

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis

**Reducción de cobre de efluentes mineros
mediante el método redox en la provincia de
Lurín-Lima-2018**

Nehemias Obed Camargo Colquechagua

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Ambiental

Huancayo, 2019

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Obra protegida bajo la licencia de [Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Perú](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/peru/)

ASESOR

Ing. Edwin Paucar Palomino

AGRADECIMIENTO

Con mucho agradecimiento a la Universidad Continental por ser mi alma máter en mi formación profesional, en especial a la E.A.P. de Ingeniería Ambiental; también quiero agradecer al Consorcio Stockholm Mining S.A.C., por demostrar un compromiso con la conservación del ambiente, por permitir que desarrolle la tesis en sus infraestructuras; de igual modo al laboratorio acreditado de la empresa Certificaciones y calidad S.A.C. por brindarme los análisis de las muestras tomadas en el interior de la mina.

También un sincero agradecimiento al Ing. Edwin Paucar Palomino por la asesoría en toda la realización de la tesis, agradecer a la Ing. Ruth Echegaray Contreras y a la Lic. Karina Horna García por impartir sus conocimientos a lo largo del proceso de la investigación, también al Tec. Oswaldo Albino Rojas, por su apoyo incondicional con el desarrollo de la presente tesis desde el enfoque técnico y por el interés con el cumplimiento de los compromisos ambientales convenientes de la empresa.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo con todo mi cariño a lo máspreciado que Dios me pudo dar, a mi madre que lucha diariamente por mi bienestar y sobresalir en la vida, a mi padre por el esfuerzo que hace para darme lo mejor y por apoyarme en todo momento de la vida para ser fuerte y perseverante, y sobre todo a Dios con quien mantengo viva mi fe y me alienta a seguir adelante a pesar de las pruebas que nos da la vida.

ÍNDICE

PORTADA.....	I
ASESOR	II
AGRADECIMIENTO	III
DEDICATORIA.....	IV
ÍNDICE	V
LISTA DE TABLAS	VII
LISTA DE FIGURAS.....	VIII
RESUMEN.....	IX
ABSTRACT.....	X
INTRODUCCIÓN.....	XI
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO.....	13
1.1. Planteamiento y formulación del problema	13
1.1.1. Planteamiento del problema.....	13
1.1.2. Formulación del problema	15
1.2. Objetivos.....	15
1.2.1. Objetivo general	15
1.2.2. Objetivos específicos.....	16
1.3. Justificación e importancia	16
1.3.1. Justificación práctica	16
1.3.2. Justificación metodológica	16
1.3.3. Justificación científica.....	16
1.3.4. Importancia.....	17
1.4. Hipótesis y variables.....	17
1.4.1. Hipótesis de investigación	17
1.4.2. Hipótesis nula	17
1.4.3. Hipótesis alternativa	17
1.4.4. Operacionalización de las variables	18
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	19
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	19
2.1.1. Artículos Científicos.....	19
2.1.2. TESIS	21
2.1.3. DIVULGACIONES	23
2.2. BASES TEÓRICAS	27
2.2.1. Fundamentos teóricos de la investigación	27
2.2.1.1. Metales Pesados	27
2.2.1.2. Contaminación por metales pesados	28
2.2.1.3. Remoción de los Metales Pesados	28
2.2.1.4. Métodos empleados para la Remoción de Metales Pesados	29
2.2.1.5. COBRE	33
2.2.1.6. MINERALES OXIDADOS DEL COBRE	37
2.2.1.7. Oxidación del cobre.....	38
2.2.1.8. El agua	38
2.2.1.9. Aguas Ácidas.....	45
2.2.1.10. Método Redox	47
2.2.1.11. Aguas residuales industriales.....	48
2.2.1.12. Tratamiento de aguas residuales industriales.....	50
2.2.1.13. Diagrama de Pourbaix	51
2.2.2. Fundamentos metodológicos de la investigación	54
2.2.2.1. Tratamiento No Convencional de Reducción y Oxidación	54
2.2.2.2. Legislación aplicable	55
2.2.3. Modelo teórico de la investigación	56
2.3. Definición de términos	57

CAPÍTULO III METODOLOGÍA.....	59
3.1. Método, tipo y nivel de la investigación.....	59
3.1.1. Métodos de la investigación.....	59
3.1.1.1. . Método general.....	59
3.1.1.2. . Método específico.....	59
3.1.2. Tipo de la investigación.....	61
3.1.3. Nivel de la investigación.....	61
3.2. Diseño de la investigación.....	61
3.3. Población y muestra.....	62
3.3.1. Población.....	62
3.3.2. Muestra.....	62
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	63
3.4.1. Técnicas de recolección de datos.....	63
3.4.2. Instrumentos de recolección de datos.....	63
3.5. Técnicas de análisis y procesamiento de datos.....	63
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	64
4.1. Resultados de la investigación.....	64
4.1.1. Fase de Oxidación.....	64
4.1.2. Fase de Alcalinización.....	65
4.1.3. Fase de reducción.....	65
4.1.4. Fase de coagulación y floculación.....	66
4.1.5. Resultados de Caracterización de efluentes contaminados por cobre sin ningún tratamiento:.....	67
4.1.6. Resultados del Efluente Contaminado por Cobre después de haber aplicado el Método de Redox.....	67
4.1.7. Comparación entre los resultados y el ECA.....	68
4.2. Prueba de Hipótesis.....	68
4.2.1. Para la fase de oxidación.....	68
4.2.2. Para la fase de reducción.....	71
4.3. Discusión de resultados.....	73
CONCLUSIONES.....	76
RECOMENDACIONES.....	77
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	78
ANEXOS.....	84

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Diseño del Experimento al Azar	62
Tabla 2: Resultados de los tratamientos con H_2O_2	64
Tabla 3. Resultados con la adición de óxido de calcio (CaO) en fase acuosa.	65
Tabla 4. Resultados con la adición de NaSH en fase acuosa	65
Tabla 5. Resultados promedio de la Caracterización de los Metales Pesados encontrados en el agua contaminada.	67
Tabla 6. Resultados del efluente tratado por el método de redox	67
Tabla 7. Comparación entre los resultados y el Estándares de Calidad Ambiental (ECA)	68
Tabla 8. Resultados de la dosis de H_2O_2 y el cobre removido	69
Tabla 9. Prueba de normalidad de Shapiro Wilk.....	70
Tabla 10. Resultados del índice de correlación	70
Tabla 11. Prueba de ANOVA	70
Tabla 12. Resultados de la dosis de NaHS y el cobre removido	71
Tabla 13. Prueba de normalidad de Shapiro Wilk.....	72
Tabla 14. Resultados del índice de correlación	73
Tabla 15. Prueba de ANOVA	73

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Relave abandonado	14
Figura 2: Efluentes contaminados por la actividad minera	14
Figura 3: Procesos de adsorción, absorción e intercambio iónico.....	29
Figura 4: Métodos de tecnologías de tratamiento completo	30
Figura 5. Proceso de Coagulación en las partículas coloidales.	31
Figura 6. Ciclo del agua	43
Figura 7. Solubilidad de hidróxidos metálicos en relación al pH.....	46
Figura 8: Sistemas de Tratamiento Pasivo-Activo	46
Figura 9. Celda Electrolítica.	52
Figura 10. Diagrama de Pourbaix del Agua	54
Figura 11: Metodología seguida en la investigación	56
Figura 12. Correlación logarítmica entre la Dosis y remoción de cobre	69
Figura 13. Correlación logarítmica entre la Dosis de NaSH y remoción de cobre.	72

RESUMEN

Objetivo: Reducir el cobre a través del método de redox de los efluentes contaminados por los procesos mineros en la provincia de Lurín 2018. **Métodos:** Método deductivo y analítico, es observacional, de tipo aplicado y nivel correlacional, de diseño pre experimental de corte transversal; el método aplicado de acuerdo al tratamiento del efluente fue redox y para una determina cantidad de reactivos tratantes que se realizó en la prueba de jarras previa a la caracterización de la muestra contaminada por el cobre. **Resultados:** el método usado es óptimo ya que se redujo el Cu, dando como resultados de concentración del contaminante sin tratar es de 8,011 y del efluente tratado es de 0,0009, se obtuvo un resultado positivo ($R_o = 0.894$) correspondiente al método de tratamiento de los efluentes residuales industriales generados en el interior de la mina. **Conclusiones:** La reducción del cobre a través del método de redox de los efluentes contaminados por los procesos mineros en la provincia de Lurín 2018 fue de un 99.47% logrando mantener a la concentración por debajo de los estándares de calidad ambiental del agua, considerando un pH de 9.

ABSTRACT

Objective: Reduce copper through the redox method of effluents contaminated by mining processes in the province of Lurín 2018. **Methods:** Deductive and analytical method, it is observational, of applied type and correlational level, of pre-experimental cross-sectional design; the method applied according to the treatment of the effluent was redox and for a determined amount of treating reagents that was carried out in the jar test prior to the characterization of the sample contaminated by copper. **Results:** the method used is optimal since the Cu was reduced, giving as results of concentration of the untreated contaminant is of 8.011 and of the treated effluent is 0.0009, a positive result was obtained ($R_o = 0.894$) corresponding to the method of treatment of industrial waste effluents generated inside the mine. **Conclusions:** The reduction of copper through the redox method of effluents contaminated by mining processes in the province of Lurin 2018 was 99.47%, achieving a concentration below the environmental quality standards of water, considering a pH of 9.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad la normativa ambiental peruana se está volviendo más exigente, preventiva y correctiva con respecto a la posible contaminación que se pueda dar durante cualquier tipo de proceso.

En el mundo minero, particularmente en la industria de explotación polimetálica, destaca el uso de reactivos extractores tales como agentes depresores de pirita a base de Carboxy Metil Celulosa (CMC) y cianuro de sodio, espumante, colectores (xantatos), entre otros.

No obstante, el uso de este químico genera sub-productos tales como disulfuro de carbono y carbonatos, además de la disolución de metales pesados tales como cobre, hierro, zinc, cadmio, etc.

La relavera recibe agua de interior de mina No 1 y No 2, cuya característica de pH va a depender del tipo de mineral que van a explotar para la producción de concentrados finales, y estos van a depender del nivel de material piritoso presente en la materia prima, ya que, en base a lo mencionado, obtendrá un pH ácido (con presencia de metales disueltos elevados)

De esta manera, la normativa peruana e internacional establece la necesidad de llevar estos agentes químicos hasta límites tolerables al medio ambiente, reduciéndolo por debajo de los límites máximos permisibles.

En el caso de la planta de procesos, la extracción de los metales pesados por flotación requiere el uso de estos químicos extractores, produciendo un efluente que deberá ser tratado antes de ser dispuesto para forestación y/o vertimiento al medio ambiente. El objetivo final es llegar a valores que estén por debajo de lo que exige el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.

En el capítulo I contiene el problema en relación a la generación de aguas con una carga de contaminantes criterios de los procesos de la actividad minera, se formuló los problemas y objetivos de la investigación e hipótesis; adicional a ello también están las justificaciones y la importancia como un conocimiento científico frente a una problemática, de igual manera se realizó el cuadro de operacionalización de las variables en correlación de la Ingeniería Ambiental.

En el capítulo II contiene los antecedentes detallados de acuerdo al tema de investigación, así como también fundamentos teóricos y metodológicos, teniendo como complemento a la definición de términos respecto al estudio; abarcando el marco legislativo. De acuerdo a

las bases teóricas se llevó a realizar un modelo teórico adecuado para el estudio con el objeto de lograr un aporte científico y académico.

En el capítulo III se describe la metodología de la investigación, tomando en cuenta una información apropiada, adicionalmente la delimitación de la población y muestra, también se realizó la recolección de datos adecuados, el análisis y tratamiento óptimo para la tesis.

En el capítulo IV se evidencian los resultados de la presente investigación, también el análisis y comprobación estadística y técnica, indicando que el desarrollo de la prueba de jarras en relación a la dosis y concentración adecuada de los reactivos, se optimizó el tratamiento del efluente industrial generado por los procesos mineros, evidenciando un porcentaje de eficiencia en la remoción del cobre.

