora: 10:50 HRS

143

SAG S.A.C.

CADENA DE CUSTODIA DE MONITOREO - DE AGUAS Y SUELOS

OS: 166188

FR - 005
Versión: 05
F.E: 19/2016
Página 01 de 01

Cliente: JC INGENIEROS Contacto: MALCOLM GALLARDO E-mail: malcolmgg@hotmail.com Telef.(s) 986959531

Lugar: MINA EL TORO Empresa: LOS ANDES GOLD Planta: EL TORO Proyecto: EL TORO

Carta/Cotización: 2017-03VE-28-1-3-4 MUESTREADO POR SAG [ ] MUESTREADO POR CLIENTE [X]

Nº Informe: 111742-2017

PUNTO DE MUESTREO ó CÓDIGO DEL CLIENTE	MUESTREO: FECHA	MUESTREO: HORA	TIPO DE MATRIZ	PARAMETROS IN SITU: pH	Temp	O.D.	Cond.	T.D.S.	Sal.	ORP	ANALISIS DE LABORATORIO: A y G	Alcal. T.	Cl Total	Cl Libre	DBO5	DQO	SAAM	Fenoles (Nitritos)	SO4	pH (Fondo)	Cr+6	Icp Total	Cal-t	Cal-f	Cr VI	Met Dis	TSS	Conduct.	Color	Turbidez	CÓDIGO DE LABORATORIO	DATOS ADICIONALES
DETOX	01/04	06:22 pm	AR	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	1704142	

pH y coliformes fecales, totales no idóneo fue superado el tiempo de perecibilidad.

RECIBIDO 03 ABR 2017

Observaciones de Muestreo: AR: AGUA RESIDUAL
FALTO FRASCO PARA TSS, ANALIZAR CON MUESTRA DE OTRO FRASCO

Nombre(s) y Apellido(s) del Responsable del muestreo: MALCOLM GALLARDO Firma(s):

Nombre(s) y Apellido(s) del Responsable o Supervisor en campo: MALCOLM GALLARDO Firma(s):

Recibido en laboratorio: Día/Hora: 08:30 Hrs

110

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.
SAG
EXPERTS WORKING FOR YOU

INFORME DE ENSAYO Nº 111877-2017

RAZÓN SOCIAL	: J. CESAR INGENIEROS & CONSULTORES S.A.C.
DOMICILIO LEGAL	: AV. LA PAZ NRO. 1381 URB. MIRAFLORES (A DOS CUADRAS DE LARCO) LIMA - LIMA - MIRAFLORES
SOLICITADO POR	: MALCOLM GALLARDO
REFERENCIA	: PRUEBAS DE ENSAYO DETOX
PROCEDENCIA	: MINA EL TORO
FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS	: 2017-04-07
FECHA DE INICIO DE ENSAYOS	: 2017-04-07
MUESTREADO POR	: J. CESAR INGENIEROS & CONSULTORES S.A.C.

I. METODOLOGÍA DE ENSAYO:

SEDIMENTO			
Ensayo	Método	L.C.	Unidades
Metales (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Boro, Berilio, Cadmio, Calcio, Cerio, Cromo, Cobalto, Cobre, Hierro, Plomo, Litio, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Fósforo, Potasio, Selenio, Plata, Sodio, Estroncio, Talio, Estaño, titanio, Vanadio, Zinc).	EPA 3050-B (1996) / EPA-Method 200.7 Revision 4.4(1994). Acid Digestion of Sediments, Sludges, and Soils Revision 2 December 1996 / Determination of Metals and Trace Elements in water and wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry	---	mg/kg

L.C.: límite de cuantificación.

Quím. Belbeth Y. Fajardo León
C.Q.P. N° 648
Asesor Técnico Químico

SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. (SMEWW) -APHA-AWWA-WEF. 22nd Edition 2012. **EPA:** U.S. Environmental Protection Agency. **ASTM:** American Society for Testing and Materials - **NTP:** Norma Técnica Peruana
OBSERVACIONES: Está prohibido la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. Sólo es válido para las muestras referidas en el presente informe. Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendarios de haber ingresado la muestra al laboratorio.