El autor

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las aguas contaminadas por procesos mineros son un problema a nivel internacional, ha generado impactos negativos como forestación, contaminación de suelos y aguas, ya que después de llevarse a cabo el proceso de las actividades, estos efluentes son vertidos sin ningún tratamiento ni son supervisadas como debe ser. El problema corresponde a los Pasivos Ambientales Mineros y más en específico a los Relaves Mineros. En las últimas décadas, Chile se ha consolidado como el mayor productor mundial de cobre, pasando de un 14% de la producción mundial en 1960 a un 32% en 2012, representando el 13% del Producto Interno Bruto y el 60% de las exportaciones hacia el extranjero. Prácticamente todo el suelo del norte de Chile está asociado a una concesión minera y solo una parte está siendo utilizada en esta actividad, por lo que la problemática socio ambiental que ésta industria genera hoy tenderá a aumentar en el futuro (1).

Figura 1: Relave abandonado



Fuente: CAROCA (1).

A nivel nacional, las actividades mineras son un gran problema de contaminación, estudios realizados en Cerro de Pasco, El Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) está realizando acciones de supervisión ante el derrame de relaves mineros ocurrido en la unidad minera Huarón, de Pan American Silver Perú S.A.C, ubicada en el distrito de Huayllay, provincia y departamento de Pasco. Durante la supervisión realizada por el OEFA se constató que el derrame ya fue controlado por la empresa y a su vez se viene verificando la ejecución del Plan de Contingencia ante la emergencia ambiental suscitada. La autoridad de fiscalización ambiental informará oportunamente los resultados de la supervisión que se realizan. Cabe señalar que Pan American Silver Perú S.A.C tiene entre sus productos la plata, cobre, plomo y zinc (2).

Figura 2: Efluentes contaminados por la actividad minera



Fuente: GESTION (2).

A nivel local, en Lurín, cerca de 9 años han transcurrido en el río Lurín que está siendo afectado por aguas residuales industriales, las cuales provienen de relaves ubicados en la zona de las palmas, según relatos de pobladores aledaños comentan que hay presencia de mosquitos, y esto sucede precisamente en el asentamiento humano Julio C. Tello, siendo afectada en esta zona aproximadamente 30 mil pobladores de los 24 sectores, debido a que sus aguas contaminadas desembocan en el mencionado río, siendo un peligro más contaminante para los pobladores que viven en los alrededores. Pues la salud de los niños y adultos está en riesgo por la contaminación. Estas aguas residuales muestran un color verdoso amarillento, y tienen un olor nauseabundo, el mismo que se siente por la margen del río y en la misma población que pernoctan en las riberas del mencionado río del distrito de Lurín. (5)

1.1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

A) Problema general

¿De qué manera influye el método redox en la remoción del cobre de efluentes contaminados por los procesos mineros en la provincia de Lurín 2018?

B) Problemas específicos

¿Cuánto es la concentración del cobre y el pH presente en los efluentes contaminados por los procesos mineros en la provincia de Lurín 2018?

¿Cómo determinar la reducción de la concentración del cobre a través del tratamiento de redox de los efluentes contaminados por los procesos mineros en la provincia de Lurín 2018?

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar el nivel de remoción del método de redox para la remoción del cobre de los efluentes contaminados por los procesos mineros en la provincia de Lurín 2018.

1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Cuantificar la concentración del cobre y el pH de los efluentes contaminados por los procesos mineros de la provincia de Lurín 2018.
- Determinar la reducción de la concentración del cobre a través del tratamiento de redóx de los efluentes contaminados por los procesos mineros en la provincia de Lurín 2018.

1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

1.3.1. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

La investigación muestra un problema que genera un impacto ambiental negativo en los recursos hídricos en la región de Lurin, para lo cual se plantea un método alternativo para reducir la contaminación dada por presencia de cobre soluble en los efluentes de los procesos mineros asociado a la calidad del agua.

1.3.2. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA

Esta investigación se justifica, los resultados validados de los análisis de las muestras analizadas y presentados de un laboratorio, la cual en potencia da una solución a un problema efectivo (reducción de la concentración de un metal pesado en específico); esta investigación presenta una viabilidad económica, ambiental y social, por lo tanto, se puede replicar en diferentes instituciones y ser útil para las personas interesadas en estos temas de investigación de modo que se pueda obtener alcances respecto de la sostenibilidad en un medio específico.

1.3.3. JUSTIFICACIÓN CIENTÍFICA

El agua contaminada por los procesos mineros en la provincia de Lurín presenta un pH ácido y con el método de alcalinización alteramos el pH a alcalino y con el método de redóx minimizamos la concentración del cobre, generando resultados verídicos, cumpliendo con la normativa nacional Estándares de Calidad del Agua (ECA), Límites Máximos Permisibles (LMP). Reflejando un aporte científico y pueda ser trascendental con el tiempo para nuevas generaciones partiendo del análisis observacional.

1.3.4. IMPORTANCIA

La investigación tiene importancia debido a que propone una metodología mixta de reducción y oxidación que optimiza la reducción de cobre en los efluentes de procesos mineros llegando a niveles por debajo de los límites máximos permisibles.

1.4. HIPÓTESIS Y VARIABLES

1.4.1. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

H1: El método de redóx influye en la reducción del cobre de los efluentes contaminados por los procesos mineros en la provincia de Lurín 2018.

1.4.2. HIPÓTESIS NULA

H0: El método redóx no influye en la reducción del cobre de los efluentes contaminados por los procesos mineros en la provincia de Lurín 2018.

1.4.3. HIPÓTESIS ALTERNATIVA

Ha: El método químico influye en forma significativa en la reducción del cobre de los efluentes contaminados por los procesos mineros en la provincia de Lurín 2018

1.4.4. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

Variables	Tipo de Variable	Conceptualización	Categorías o Dimensiones	Indicadores
Reducción de cobre	Dependiente	Consiste en la reducción de la concentración del cobre se encuentra en los efluentes contaminados por la actividad minera.	Concentración de cobre Estándar de calidad ambiental (cuerpos receptores) Proceso de generación de cobre	Concentración inicial y final del cobre (mg/L) D.S. 004-2017-MINAN (Categoría III/ Cu) Producción minera (Proceso de Circuito de lavado)
Método redóx	Independiente	Consiste en un tratamiento no convencional de las aguas residuales industriales que reduce la concentración de metales pesados.	Estandarización del pH Alternativa de reducción de impacto ambiental.	Reducción del nivel de contaminación.

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. ARTÍCULOS CIENTÍFICOS

Artículo 1

El artículo científico de Aquino, P (2017), que tiene como título “Impactos ambientales y sociales en minería y metalurgia”, cuyo objetivo fue estudiar la evaluación del impacto ambiental de los recursos hídricos y humanos de una minera a través de sus aspectos históricos y actividades de explotación. La investigación conduce a los tipos de métodos de explotación que se utilizaban en las minas, en la época virreinal, iniciando en 1537. Uno de ellos es el “Método de amalgamación en barriles”, construido por Ignacio Amoroto (Quirivilca, 1789) y los principales impactos por la explotación minera en la época colonial, como fue la contaminación por metales pesados afectando a la salud humana. Debido a la creación de fundiciones en diversas regiones de parte sierra del Perú, como es Cerro de Pasco (Fundición Smelter en Tinyahuarco operando desde 1907 hasta 2017, se diseñaron para procesar cobre, plata y oro; generando sus operaciones un buen auge financiero pero a la vez provocó una contaminación en el aire, suelos y la salud humana), La Oroya (Fundición de Copper Corporation operando desde 1922, fueron especialmente diseñadas para procesar metal polimetálico, causando contaminación en 3 ríos como son Rimac, Mantaro y San Juan). El trabajo que aporta es el conocimiento en los procesos de creación y explotación minera así como los diferentes factores que pueden generar un impacto ambiental, alterando el equilibrio en el ecosistema de los seres vivos. (6)

Artículo 2

El artículo científico de Tejada – Tovar, C (2015), que tiene como título “Adsorción de metales pesados en aguas residuales usando materiales de origen biológico”, cuyo objetivo es la eliminación de los metales pesados en aguas residuales teniendo como alternativa al método de la Bioadsorción. La investigación conduce al tratamiento de las aguas residuales a través del método de la Bioadsorción. El trabajo aporta una alternativa de un método biológico de eficiente con capacidad eficiente de adsorción, de bajo costo de implementación y fácil acceso. (7)

Artículo 3

El artículo científico de Loayza, R (2015), que tiene como título “Extenso - Daños ambientales de la minería en el Perú: ¿Qué hacer con ellos?”, cuyo objetivo es la evaluación y análisis de los daños ambientales, así como también la gestión para el cambio para evitar y controlar los daños ambientales. La investigación conduce al origen, mecanismos e impactos de los daños ambientales ocasionados por la minería, así como también aspectos legales y normativos sobre el control de esta actividad. El trabajo aporta una concientización de los daños ambientales causados por la actividad de la minería, y cómo controlarlos a través de las normas legales. (8)

Artículo 4

El artículo científico de Puig, S (2019), que tiene como título “Los sistemas bioelectroquímicos (BES) como tratamiento alternativo de nitrógeno de aguas contaminadas”, cuyo objetivo es reducir los actuales costes ligados al tratamiento de nitrógeno tanto en aguas residuales como en aguas subterráneas. La investigación conduce al tratamiento de amonio y de nitrato mediante BES (Sistemas bioelectroquímicos) a través de reactores rectangulares de doble cámara por triplicado. El trabajo aporta el sistema bioelectroquímicos como método de oportunidad para reducir los costes energéticos del tratamiento de nitrógeno en aguas residuales y subterráneas. (9)

Artículo 5

El artículo científico de Pérez, F (2016), que tiene como título “Sistema de tratamiento para las aguas residuales en la Empresa de Aprovechamiento Hidráulico Villa Clara”, cuyo objetivo es analizar las actuales condiciones de operación y de seguridad de los sistemas de tratamiento biológico para aguas

residuales en los establecimientos de cría porcina y avícola en la empresa de aprovechamiento hidráulico Villa Clara. Esta investigación establece un conjunto de medidas organizativas, técnicas y humanas, que contribuya a prevenir la contaminación y minimizar los riesgos biológicos, garantizando la protección a los trabajadores, las instalaciones, comunidad y el medio ambiente, para contar con un ambiente ocupacional seguro en la organización. El trabajo aporta a una definición clara de los factores que afectan la operación del sistema de biodigestor y la seguridad del proceso. (10)

2.1.2. TESIS

Villanueva, F (2013), realizó la investigación: “Diseño de tratamiento pasivo después del plan de cierre de mina”, en la Universidad Nacional de Ingeniería. El estudio aporta la evaluación cualitativa y cuantitativa, de las operaciones mineras después del cierre de la mina. Así como la construcción y el diseño de sistemas de tratamiento pasivo para la neutralización de las aguas ácidas mediante los drenes de caliza y alternativas de tratamiento para su implementación en área de cierre. (11)

Tesis 2

Flores, H (2016), realizó la investigación: “Evaluación de la concentración de metales pesados en las aguas del río Grande y su relación con la actividad minera”, en la escuela de Post Grado de la Universidad Nacional de Cajamarca. El estudio aporta una metodología para determinar la cantidad de metales pesados existentes en las aguas del río Grande y determinar si la concentración de metales supera los estándares nacionales de calidad ambiental para agua. Además la metodología tiene las siguientes características:

La evaluación de ocho metales pesados en ocho puntos predeterminados en el cauce del río Grande y algunos de sus tributarios, ubicados en el distrito y provincia de Cajamarca durante el periodo 2004 – 2005 y determinar si la concentración de metales pesados en las aguas del río Grande superan los estándares nacionales de calidad ambiental para agua para consumo humano. (1)

Tesis 3

Graza, F (2018), realizó la investigación: “Determinación de Pb, Cd, As en aguas del Río Santa en el pasivo minero ambiental de Recuay, Ticapampa; Recuay – Ancash”, en la Universidad Particular Norbert Wiener Facultad de Farmacia y Bioquímica. El estudio aporta una metodología determinar los niveles de plomo y arsénico por el método de absorción atómica, en aguas provenientes de los diferentes caños de las calles y reservorio central en el anexo de Huancapuquio (Yauyos), para indicar si superan los LMP dados por la OMS y la NTP. Además, la metodología tiene las siguientes características:

Métodos para la determinación de concentración de metales como plomo y arsénico, en el reservorio central del anexo de Huancapuquio distrito de Chocos provincia Yauyos.

Medición en porcentajes de Pb en muestras de agua de consumo de caño y reservorio según la OMS y la NTP.

Medición en porcentaje de las concentraciones de As de agua de caños de las calles y reservorio que superan los LMP de la OMS y NTP. (12)

Tesis 4

Echegaray, R (2018), realizó la investigación: “Remoción del Manganeseo con el Método de Reducción – Alcalinización en las aguas contaminadas por los procesos mineros en la provincia de Huaral 2017”, en la Universidad Continental. El estudio aporta un tratamiento para minimizar los impactos ambientales contaminantes existentes en el agua de relavera con el fin de que las aguas tratadas se puedan reutilizar en el proceso, servicios, regadío, control de polvo de carreteras o simplemente descargar al medio ambiente cumpliendo con las leyes ambientales. Además, la metodología aporta las siguientes características:

La aplicación del método de reducción-alcalinización basado en la dosis y concentración de los reactivos, estimada en relación con prueba de jarras influyó de manera positiva ($R_o = 0.894$) en el tratamiento de las aguas residuales formadas por procesos mineros.

Análisis y comprobación estadística y técnica, indicando que, el desarrollo de la prueba de jarras en relación a la dosis y concentración adecuada de los reactivos.

análisis y comprobación estadística y técnica, indicando que, el desarrollo de la prueba de jarras en relación a la dosis y concentración adecuada de los reactivos, se optimizó el tratamiento del efluente industrial generado por los procesos mineros, evidenciando un porcentaje de eficiencia en la remoción del manganeso. (13)

Tesis 5

Chagua, R (2015), realizó la investigación: “Evaluación de Remoción de Cobre Y Zinc por la planta nativa Scirpus Californicus (Totora) en La Comunidad de Pomachaca – Tarma”, en la Universidad Nacional del Centro del Perú, El estudio aporta metodologías aplicativas para determinar el porcentaje de remoción de Cobre y Zinc por la planta nativa Scirpus Californicus (Totora) frente al tiempo. Además, la metodología tiene las siguientes características:

- Evaluación del contenido de azúcares libres totales y clorofilas, dos parámetros de respuesta o biomarcadores, los cuales se determinaron por métodos colorimétricos en tres macrofitas acuáticas que son comunes en el lago de Pátzcuaro: Eichhornia crassipes (Martius), Hydrocotyle ranunculoides L. (paragüitas) y Lemna gibba L. (lenteja de agua) y la validación del método de espectroscopia de absorción atómica de llama para la determinación de Cobre y Zinc presentes en agua cruda y tratada. (14)

2.1.3. DIVULGACIONES

Divulgación 1

El trabajo de Lizarazo, J (2013), sobre “Sistemas de plantas de tratamiento de aguas residuales en Colombia” y la investigación de Hernández (2013), que trata “sobre Tratamiento de bajo coste para aguas contaminadas por actividades de minería”, Estos estudios demostraron que hay diferentes métodos alternativos de tratamiento de aguas residuales, para la eliminación de múltiples contaminantes a un bajo coste. Y de esta manera evitar impactos negativos en el medio ambiente. (15)

Se determina la concentración de contaminantes en una corriente de aguas residuales a través de procedimientos químicos. Se eliminan los iones de metales pesados mediante intercambio iónico siendo esta tecnología factible y eficaz para

la mitigación de impactos ambientales. Asegurando un tratamiento adecuado a bajo costo y a un tiempo factible para las industriales, se puede optar por reciclar el agua en los procesos mineros y mitigar los impactos ambientales. (16)

Divulgación 2

El trabajo de Padilla, B (2005) sobre el método de tratamiento de aguas contaminadas con compuestos organoclorados y la investigación de Balladares, (2004) también sobre las baratas tecnologías, de fácil aplicación para remover y disminuir arsénico en agua potable. Se demostró que estos estudios de métodos para remover el arsénico del agua potable son los más baratos y más fáciles de aplicar, los cuales deberán ser previamente validados. (17)

Además, los estudios también demuestran que hay alternativas eficientes para remover los contaminantes con compuestos organoclorados de las aguas y que han sido efectivos teniendo en la depuración de los efluentes contaminantes. Estas alternativas son: Los métodos más comúnmente utilizados para la eliminación de los compuestos organoclorados en aguas residuales han sido la desorción con aire (arrastre) y la adsorción con carbón activo. Así como los métodos biológicos que son tratamiento de compuestos orgánicos clorados en agua y que son bajo coste. Y por último los procesos avanzados de oxidación, que es otra alternativa estudiada para la degradación de estos compuestos, tal como sería la oxidación química, empleando distintos oxidantes, tales como O₃, H₂ O₂, MnO₄ –Por lo cual estos métodos garantizan resultados positivos y con el compromiso de preservar el ambiente para tener una mejor calidad de vida, y poder contar con la opción de reutilizar estos efluentes en los procesos de productividad. (18)

Divulgación 3

El trabajo de Rodriguez,I (2013), sobre Vanadio: Contaminación, Metabolismo Y Genotoxicidad, y la investigación de Pérez, (2013), sobre la Niveles de arsénico y vanadio en aguas naturales en el Departamento de Unión, sudeste de la provincia de Córdoba, Argentina. Estos estudios concluyeron que, en ríos y lagos, el nivel de concentración promedio de Arsénico es inferior a 0.8 µg. L-1, aunque puede variar dependiendo de factores como: recarga (superficial y subterránea), drenaje de zonas mineralizadas, clima, actividad minera y vertidos urbanos o industriales.

Existe gran concentración de Arsénico en aguas subterráneas la cual se distribuye en una amplia zona del país. Y la principal fuente de Arsénico en el agua son los sedimentos loésicos que adoptan forma de vidrio, minerales y fragmentos líticos volcánicos, y están presentes en soluciones que se debe a intercambio de iones y procesos de disolución, el rango de concentración hallado es desde < 1 a > 14000 $\mu\text{g. L}^{-1}$; los niveles de Arsénico informados en aguas superficiales, en general, son menores que los reportados en agua subterránea. El valor promedio de concentración de Arsénico informado en ríos y lagos, es inferior a $0.8 \mu\text{g.L}^{-1}$, (19).

En un estudio reciente, se procedió a examinar la cantidad de vanadio en los alimentos que se ingieren en la dieta cotidiana y el riesgo toxicológico que esto representa. Las concentraciones en peso de grasas, aceites, frutas y vegetales van de 1 a $10 \mu\text{g/kg}$; en granos, alimentos de mar y carnes de 5 a $40 \mu\text{g/kg}$; en pimienta negra las cantidades detectadas se encuentran en 431 y $987 \mu\text{g/kg}$, respectivamente y en tabaco para fumar de 1 a $8 \mu\text{g/g}$. Se determinó, que al ingerir vanadio en la dieta es un promedio de 13 a $15 \mu\text{g/día}$ y algunos autores indican que alcanza valores de $60 \mu\text{g/día}$. (20). El Vanadio en el agua para beber se describe valores por debajo de $10 \mu\text{g/L}$, con un promedio de $4.3 \mu\text{g/L}$. (19). Para asegurar una prevención es necesario tener en cuenta que la mayor parte de los afectados por la presencia de Vanadio en aguas para bebida y cocción de alimentos habitan en regiones rurales o se encuentran en poblaciones remotas y alejadas. (20).

Divulgación 4

El trabajo de Chulluncuy, (2011) que habla sobre El Tratamiento de agua para consumo humano y la investigación de Koushalnd, (2007) que trata sobre el agua potable apta para el consumo. Estos estudios demostraron que la complejidad de los procesos que constituyen el tratamiento del agua va a depender de las características del agua superficial que se va a tratar; por este motivo, es necesario preservar la calidad del agua desde la fuente para evitar no solo costos ecológicos y sociales sino también económicos. La evaluación continua de la calidad del agua comprende las siguientes fases: fuente, tratamiento, almacenamiento y distribución a la población. Un aspecto importante a considerar en el tratamiento del agua es la producción de aguas residuales, que se deben gestionar adecuadamente para su posible reutilización o reciclaje. En el Perú, los análisis para el control del proceso y de la calidad de las aguas tratadas se hacen de acuerdo con las Directivas sobre

Desinfección de Agua para Consumo Humano de la Sunass, la Norma Técnica Peruana 214.003 del Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de Protección de la Propiedad Intelectual (Indecopi), y complementariamente, por las normas aplicables de la Organización Mundial de la Salud (OMS), la American Water Works Association (AWWA) o del American National Standards Institute (ANSI) . En el tratamiento del agua para consumo humano se emplean diferentes procesos; como son el Cribado que es un proceso donde se eliminan sólidos de mayor tamaño que se encuentran en el agua por medio de rejas, en las que estos materiales quedan retenidos y la Coagulación-floculación que consiste en la adición de coagulantes para desestabilizar partículas coloidales y sean removidas en fracciones de segundo, todo ello depende de la concentración del coagulante y del pH final de la mezcla (21).

Los suministros de agua potable pueden cuantificarse mediante cuatro características importantes como la calidad, cantidad, fiabilidad y costo. El agua es fundamental y necesaria para la humanidad y cada persona requiere al menos 20 a 50 litros de agua potable limpia y segura al día para beber, cocinar y simplemente mantenerse limpios. El agua contaminada no solamente es sucia si no que puede ser mortal. Casi 1,8 millones de personas mueren cada año por enfermedades diarreicas como el cólera, decenas de millones de otras personas se enferman gravemente por una diversidad de enfermedades vinculadas con el agua. En conclusión el agua es esencial para mantener nuestro cuerpo hidratado y para la producción de alimentos, el uso de saneamiento es igualmente importante, y complementario, el prescindir de servicios de saneamiento inapropiados sirve como foco de infección a diversas enfermedades, es por ello que se debe de poner énfasis en el desarrollo de procesos y métodos para el tratamiento de aguas y que ésta sea apta para el consumo humano. (22)

Divulgación 5

El trabajo de Carbotecnia, (2016) sobre el cobre en el agua, y la investigación de Monty (2006) también sobre problemas del agua potable: El Cobre. Los estudios concluyeron que el cobre se encuentra generalmente en el agua de la superficie y generalmente en concentraciones de menos de 20µg/L, se puede detectar en valores más altos desde el grifo de un consumidor como un producto de la corrosión de las tuberías de latón y cobre. En el agua subterránea se puede detectar como

polución industrial. La EPA de los Estados Unidos ha establecido que el nivel máximo de contaminantes (MCL) para el cobre es de 1.3 miligramos por litro (ml/L), el cual también puede reportarse en partes por millón (ppm.) El MCL representa el nivel en que la EPA de los Estados Unidos cree que una persona puede ingerir un contaminante en particular durante su vida sin incrementar los riesgos de salud. (23)

En la actualidad se han fabricado cañería y artefactos de plomería con el cobre y sus aleaciones, aunque estas aplicaciones del cobre a los sistemas de distribución de agua han sido beneficiosas para el hombre, el agua puede reaccionar con el cobre, los individuos que ingieren esta agua pueden ser expuestos a niveles elevados de cobre. Es por ello que para una prevención de salud, se debe tener en cuenta que el agua haya sido sometida a un tratamiento de aguas eficiente donde la remoción del cobre haya sido eliminada en su totalidad, los métodos más empleados es la coagulación - Filtración (Remoción del 60 al 95%), el intercambio iónico (Remoción de hasta 95%), el suavizado con cal (Remoción del 90% a 96%), la ósmosis inversa (Remoción del 90% hasta 99%). (24)