NOTA: Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificacion de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Av. Naciones Unidas N° 1565 Chacra Ríos Norte - Lima 01 - Perú Central Telefónica: 511 425 7227 / 425 6885 RPC: 994976442 Nextel: 98-109*1133
Website: www.sagperu.com E-mail:sagperu@sagperu.com, laboratorio@sagperu.com

Cod: FI01
Version:08
F.E: 08/2016

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.
SAG
EXPERTS WORKING FOR YOU

INFORME DE ENSAYO Nº 111877-2017

II. RESULTADOS

Producto declarado			Suelo	Suelo
Matriz analizada			Suelo	Suelo
Fecha de muestreo			2017-04-03	2017-04-03
Hora de inicio de muestreo (h)			19:30	02:00
Condiciones de la muestra			Conservada	Conservada
Código del Cliente			DETOX-1	DETOX-2
Código del Laboratorio			1704572	1704573
Ensayo	L.D.M.	unidades	Resultados	
Metales				
Plata (Ag)	0.07	mg/kg	<0.07	32.29
Aluminio (Al)	1.4	mg/kg	6329.2	7154.8
Arsénico (As)	0.1	mg/kg	1579.1	1287.1
Boro (B)	0.2	mg/kg	<0.2	<0.2
Bario (Ba)	0.2	mg/kg	23.8	42.5
Berilio (Be)	0.03	mg/kg	0.04	0.06
Calcio (Ca)	4.7	mg/kg	>40000	>40000
Cadmio (Cd)	0.04	mg/kg	15.39	13.70
Cerio (Ce)	0.2	mg/kg	22.4	26.5
Cobalto (Co)	0.05	mg/kg	1.50	2.07
Cromo (Cr)	0.04	mg/kg	22.71	18.90
Cobre (Cu)	0.1	mg/kg	>5000	>5000
Hierro (Fe)	0.2	mg/kg	>20000	>20000
Mercurio (Hg)	0.1	mg/kg	177.8	96.9
Potasio (K)	4.3	mg/kg	236.8	413.8
Litio (Li)	0.3	mg/kg	5.2	11.3
Magnesio (Mg)	4.4	mg/kg	>10000	>10000
Manganeso (Mn)	0.05	mg/kg	81.6	119.0
Molibdeno (Mo)	0.2	mg/kg	3.7	<0.2
Sodio (Na)	2.3	mg/kg	1995.5	4251.5
Niquel (Ni)	0.06	mg/kg	74.74	87.17
Fósforo (P)	0.3	mg/kg	>6000	0.4
Plomo (Pb)	0.06	mg/kg	106.2	72.3
Antimonio (Sb)	0.2	mg/kg	170.6	101.9
Selenio(Se)	0.3	mg/kg	<0.3	<0.3
Estaño (Sn)	0.1	mg/kg	2.9	2.7
Estroncio (Sr)	0.1	mg/kg	143.5	259.4
Titanio (Ti)	0.03	mg/kg	104.60	235.30
Talio(Tl)	0.3	mg/kg	<0.3	<0.3
Vanadio (V)	0.04	mg/kg	17.13	21.90
Zinc (Zn)	0.2	mg/kg	294.7	263.6
Oro(Au)	1.0	mg/kg	15.3	25.5

L.D.M.: límite de detección del método.

Nota: este documento al ser emitido sin el simbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por el INACAL-DA.
Autorizo sean remitidos estos ensayos al margen de la acreditación declarando conocer que no serán acreditados.

Lima, 19 de Abril del 2017

Quím. Beberli Y. Fajardo León
C.Q.P. N° 648
Asesor Técnico Químico

SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. (SMEWW) -APHA-AWWA-WEF. 22nd Edition 2012. **EPA:** U.S. Environmental Protection Agency. **ASTM:** American Society for Testing and Materials - **NTP:** Norma Técnica Peruana
OBSERVACIONES: Está prohibido la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. Sólo es válido para las muestras referidas en el presente informe. Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendarios de haber ingresado la muestra al laboratorio.

NOTA: Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificacion de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Av. Naciones Unidas N° 1565 Chacra Rios Norte - Lima 01 - Perú Central Telefónica: 511 425 7227 / 425 6885 RPC: 994976442 Nextel: 98-109*1133
Website: www.sagperu.com E-mail:sagperu@sagperu.com, laboratorio@sagperu.com

Cod: FI01
Version:08
F.E: 08/2016

SAG S.R.C.

CADENA DE CUSTODIA DE MONITOREO - DE AGUAS Y SUELOS

05/.166290

FR - 045
Versión: 03
F.E: 10/2016
Página 1 de 1

Cliente: J. C INGENIEROS & consultores Contacto: Malcolm Gallardo E-mail: — Telef.(s) —

Lugar: — Empresa: — Planta: — Proyecto: —

Carta/Cotización: 2017-04VE-10-1 MUESTREADO POR SAG [ ] MUESTREADO POR CLIENTE [X]

Nº Informe: 111877-2017

PUNTO DE MUESTREO ó CÓDIGO DEL CLIENTE	MUESTREO: FECHA	MUESTREO: HORA	TIPO DE MATRIZ	PARAMETROS IN SITU	ANALISIS DE LABORATORIO: Metales Totales (ICP-MS)	CÓDIGO DE LABORATORIO	DATOS ADICIONALES
DETOX-1	03/04	19:30	Sedimento		X	1704572	
DETOX-2	04/04	02:00	Sedimento		X	1704573	

Metales Totales no idóneo, por volumen insuficiente.