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.2.1.1. Metales Pesados

Son elementos químicos que se caracterizan por poseer propiedades metálicas y una densidad superior a 5, en este grupo se incluyen varios elementos esenciales para el crecimiento, reproducción y/o supervivencia de los organismos vivos y otros utilizados de forma industrial pueden ocasionar efectos perjudiciales para la salud. Según la Agencia para la Protección Ambiental de los Estados Unidos (E.P.A.); estudios recientes han demostrado al Berilio y al Mercurio como los metales más peligrosos y tóxicos, significando que un breve exposición a éstos puede causar daños graves a la salud. (25)

Existen otros metales pesados que también contienen agentes contaminantes como son: aluminio, plomo, arsénico, magnesio, manganeso, hierro, cobre y cianuro. (26) y también hay metales que han sido definidos como posibles elementos peligrosos, y por ello deben

mantenerse bajo control, estos metales se han identificado como el bario, cadmio, níquel, zinc, vanadio y estaño. Éstos poseen una gran capacidad para unirse con diversos tipos de moléculas orgánicas por lo cual tiene la capacidad de reaccionar con una gran variedad de sustancias resultando tener efectos tóxicos sobre cualquier sistema biológico, en algunos casos éstos ocasionan efectos de alteraciones genéticas como mutaciones genéticas; aberraciones cromosómicas; alteraciones en la síntesis; reparación de ácidos nucleicos; y transformaciones celulares. La detección de metales pesados se convirtió en un parámetro clave de los análisis medioambientales. (25)

2.2.1.2. . Contaminación por metales pesados

Los metales pesados como el arsénico, antimonio, cadmio, cromo, plomo, níquel, selenio, talio, cobre y otras sustancias tóxicas, son amenazas para los ríos, fuentes de agua subterráneas, peces, vida silvestre y plantas.

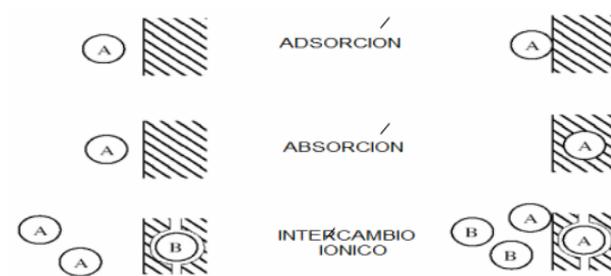
Lo que los hace tóxicos a estos metales son las concentraciones en las que pueden presentarse, y casi más importante aún, el tipo de especie que forman en un determinado medio. Cabe recordar que los seres vivos necesitan en pequeñas concentraciones a muchos de estos elementos para funcionar adecuadamente. Algunos ejemplos de metales requeridos por el organismo incluyen el cobalto, cobre, hierro, manganeso, molibdeno, vanadio, estroncio y zinc. El nivel de intoxicación generada por la ingesta y exposición varía entre los metales, los efectos a corto plazo se suman a vómitos y dolores abdominales y los síntomas van desde un ligero envenenamiento hasta la muerte. (27)

2.2.1.3. . Remoción de los Metales Pesados

Hay varios métodos de tratamientos que son utilizados para la remoción de metales, las cuales son la precipitación química, la filtración por medio de membranas, la reducción, la extracción por medio de solventes, el intercambio iónico, y la adsorción. (28). Uno de estos tratamientos es el intercambio iónico el cual es un proceso que se da un sólido insoluble ya

que remueve iones de cargas positivas o negativas de una solución electrolítica y transfiere otros iones de carga similar a la solución en una cantidad equivalente. El intercambio iónico es uno de los métodos más adecuados para la remoción de metales pesados presentes en aguas residuales industriales (29).

Figura 3: Procesos de adsorción, absorción e intercambio iónico.

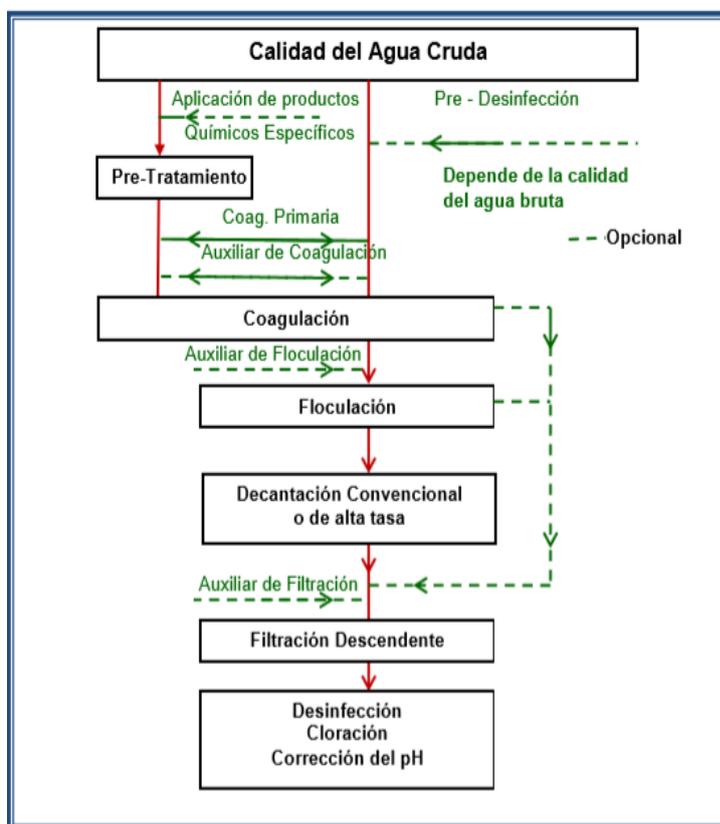


Fuente: Dabrowski (30).

2.2.1.4. Métodos empleados para la Remoción de Metales Pesados

La contaminación de metales pesados son tóxicos en el ambiente lo cual implica grandes cantidades de volúmenes de efluentes residuales. También se dan los tratamientos mecánicos de las aguas residuales (sedimentación) o de biológicos (lodos activados). Se utilizan como tratamientos químicos, la precipitación mediante hidróxidos y sulfuros (estos procesos son los más comunes) y también se encuentra la oxidación-reducción, intercambio iónico, adsorción, separación sólido-líquido en relación a coagulación-floculación y la separación mediante membranas. (31).

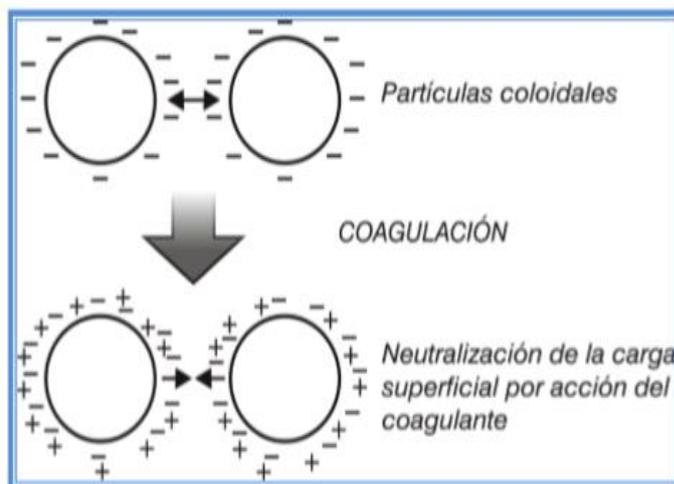
Figura 4: Métodos de tecnologías de tratamiento completo



Fuente: HEINKE (32).

Los principales métodos son el método de sedimentación o decantación, el cual elimina los sólidos suspendidos que se encuentran en un líquido, que se da por asentamiento gravitacional, depositándose los sólidos en el fondo del vaso. Se determina por el tamaño, forma y densidad, conjuntamente con la naturaleza del líquido en el cual se encuentran las partículas. (33) y el método de coagulación-Floculación, usado para extraer los sólidos que se encuentran suspendidos en el líquido, el tamaño de partículas debe ser muy finas, por lo general son por debajo de 0.01 cm de diámetro. El método de coagulación aplica una desestabilización de las cargas de los coloides y se logra al neutralizar las cargas eléctricas que son repelidas añadiéndose coagulantes químicos usando energía de mezclado por corto tiempo, para destruir la estabilidad del sistema coloidal y promover la colisión de las partículas para que se aglomeren creando flóculos pequeños (33)

Figura 5. Proceso de Coagulación en las partículas coloidales.



Fuente: Heinke (34).

Método de Precipitación Química, consiste en que los elementos químicos disueltos se encuentran en el agua y estos contaminan las aguas, se busca la forma de separarlos o removerlos del agua, mediante la precipitación química; cambia los compuestos solubles, en compuestos insolubles, quedando como sólidos suspendidos (35), luego la precipitación de los sólidos suspendidos pueden ser removidos por sedimentación o coagulación-floculación y después por sedimentación, para la separación de los lodos (35).

Para remover los iones metálicos solubles en el agua, se utiliza un método en común el cual es precipitar el ión metálico como hidróxido metálico, en su mayoría los iones de metales pesados solubles precipitan fácilmente al elevar el nivel de pH de la solución, formando el compuesto respectivo de hidróxido de metal, con lo cual los compuestos metálicos en solución se convierten en compuestos insolubles y son precipitados en la solución (36).

En la formación de hidróxidos de metales disueltos se requiere de un agente alcalino que pueda tener un pH alto, en el caso del hidróxido de calcio (lechada de cal), hidróxido de sodio (soda cáustica), hidróxido de potasio y los demás hidróxidos de metales alcalinos o alcalino-térreos, la cal se usa en forma de lechada para permitir un buen manejo del pH final óptimo, logrando niveles de pH mayores a 10, pH en el cual precipitan

todos los metales pesados (35). El pH de precipitación es diferente para cada metal, siendo necesario un pHs entre 9.0 y 10.5 para poder asegurar la precipitación de todos los metales pesados, consiguiéndose concentraciones de dichos metales, por debajo de los LMP (33). Una de las desventajas del uso de cal en la precipitación química, es el alto volumen de lodos formados y densidad baja de estos, siendo su mayor ventaja su bajo coste. En el caso de los hidróxidos de sodio o amonio se tiene la ventaja de la formación de pocos sólidos, pero su desventaja es su elevado costo (32). Para elegir el uso de un agente alcalino se realiza en función del costo de operación y de las facilidades de adquisición como también del uso de cada uno, la precipitación como sulfuros con el uso del ión sulfuro se obtienen precipitados con un producto de solubilidad menor de los hidróxidos, pero se deberá mantener un pH adecuado, para evitar la redisolución de los sulfuros formados. Para la precipitación con sulfuros se usan el ácido sulfhídrico, el sulfuro de bario y el sulfuro de sodio como agentes precipitantes (35). El más usado es el sulfuro de sodio, ya que el uso del ácido sulfhídrico crea muchos inconvenientes de manipulación; y cuando se utilize el Sulfuro de sodio se deben tomar precauciones por la emanación de olores sulfhídricos, cuando este en contacto con aguas de bajo pH (33). La precipitación como sulfuros se utiliza para la precipitación de todos los metales pesados, pero especialmente se usa para la remoción de mercurio y cromo hexavalente. También la precipitación con sulfuros tiene la ventaja de producir un precipitado relativamente denso y reciclable (35). Cuando tiene exceso de sulfuro en aguas residuales, este es removido por aireación, se debe evaluar el costo del sulfuro, en comparación con otro precipitante, para evaluar la forma de precipitación química (33). El método de alcalinización, tiene la capacidad de que el agua pueda neutralizar ácidos. Pese a aniones de ácidos débiles (bicarbonatos, carbonatos, hidróxido, sulfuro, bisulfuro, silicato y fosfato) que pueden atribuir con la alcalinidad. La alcalinidad influye por el pH y la composición general del agua, la temperatura y la fuerza iónica. Se forma en aguas naturales en equilibrio con los carbonatos y los bicarbonatos con el ácido carbónico, con disposición a que prevalezcan, los iones de bicarbonato (35). El agua tiene una baja alcalinidad y un pH relativamente alto o

viceversa. La alcalinidad es significativa en el tratamiento del agua porque reacciona con coagulantes hidrolizables (como sales de hierro y aluminio) durante el proceso de coagulación, paralelamente este parámetro tiene influencia sobre el carácter corrosivo que pueda tener en el agua y, cuando alcanza niveles altos, puede tener efectos sobre el sabor (35)

2.2.1.5. COBRE

Su símbolo está representado por Cu, es un elemento químico de número atómico 29, perteneciendo al mismo grupo de la tabla periódica que la plata y el oro y siendo un metal de transición de color rojizo, que se caracteriza por ser uno de los metales con mejor conducción de electricidad, es el segundo mejor conductor después de la plata. Además de tener otras características como la ductilidad y maleabilidad, convirtiéndose en el material más utilizado por las grandes industrias para fabricar cables y otros materiales eléctricos y electrónicos. También es el tercer metal más utilizado en el mundo, después del hierro y el aluminio. Es relativamente inerte y es resistente a la corrosión. Este metal y sus compuestos ocasionan un color verdoso a las llamas de fuego. El cobre y sus aleaciones (latón, bronce, cuproníquel) son resistentes a la corrosión en comparación a otros metales de uso común, debido a su capacidad para formar compuestos estables que se protege contra la corrosión. (37)

2.2.1.5.1. CARACTERÍSTICAS DEL COBRE

Sus principales características es que es maleable, dúctil y un buen conductor de electricidad que junto a la plata y al oro, conforman la llamada "Familia del Cobre", además es un metal con gran capacidad para conducir calor y debido a esta característica ha sido por años el metal preferido para la fabricación de utensilios para la cocina. (38)

2.2.1.5.2. EBULLICIÓN Y FUSIÓN

El cobre se diferencia respecto a otros metales por su puntos de ebullición y de fusión ya que la temperatura que necesita para llegar al punto de ebullición son extremadamente altas, se calcula que es de 2562 grados centígrados y respecto al punto de fusión se calcula que es de 1085,62 grados centígrados. (38)

2.2.1.5.3. USOS DEL COBRE

El cobre es un metal que se usa con muchos fines, siendo utilizado para la fabricación de utensilios de cocina por su conductividad térmica y para fabricar cables, soldaduras, adornos, joyería, entre otras cosas, gracias a su gran poder de maleabilidad, sin embargo, su utilidad no se limita a esas cosas, sino que también tiene propiedades bactericidas, siendo usado para la producción de sustancias bactericidas y fungicidas, además, es un excelente catalizador que se utiliza en varios procesos químicos y también se usa como convertidor catalítico de autos. (39)

2.2.1.5.4. EFECTOS AMBIENTALES DEL COBRE

El cobre es un elemento esencial en pequeñas cantidades, pero cuando se presenta a niveles elevados resulta ser tóxico en los organismos biológicos. Los niveles de cobre son estables en el ambiente, aumentan con las actividades humanas industrializadas, desarrollando altas concentraciones en el ambiente, lo cual es tóxico para los organismos viviente y su efecto es más fuerte en plantas, peces y mamíferos. En el caso de las plantas produce lesiones en las raíces e inhibe el crecimiento radicular y acrecienta la formación de raicillas secundarias cortas. En algas y hongos impide la germinación de esporas. En peces, los iones de cobre impiden la regulación del sodio. En mamíferos puede producir daño en el hígado (39).

La producción mundial de Cobre está en aumento, significando que muchas cantidades elevadas de Cobre termina en el medioambiente, entrando en el aire, a través de la liberación durante la combustión de Fuel, en el aire permanecerá por un periodo de tiempo, antes de depositarse cuando empieza a llover, terminando en su mayoría en los suelos y como resultado estos suelos pueden contener grandes cantidades de Cobre después de que esté sea depositado desde el aire. Puede ser liberado en el medioambiente debido a actividades humanas como son la minería, la producción de metal, la producción de madera y la producción de fertilizantes fosfatados. Y por procesos naturales como las tormentas de polvo, descomposición de la vegetación, incendios forestales y aerosoles marinos. El Cobre en su mayoría es encontrado cerca de las minas, asentamientos industriales, vertederos y lugares de residuos, cuando este metal en elevadas cantidades termina en el suelo es fuertemente atado a la materia orgánica y minerales. En caso del agua superficial el cobre puede viajar largas distancias, tanto suspendido sobre las partículas de lodos como iones libres. Y puede acumularse en plantas y animales cuando este es encontrado en suelos, en este caso sólo un número pequeño de plantas pueden vivir, por esta razón no hay suficiente variedad de plantas cerca de las fábricas de Cobre, por ende este metal puede seriamente influir en el proceso de ciertas tierras agrícolas, dependiendo de la acidez del suelo y la presencia de materia orgánica, teniendo una influencia negativa en las actividad humanas sobre todo en las industriales – mineras. (40)

2.2.1.5.5. TOXICIDAD

El cobre a exposición de niveles elevados presenta una alta toxicidad para el cuerpo humano. Inclusive existe una enfermedad llamada Wilson, la cual se desarrolla por altos niveles acumulados de cobre en el cuerpo, afectando a los

diferentes órganos vitales, sobre todo al hígado y al cerebro. Esta condición se realiza por el uso excesivo de algunos insecticidas o fungicidas que contengan cobre o por el consumo en exceso de suplementos alimenticios y esta enfermedad puede provocar la muerte en algunos casos (41). Niveles bajos es un elemento muy importante para la vida, pues interviene en el desarrollo de los glóbulos rojos y contribuye a mantener el estado de los huesos, los nervios y los vasos sanguíneos. Su presencia en el ser humano se obtiene a través del agua potable y de alimentos como las legumbres y los mariscos. (38)

2.2.1.5.6. CONTAMINACIÓN POR COBRE

La producción del cobre va en aumento en las últimas décadas y debido a esto la cantidad de cobre se ha expandido en el medio ambiente de forma desmesurada; este exceso puede ocasionar problemas graves de salud, la mayoría de sus compuestos se depositarán y se enlazarán tanto en los sedimentos del agua como a las partículas del suelo, resultando una mayor amenaza para la salud humana. Usualmente los compuestos del cobre solubles en agua están presentes en el medio ambiente después de ser liberados a través de la minería y agricultura. El cobre también es liberado desde fuentes naturales como volcanes, vegetación en descomposición e incendios forestales. Este metal solo no se degrada en el medio ambiente, quienes si pueden hacerlo son los compuestos de este metal, degradándose y liberando cobre en el aire; en el agua o los alimentos, se puede exponer al cobre al respirar aire, tomar agua, comer alimentos y también por contacto de la piel. El agua potable puede tener niveles altos de cobre en caso se tuviera cañerías de cobre o agua con alta acidez. El tratamiento de lagos y ríos que con compuestos de cobre para controlar algas o que reciben agua de refrigeración de plantas y energía pueden contener altas dosis

de cobre. Se puede tener una alta exposición al cobre, si pernoctan cerca de una mina o si trabaja en una. La inhalación de altos niveles de cobre puede producir irritación de nariz y garganta.

La ingestión de altos niveles de cobre puede producir náusea, vómitos y diarrea. En cantidades muy altas puede dañar el hígado y riñones y en algunos casos puede causar hasta la muerte. La manera más común de exponerse al cobre es a través del agua potable, especialmente si el agua es corrosiva y en casa hay cañerías de cobre. La mejor manera para disminuir el nivel de cobre en el agua potable es dejar correr el agua por 15 segundos antes de beberla o usarla por primera vez en la mañana, esto reduce considerablemente los niveles de cobre en el agua de grifo. En caso de trabajar con cobre, se debe usar ropa y equipo de protección necesaria y siempre seguir las instrucciones de los procedimientos de seguridad. El cobre se aloja en el cabello, uñas, sangre, orina, heces y en otros tejidos, niveles altos en las pruebas pueden indicar que usted ha sido expuesto a niveles de cobre más altos de lo normal. Las pruebas para medir los niveles de cobre en el cuerpo generalmente solo están disponibles en las grandes industrias mineras ya que se requieren de un equipo especial y por lo que necesariamente requieren de un laboratorio especializado. (42)

2.2.1.6. MINERALES OXIDADOS DEL COBRE

Son producto de la combinación del oxígeno con un elemento, Los minerales que se encuentran mayormente en el ambiente son la azurita, crisocola, cuprita, brochantita, malaquita siendo ésta la que más abunda en el medio ambiente. Los yacimientos más importantes de este mineral están en los países de Colombia, Congo (Zaire), norte de Sudáfrica, Zimbabue, Rusia, Namibia, Hungría y Estados Unidos. El mineral óxido de cobre se realiza a través de un proceso hidrometalúrgico llamado extracción por solvente - electrodeposición. Los óxidos son minerales en

los que el oxígeno forma enlaces con los metales, y comprenden unos 250 minerales aproximadamente. (37)

2.2.1.7. Oxidación del cobre

La oxidación de cobre a altas temperaturas se ha estudiado a través de los años, se conoce que el cobre se oxida de acuerdo a la ley parabólica y la etapa controlante del proceso de oxidación en el intervalo de temperaturas entre 600 y 1050 Centígrados. Wagner es la difusión de iones de cobre a través de la capa de óxido que se forma. Se realizó la oxidación del óxido cuproso a cúprico en aire, a intervalo de temperatura de 850 a 1000 Centígrados. Durante la oxidación se determinó el incremento de peso mediante termo gravimetría. Mediante los datos de ganancia de peso, se calcula una energía de activación para la oxidación del óxido cuproso. El óxido cuproso se oxida de acuerdo a la ley cúbica y esta se analiza a partir de la concentración de defectos cristalinos en el Cu_2O . (43)

2.2.1.8. El agua

El agua tiene diferentes características físicas que poseen incidencia sobre las condiciones estéticas y de aceptabilidad en los seres humanos, las cuales son como la turbiedad, color, olor y sabor, además de la Temperatura y el pH. (35)

2.2.1.8.1. Turbiedad

Esta característica es causada por las partículas en suspensión o coloides (arcillas, limo, tierra finamente dividida, etcétera) y es ocasionada por partículas que se forman los sistemas coloidales; y aquellas que por su tamaño, se encuentran suspendidas reduciendo la transparencia del agua en intervalos de menor o mayor grado y se cuantifica mediante un turbidímetro o nefelómetro, y las unidades de medida utilizadas son nefelométricas de turbiedad (UNT) (35).

2.2.1.8.2. El Color en el Agua

Esta característica está vinculada a la turbiedad y se debe a la presencia de taninos, lignina, ácidos húmicos, ácidos grasos, ácidos fúlvicos, etcétera. Estudios realizados concluyen que el color natural del agua, es originado por varias causas como la extracción acuosa de sustancias de origen vegetal, la descomposición de la materia, la materia orgánica del suelo, la presencia de hierro, manganeso y otros compuestos metálicos, además la formación del color también se relaciona con otros factores como el pH, la temperatura, el tiempo de contacto; existen diferentes métodos de remoción del color, como la coagulación por compuestos químicos y el sulfato férrico a niveles de pH bajos y las unidades de contacto - filtración ascendente. Una vez que la remoción del color haya sido efectuada se debe realizar la desinfección, para evitar que la aplicación de cloro como desinfectante pueda originar a la formación de trihalometanos, compuestos que tienen un efecto cancerígeno en los seres vivos (35).