INFORME IMPRESO 24/04/2017 (11:37am)

RECIBIDO 07 ABR 2017 SAG

Observaciones de Muestreo: Muestras provienen de precipitados de pruebas de ensayo (test batch) de destrucción de cianuro con H_2O_2 y Metas. sulfato de sodio.

Nombre(s) y Apellido(s) del Responsable del muestreo: MALCOLM GALLARDO Firma(s):

Nombre(s) y Apellido(s) del Responsable o Supervisor en campo: MALCOLM GALLARDO Firma(s):

Recibido en laboratorio: APM

Dia/Hora: 08:00 Hrs

Anexo B: PANEL FOTOGRÁFICO

Foto N° 01. Insumos Químicos utilizados



Foto N° 02. Soluciones para pruebas



Foto N° 03. Prueba N° 1 de Coagulación Floculación



Foto N° 04. Prueba N° 1 Jarras 3 y 4, se observa flocs sin sedimentar en la solución

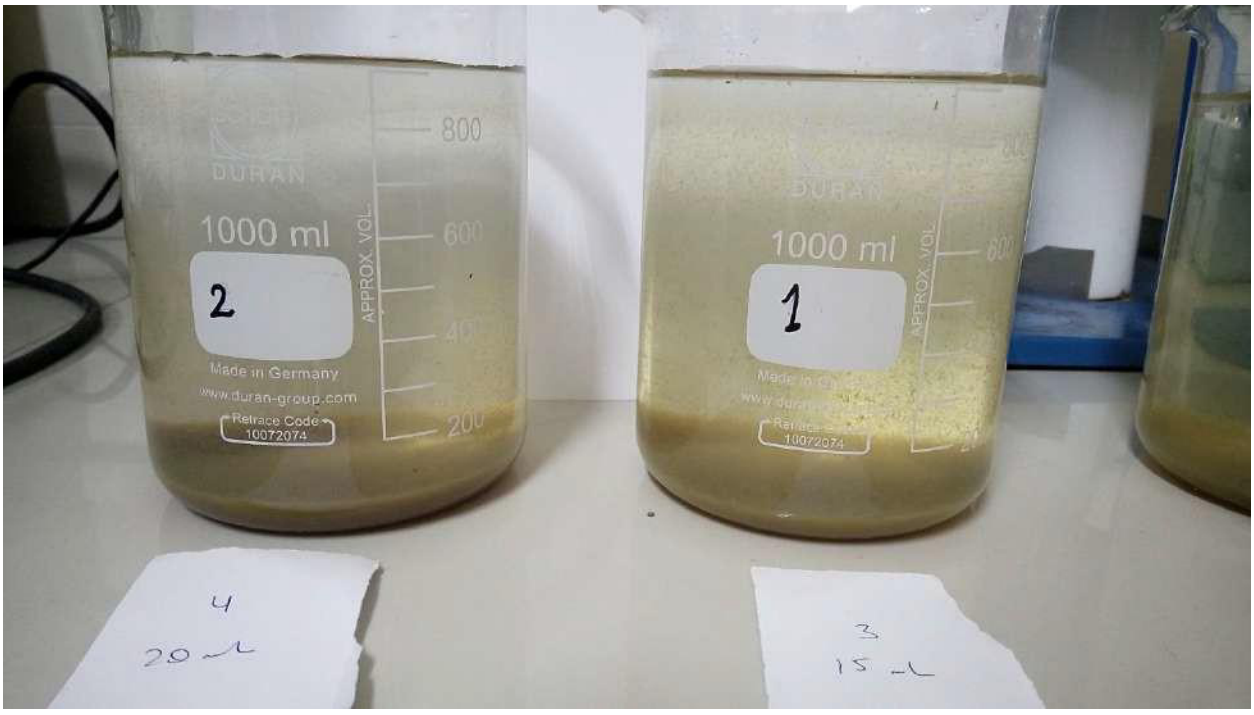


Foto N° 05. Prueba N° 2 Coagulación/Floculación



Foto N° 06. Jarra 1 de Prueba N° 2 se observa solución casi cristalina



Foto N° 07. Vaso con dosis óptima de Sulfato Férrico luego de sedimentación



Foto N° 10. Detalle de Prueba Detoxificación Cianuro con Peróxido de Hidrógeno



Foto N° 11. Filtración de precipitados en Prueba Detox. Se observa filtrado cristalino



Foto N° 12. Detalle de Prueba Detoxificación Cianuro con Metabisulfito de Sodio



Foto N° 13. Detalle durante proceso de filtración, a la derecha se observa el vaso con solución sin filtrar, a la izquierda el filtrado en el otro vaso de coloración cristalina



Foto N° 12. Toma de muestras. Preparación de Muestra Compuesta en Planta Mina El Toro