2.2.1.8.3. El Olor y Sabor del agua

Esta característica física tiene como particularidad el ser inodoro e insípido lo cual se refiere a que no tiene olor, ni sabor y por ende la falta de olor puede ser un indicador de ausencia de contaminantes, tales como los compuestos fenólicos. Por ella la sola presencia de alguna sustancia que altere la característica inolora del agua indica indudablemente que no es apta para el consumo, ni para ningún tipo de uso dentro de un organismo, un caso es el olor a sulfuro de hidrógeno que puede causar una reacción séptica de compuestos orgánicos en el agua. Las sustancias que generan olor y sabor en aguas crudas (35) (que no ha sido sometida a ningún proceso de tratamiento) (44) se deben a compuestos orgánicos originados de la actividad de algas y microorganismos como también

puede ser proveniente de descargas de desechos industriales. La eliminación de olores puede realizarse mediante la aireación o también con la adición de carbón activado. La cloración en presencia de compuestos fenólicos puede imprimir un mal sabor en el agua, por la formación de derivados dorados que producen un sabor a derivados fenólicos. La Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda como criterio que las fuentes de abastecimiento deben estar razonablemente sin olor, ni sabor; es decir que se encuentren a un nivel aceptable para que sea apta en su uso para los seres vivos (35).

2.2.1.8.4. Temperatura

Es una de las características físicas más importantes en el agua, pues influye en la aceleración y retardo de la actividad biológica; en la absorción de oxígeno; en la precipitación de compuestos; en la formación de depósitos; floculación; en los procesos de mezcla; en la sedimentación y filtración. La variación de temperatura puede influir debido a múltiples factores, principalmente ambientales, variando continuamente en el agua (45)

2.2.1.8.5. pH

Influye en la corrosión del agua, aunque no tiene efectos directos sobre la salud, también puede influir en los procesos de tratamiento del agua, como la coagulación y la desinfección. Las aguas naturales tienen un pH con rango de 5 a 9. Si se tratan aguas ácidas, es común la adición de un alcalino como la cal y así mejorar los procesos de coagulación. Se sugiere que el pH de las aguas tanto tratadas como crudas debería estar entre 5,0 y 9,0, ya que este rango permite controlar sus efectos en el comportamiento de otros compuestos del agua (45)

2.2.1.8.6. Aguas de Mina

Es generada dentro de una actividad de explotación y proceso de extracción de minerales, la cual se produce principalmente en explotaciones subterráneas producto del drenaje de aguas de lluvias; deshielos y aguas subterráneas que al pasar por las rocas y actividades mineras, se obtiene un alto contenido en metales, sulfatos y variaciones de acidez que afectan las descargas de lagos y ríos, además se caracterizan por sus altos contenidos de sulfatos, lo cual se limitan a normas según lo indicado en cursos de aguas; cabe resaltar que la necesidad se ha generado debido a la importancia de reutilizar el agua para este proceso se ha desarrollado múltiples tecnologías para los procesos de remoción de los sulfatos (46).

2.2.1.8.7. El Agua y sus usos

Según se constata en el primer informe de Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos del mundo; el 59% del consumo total de agua en los países desarrollados se destina a uso industrial, el 30% a consumo agrícola y un 11% a gasto doméstico. En el 2025, el consumo de agua destinada a uso industrial alcanzará los 1.170 Km³ 1 año, cifra que en 1995 se situaba en 752 Km³ 1 año. Siendo el sector productor el que más consume, y también es el que más contamina. Más de un 80% de los desechos peligrosos del mundo se producen en los países industrializados, mientras que en los países en vías de desarrollo un 70% de los residuos que se generan en las fábricas se vierten al agua sin ningún tipo de tratamiento previo, contaminando así los recursos hídricos disponibles. Estos datos aportan una idea de la importancia que tiene el tratamiento y la reutilización de aguas residuales en el sector industrial en el mundo, y más aún en países que saldan su balance de recursos hídricos con números rojos. Es el caso de España, la nación europea con mayor déficit hídrico. Según el Libro Blanco del Agua, (AEAS, 1996), el consumo en España

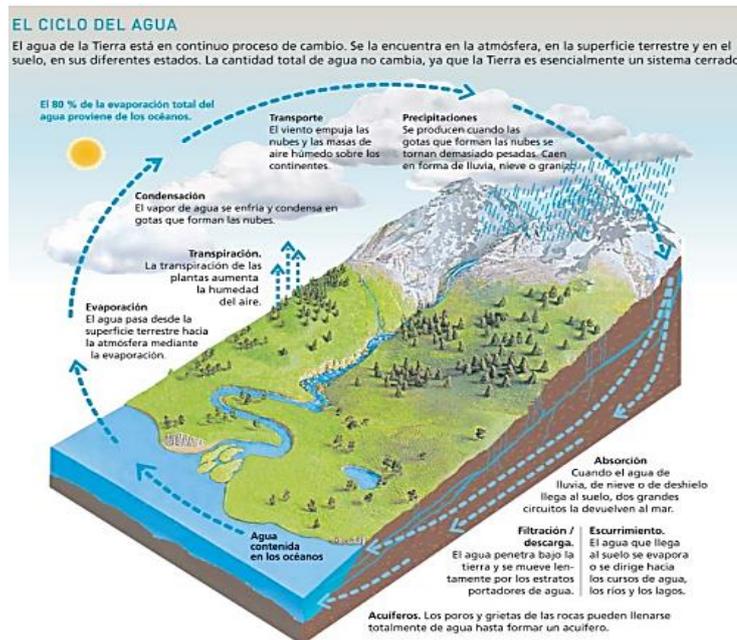
es de 35.000 Hm³ /año. Sin embargo, su uso presenta particularidades respecto a la media mundial, ya que el 68% se destina a regadío, el 18% a abastecimiento de población e industria, y el 14% restante a sistemas de refrigeración de producción de energía. El agua por lo tanto tiene un valor económico, social y ambiental en muchos países del mundo. El agua es un recurso natural, cada vez más escaso tanto a nivel superficial como subterráneo, necesario no sólo para el desarrollo económico, sino imprescindible como soporte de cualquier forma de vida en la naturaleza. No cabe duda de que la industria es motor de crecimiento económico y, por lo tanto, clave del progreso social. Sin embargo, demasiado a menudo la necesidad de maximizar el proceso productivo excluye de la planificación la tercera parte del progreso, la protección del medio ambiente. El adecuado tratamiento de aguas residuales industriales y su posterior reutilización para múltiples usos contribuye a un consumo sostenible del agua y a la regeneración ambiental del dominio público hidráulico y marítimo y de sus ecosistemas. (47)

2.2.1.8.8. Ciclo del agua

El agua existe en la tierra en estado sólido es decir en forma de hielo; líquido y gaseoso se refiere en forma de vapor de agua. El agua en la tierra está en continuo movimiento en forma de sus estados ya mencionados; tanto los océanos, ríos, nubes y lluvia, contienen agua, y están en frecuente proceso de cambio, es decir que el agua en superficie se evapora, en nubes se precipita, y en forma de lluvia se infiltra, sin cambiar la cantidad total de agua. Paradójicamente los meteoritos del espacio exterior, pueden entrar en la Tierra, la sustancias como el agua puede escapar de la tierra, hacia el espacio exterior. Y estudios científicos confirmaron que el agua que se formó hace millones de años en este planeta aún está aquí. No obstante de todo el conjunto de agua que se encuentra en el planeta, el

3 % sólo es agua dulce, y el 2,997 % es de difícil acceso, ya que es subterránea o se encuentra en los glaciares, por lo cual no es apta para su uso es por ello que el ciclo del agua o ciclo hidrológico tiene un papel muy importante, este líquido vital continuamente se mueve de un lugar a otro y de un estado a otro. (48)

Figura 6. Ciclo del agua



Fuente: BNM (48)

El ciclo del agua se desarrolla de manera que circula continuamente el agua de lugares a otros, modificando su estado físico, en un proceso cíclico denominado ciclo hidrológico. (49). Definido por los siguientes procesos como la evaporación; que es un proceso físico que consiste en el traspaso gradual de un estado líquido hacia un estado gaseoso, en función de un aumento natural o artificial de la temperatura, las partículas escapan hacia la atmósfera transformándose en vapor; la condensación que consiste en el cambio de vapor de agua contenido en forma de masas de aire en la atmósfera a fase líquida; precipitación que es un fenómeno de precipitación que se produce cuando la humedad relativa del vapor de agua, que está presente en la atmósfera

es del 100 %. Si la temperatura tiene un nivel bajo la precipitación puede tomar forma de nieve. (50)

2.2.1.8.9. CONTAMINACIÓN DE AGUA

Es la acción de introducir algún material sobre el agua que de manera directa e indirecta, que impliquen una alteración perjudicial de su calidad en relación a sus usos posteriores o servicios ambientales. El agua puede estar contaminada debido a las actividades humanas, convirtiéndose en una sustancia toxica no apta para el consumo humano. Se considera contaminada el agua cuando su composición no está en condiciones requeridas para el uso que estuviera destinado en su estado natural, aumentando la posibilidad de contraer enfermedades como el cólera, fiebre tifoidea, disentería y enfermedades diarreicas; siendo esta última la principal causa de mortalidad de los niños de 1 a 4 años. Esto se debe al crecimiento de la población y la industrialización, acrecentando los problemas de contaminación al medio ambiente. Debido a esto, las exigencias higiénicas son más estrictas con respecto a las aguas para el consumo de la población, y que a su vez no se está cumpliendo a cabalidad, lo cual reduce la cantidad y calidad del agua disponible. Lagos y ríos se contaminan porque se vierten productos de desecho que pertenecen a las áreas urbanas y a las industrias. Para que el agua potable pueda ser utilizada debe estar totalmente limpia, de características insípida, inodora e incolora y debe tener una temperatura aproximada de 15°C; sin contener bacterias, parásitos u otros gérmenes que originen enfermedades, y a su vez el agua potable no debe exceder en cantidades de sustancias minerales de los límites establecidos. (51)

2.2.1.9. Aguas Ácidas.

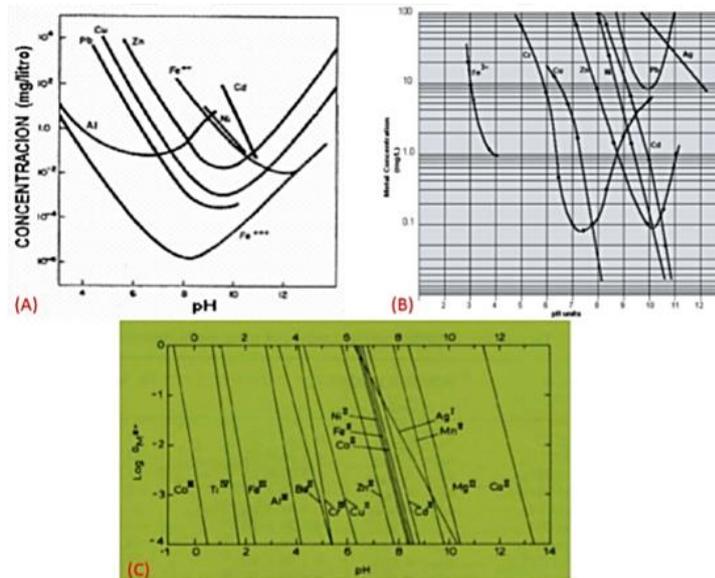
Son aquellas soluciones sulfatadas, con alto contenido de metales y con un pH menor a 7. El agua ácida es de naturaleza corrosiva, ésta conlleva a que las tuberías agreguen contaminantes en el agua. Existe mucho riesgo de formación de aguas ácidas y para eliminar o minimizar su aparición debería tenerse en cuenta criterios de control de riesgo. La contaminación derivada de las actividades mineras se relaciona estrechamente con los métodos de explotación. Se tomar acciones inmediatas que se orientan a reducir la formación de contaminantes, a través del tratamiento de las aguas contaminadas. Los métodos preventivos consisten en la eliminación de algún elemento esencial en la generación de aguas ácidas. La elección de métodos, depende de las condiciones tales como origen, desagüe y grado de actividad, también de características físicas y químicas del efluente. El agua es ácida cuando tiene un $\text{pH} < 5.5$ un $\text{pH} > 10.5$ en raros casos, existiendo una tendencia natural a su neutralización (por saturación, precipitación, dilución, etc.), siendo estas anomalías son las más agresivas. Las aguas ácidas se pueden formar en la superficie y también de manera subterránea, en presencia de humedad, expuesta a las condiciones atmosféricas, contaminando acuíferos al surgir como efluentes que vierten en cursos de agua superficial. (51)

2.2.1.9.1. Tratamiento de aguas ácidas

Tiene como objetivo principal la remoción y aislamiento de metales y aniones metálicos mediante su precipitación como hidróxidos insolubles, en este proceso, los metales se extraen de la solución precipitada como sólidos o absorbidos en sólidos para luego ser separados como residuos para que sean eliminados y puesto bajo condiciones adecuadas. La precipitación de los metales está limitado en intervalo de nivel de pH determinado dependiendo de los rangos de movilización de cada metal. El tratamiento del drenaje ácido puede ser aplicado por métodos activos o métodos pasivos, la elección del tratamiento se centrará en la caracterización propia del

drenaje, teniendo en cuenta su caudal promedio, el uso final del agua tratada, el costo por infraestructura, operación y el mantenimiento del tratamiento propiamente dicho. (52).

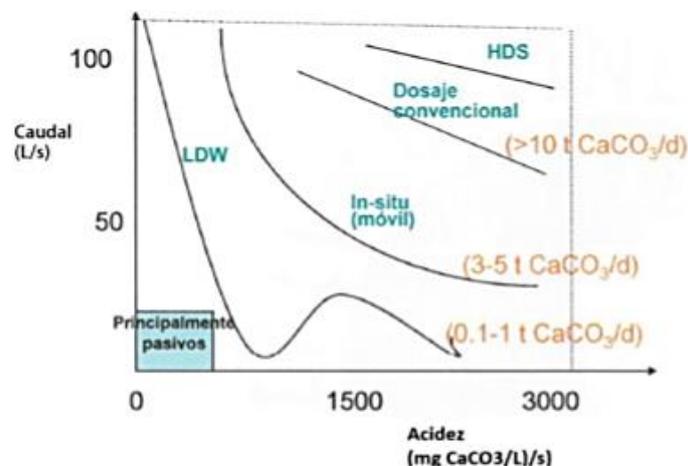
Figura 7. Solubilidad de hidróxidos metálicos en relación al pH.



Fuente: BULLÓN (52).

Los tratamientos pasivos son aplicados para drenajes con poca acidez y poco caudal mientras que los tratamientos activos sí pueden trabajar con rangos altos de acidez y caudal (53)

Figura 8: Sistemas de Tratamiento Pasivo-Activo



Fuente: BARRENECHEA (53).

2.2.1.10. Método Redox

Se basa en las variaciones de los números de oxidación de los átomos que participan con el fin de igualar el número de electrones transferidos en el número de electrones. Si al final de equilibrio redox compuestos falta que ser equilibrada, uno debe girar con el método de ensayo y completado con los coeficientes restantes. (54)



Según los análisis se identifican los átomos que experimentan reducción y el cálculo de los cambios respectivos de los números de oxidación, se multiplica la variación de NOx por su atomicidad en el lado de los reactivos y se asignar el valor obtenido como el coeficiente estequiométrico de las especies que se sometieron a proceso inverso. Por lo tanto, el número obtenido multiplicando el cambio de hierro NOx para su atomicidad se debe asignar como la relación estequiométrica de la molécula de CO, luego agregar los coeficientes restantes para completar el equilibrio y se realiza el mismo procedimiento que se ha utilizado en los reactivos, es decir multiplicado por la variación de NOx elemento atomicidad en la molécula. (54)

Las reacciones de redox, son reacciones de tipo químico que llevan a la transferencia de electrones entre reactivos, alterando el estado de oxidación (55). De este modo, un elemento libera electrones que otro elemento acepta, el elemento que aporta los electrones recibe la denominación de agente reductor, por otro lado el elemento que recibe los electrones se denomina agente oxidante, este agente se reduce ya que minimiza su estado de oxidación. Las reacciones redox son procesos que llevan a la modificación del estado de oxidación de los compuestos. La reducción implica captar electrones y reducir el estado de oxidación, mientras que la oxidación es justo lo contrario (el elemento entrega electrones e incrementa su estado de oxidación). Es importante destacar que ambos procesos se desarrollan siempre que un elemento cede electrones y se oxida, hay otro que los recibe y se reduce. En estos procesos, la oxidación como la reducción se produce de una manera simultánea. Se debe tener en cuenta que la ecuación se equilibra lo que se dan en llamar semirreacciones que pueden ser tanto de oxidación

como de reducción. La primera sustancia es la que se oxida y las segundas sustancias son las que ya se encuentran oxidadas. El equilibrio entre estas semirreacciones, se puede obtener de dos formas, la primera sería procediendo a igualar lo que son los átomos centrales y la segunda, por otro lado, consiste en añadir moléculas de agua, en igual número que los oxígenos sobrantes que existan. Estas reacciones se pueden llevar a cabo tanto en medios ácidos como en medios de tipo básico. Los tipos de reacciones pueden ser la obtención de metales de los que son minerales, reacción que tenía lugar en ciertas baterías como en la combustión de los hidrocarburos. Pero también es un ejemplo de ello el proceso de respiración que lleva a cabo cualquier persona. Los procesos de las reacciones redox son importantes en diversos ámbitos industriales. A través de estos cambios en los compuestos, es posible tomar medidas para minimizar la corrosión de un elemento o para obtener ciertos productos a partir de la reducción de un mineral. (54)

2.2.1.11. Aguas residuales industriales

Se generan como consecuencia de la actividad industrial. La diversidad de las aguas residuales industriales puede ser muy grande, ya que pueden contener contaminantes de diferente naturaleza. El agua en su mayoría se utiliza en los procesos industriales. Existe una tercera opción para las aguas residuales industriales ya depuradas y es la reutilización, puesto que el agua es un recurso natural que no debe ser utilizado, una alternativa sería el tratamiento de aguas residuales hasta conseguir que su calidad sea compatible con su reutilización en el proceso. La normativa ambiental, es cada vez más exigente lleva a que, en muchos casos, la reutilización de aguas sea la opción más eficiente. El tratamiento de aguas residuales industriales, además de permitir cumplir con la legislación ambiental vigente, ofrece un gran valor añadido para aquellas empresas responsables y sensibilizadas con el medio ambiente.

Las aguas residuales industriales, si no son convenientemente tratadas antes de su vertido, pueden contener compuestos tóxicos, compuestos difíciles de degradar, tener un pH alejado de la neutralidad, etc. En

función de la contaminación que presenten, variarán los procesos necesarios para su correcto tratamiento (56)

2.2.1.11.1. Tratamiento biológico

Cuando la contaminación es biodegradable, la eliminación de la materia orgánica, el nitrógeno y el fósforo es factible mediante este proceso, que es económico y eficiente. El tratamiento biológico puede ser aerobio o anaerobio, en función de lo que resulte más interesante en cada caso y los fangos activos con la biomasa en suspensión, si se dispone de espacio, es un proceso económico y eficaz (57).

2.2.1.11.2. Evaporación al vacío:

Esta técnica es ideal para el tratamiento de residuos industriales líquidos y mezclas complejas. Supone un proceso limpio, compacto, versátil y muy eficaz. Si es necesario, permite evitar la generación de vertidos líquidos, la gama de evaporadores al vacío ofrece equipos basados en tres tipos diferentes, cada uno con sus especificidades en cuanto a uso de evaporadores al vacío a alta temperatura por compresión mecánica del vapor que son evaporadores al vacío de múltiple efecto. (57)

2.2.1.11.3. Tratamiento físico-químico

Es una variedad de diferentes técnicas que solas o combinadas permiten hacer frente a numerosos tipos de contaminantes (aceites y grasas, partículas en suspensión, sustancias coloidales, color, materia orgánica no biodegradable, metales disueltos, hidrocarburos, etc.). Las operaciones unitarias más relevantes que permiten eliminar estos contaminantes son la flotación; decantación; precipitación; coagulación-floculación; neutralización; adsorción; filtración; electrocoagulación; oxidación avanzada. (58)

2.2.1.12. Tratamiento de aguas residuales industriales

La evaluación de las actuales tecnologías de bajo costo para el tratamiento de las aguas residuales para la eliminación de patógenos está siendo estudiada ampliamente en lagunas de estabilización y se sabe que son efectivas para la remoción de helmintos y bacterias, existe una urgente necesidad de evaluar la eficiencia de los sistemas que permitan una utilización más eficiente de los sistemas en terreno, tales como lagunas facultativas de maduración profundas (> 3 m), así como lagunas aireadas de varios diseños, las cuales puedan ser utilizadas en caso que no puedan construirse sistemas convencionales de lagunas (debido, por ejemplo, a altos costos de terreno, topografía adversa, o insuficiencia de tierras de cultivo). A la fecha, no se ha realizado un estudio acerca de la eficiencia de estos sistemas en la remoción de helmintos. Por ello existe la necesidad de desarrollar y evaluar tecnologías adicionales específicas de tratamiento de las aguas residuales para la remoción de helmintos, las cuales podrían ser utilizadas como una segunda fase para las lagunas aireadas. La evaluación de la tecnología incluye la filtración; la microtamización; la coagulación química; y la desinfección ovicida. Los criterios de diseño para la remoción de patógenos es el tratamiento de efluentes de tanques sépticos y excretas humanas se ha desarrollado sistemas mecánicos simples que se utiliza para evacuar el lodo de las lagunas anaeróbicas con el fin de eliminar la necesidad de interrumpir la operación. Siendo necesario evaluar y desarrollar tecnologías intermedias que puedan ser empleadas como medidas provisionales o paliativas para mejorar las condiciones existentes de reutilización descontrolada de las aguas residuales que presentan graves riesgos para la salud, para una remoción efectiva de helmintos se requiere que se utilicen para el tratamiento primario períodos de retención relativamente cortos. Y se está desarrollando diversos proyectos de investigaciones para el tratamiento de aguas en el campo de la Ingeniería Sanitaria y Ambiental, los cuales contribuyen a la conservación del medio ambiente y supervivencia de especies de flora y fauna, incluyendo la salud humana, a través de estudios y análisis de métodos empíricos válidos y utilizados

en el dimensionamiento de lagunas obteniendo un conocimiento más profundo de los mecanismos envueltos en el proceso para el tratamiento de aguas residuales (57)

2.2.1.13. Diagrama de Pourbaix

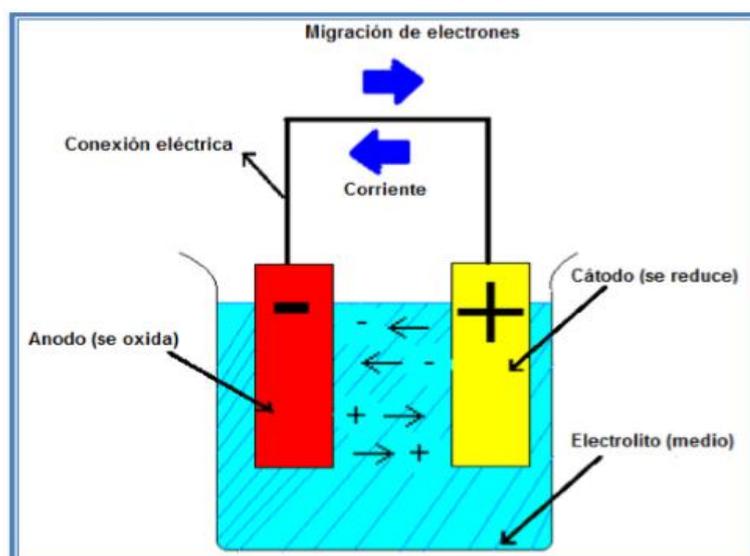
Un diagrama de Pourbaix es una representación gráfica del potencial (ordenada) en función del Ph (abscisa) para un metal dado bajo Condiciones termodinámicas estándar (usualmente agua a Temperatura de 25 °C). El diagrama cuenta con los equilibrios químicos y electroquímicos que define el dominio de la estabilidad para el electrólito, el metal y los compuestos relacionados, como los óxidos, hidróxidos e hidruros. Los diagramas se pueden construir a partir de los cálculos en la ecuación de Nernst y en los constantes de equilibrio de todos los compuestos metálicos.

Estos diagramas son utilizados en la parte de la corrosión de metales para realizar un estudio en las zonas de inmunidad, la corrosión y la pasivación se presentan materiales estudiados, la vez que son muy útiles en la electrólisis industrial, recubrimientos, electro obtención y Electro refinado de metales, celdas eléctricas primarias y secundarias, tratamiento de aguas.

El diagrama EH – PH, conocido como Diagrama de Pourbaix, generan las áreas de estabilidad termodinámica en varias soluciones acuosa en relación del PH y del potencial electroquímico. Este sistema puede generar diversos tipos de iones disueltos, óxidos condensados, hidróxidos. La escala del eje de potencial redox está en relación con el Electrodo Estándar de Hidrógeno (SHE). El sistema remueve electrones en relación cuando el potencial es alto ($E_h > 0$). Las condiciones existen cerca del ánodo en una celda electroquímica, son generadas por la acción de un agente oxidante ($Mn + H_2O_2 = MnO + H_2O$).

En bajas condiciones reductoras, a un potencial bajo ($E_h < 0$), suministra electrones a las especies, como modelo, con un cátodo o con agentes reductores (59).

Figura 9. Celda Electrolytica.



Fuente: POURBAIX (60)

El pH es la intensidad de la acidez o de la alcalinidad de una solución y representa la concentración de ion hidrógeno. Conocida como el logaritmo negativo de la concentración del ion hidrógeno, la disociación del agua en cationes y aniones es pequeña, donde un litro de agua pura contiene 1/10.000.000, o 10^{-7} , moléculas grama de iones de hidrógeno. (61)

$$pH = -\log_{10} [H^+]$$

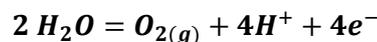
El agua neutra: $pH = -\log_{10} [10^{-7}] = -(-7) \log_{10} = 7$

El pH cuando es menos, es más ácido en la solución, y cuando el pH es mayor, la solución es alcalina. Es un parámetro en los procesos de coagulación, filtración, desinfección. El pH del sistema representa su habilidad para suministrar protones (H^+) a las especies. En condiciones ácidas ($pH < 7$) la concentración de los protones es alta y en condiciones cáusticas ($pH > 7$) la concentración de protones es baja. También el grado de una solución ácida se pronuncia mediante una magnitud llamada pH (significa potencial Hidrógeno; se lee pH), que indica la concentración de iones Hidrógeno (H^+) en la solución (61).

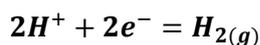
$$pH = -\log[H^+]$$

El $[H^+]$ es la concentración de iones hidrógeno por litro de sustancia, indicada en moles por litro. El agua pura, es una solución neutra y tiene un $pH = 7$. El pH de una solución es menor que 7 es ácida; Si es mayor que 7 es básica. Existe especies diferentes en grandes cantidades respectivamente en una mezcla acuosa bajo condiciones fijas de Eh-pH. Los diagramas de Pourbaix son factibles y solo muestran las especies predominantes en cada área de estabilidad. Las líneas en los diagramas evidencian las condiciones de Eh-pH en el cual el contenido de las especies adyacentes es el mismo en el estado de equilibrio. Sin embargo, existen especies en pequeñas cantidades en ambos lados de las líneas y podrían tener algún efecto sobre aplicaciones prácticas. Se dividen en tres grupos Líneas horizontales que simbolizan reacciones involucradas con electrones y son independientes del pH, y Líneas diagonales que están pendientes de manera positivas o negativa que representan reacciones que implican electrones y iones (H^+ y OH^-) así como las líneas verticales que representan reacciones involucradas con iones (H^+ y OH^-), ya que son independientes del Eh. En estas reacciones no participan los electrones. (61)

Las líneas en el área de estabilidad termodinámica de agua bajo una presión de 1 atm y para una temperatura de 25 °C. El área de estabilidad química del agua se evidencia en el diagrama Eh-pH con líneas. El límite de estabilidad del agua se basa en el potencial en relación a la generación de oxígeno comienza sobre el ánodo (61).



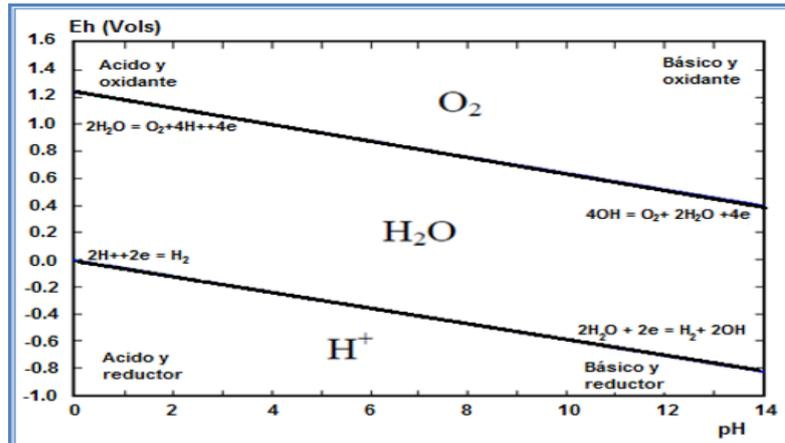
Está basado el límite de estabilidad inferior en la generación de hidrógeno sobre el cátodo en relación a la reacción (61).



La información básica de los diagramas de Pourbaix posee un sistema acuoso en una forma compacta en diferentes aplicaciones que se han encontrado en ingeniería de corrosión, geoquímica e hidrometalurgia. Los diagramas Eh-pH en la hidrometalurgia, son utilizados como modelo, que especifica las condiciones de lixiviación selectiva o precipitación. En la

especialidad de ingeniería de corrosión, son estudiados en el comportamiento de disolución de varios metales en ambientes acuosos. Estos pueden ser usados para mostrar el comportamiento químico de varios iones en soluciones acuosas (61)

Figura 10. Diagrama de Pourbaix del Agua



Fuente: (36)

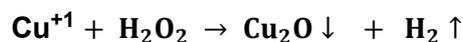
2.2.2. FUNDAMENTOS METODOLÓGICOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.2.2.1. Tratamiento No Convencional de Reducción y Oxidación

2.2.2.1.1. Primera etapa – Oxidación:

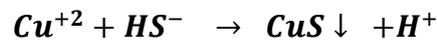
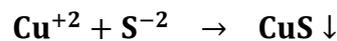
En esta etapa se quiere llevar al cobre en su máximo estado de oxidación que es Cu^{2+} , para ello se agrega un agente oxidante fuerte que en este caso es el peróxido de hidrogeno (H_2O_2) que logra modificar el potencial (voltios, V) del sistema para poder formar una sustancia estable y de fácil separación.

En esta etapa se da la siguiente reacción:



2.2.2.1.2. Segunda etapa – Reducción:

El cobre disuelto remanente que no se ha podido precipitar en su forma oxidada, pasa a la etapa de reducción. Lo cual se hace mediante el sulfhidrato de sodio que es un agente reductor que logra precipitar en forma de sulfuro metálico para así lograr remover todo el cobre disuelto presente en el efluente y llegar a cumplir el estándar de calidad de agua.



2.2.2.1.3. Caracterización:

Para las pruebas que vienen a continuación se realizó mediante el equipo de test de jarras, que se utiliza para pruebas de tratamiento de agua.

Método – Oxidación:

En esta etapa se utilizó peróxido de hidrogeno al 60% de concentración, donde la dosificación va aumentando de acuerdo a lo observado.

Método – Reducción:

En la reducción se utilizó Sulfhidrato de sodio (NaSH) en una concentración de 10%, variando la dosificación hasta encontrar el óptimo.

2.2.2.2. Legislación aplicable

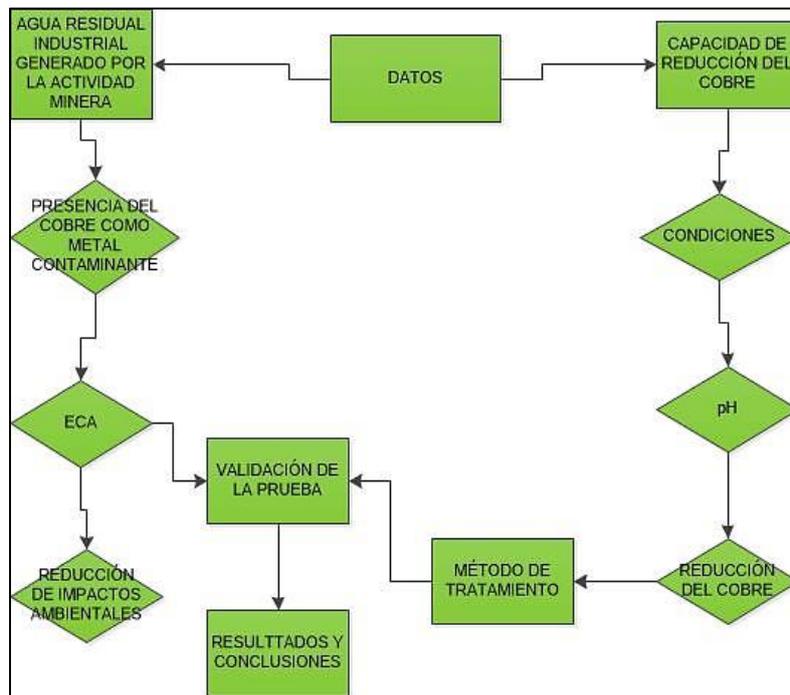
2.2.2.2.1. Marco Normativo

- Ley General del Ambiente (Ley N°28611 modificada por D.L. N°1055).

- Ley de Recursos Hídricos (Ley N° 29338) y su reglamento (D.S. N°001-2010AG).
- Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua (D.S. N°015-2015MINAM).
- Límites Máximos Permisibles para la descarga de efluentes líquidos de Actividades Minero – Metalúrgicas (D.S. N°010-2010-MINAM).
- Ley General de Minería (D.S. N°014-92-EM).
- Protocolo de Monitoreo de Aguas y Efluentes
- Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales (RJ N°010-2016-ANA).
- Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias (D.S N° 004-2017-MINAN).

2.2.3. MODELO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN

Figura 11: Metodología seguida en la investigación



Fuente: Elaboración propia

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

Cobre: Elemento químico de símbolo Cu, con número atómico 29; es uno de los metales de transición e importante metal no ferroso. Es el metal más utilizado debido a la combinación de sus propiedades químicas, físicas y mecánicas, así como a sus propiedades eléctricas siendo uno de los primeros metales usados. La mayor parte del cobre en el mundo se obtiene de los sulfuros minerales como la calcocita, covelita, calcopirita, bornita. (62)

Agua tratada: Es un proceso que se realiza a las aguas residuales o aguas negras consistiendo en una serie de procesos químicos, físicos y biológicos con el fin de eliminar contaminantes que se encuentran en el agua para el uso humano. (63)

Aguas Residuales: Son aguas que han sido modificadas por actividades antropogénicas, y que se vierten a un cuerpo natural de aguas reusadas y que por su baja calidad para consumo necesitan de un tratamiento previo (64).

Aguas Residuales Industriales: Se origina como desarrollo de un proceso productivo, provenientes de la actividad minera, agrícola, pesquera, agroindustrial, entre otras (64).

Aguas de Mina: Son aguas productos de los trabajos ejecutados de las actividades mineras y que están en contacto con cuerpos mineralizados y que adquieren algunas características que hacen necesario un tratamiento previo para su reutilización, (64).

Aguas continentales: Son cuerpos de agua permanentes que se componen de las aguas superficiales dulces y subterráneas (64).

Calidad de agua: Son propiedades físicas, químicas y biológicas del agua (65).

CAL: También es conocido como óxido de calcio o el hidróxido de calcio, que se utiliza para eliminar los carbonatos y para un manejo adecuado del pH (65).

Color Aparente: Pigmentación debido a sólidos suspendidos presentes en un abastecimiento de agua (65).

Contaminación del Agua: Es la introducción de cualquier sustancia no deseable en el agua, el cual normalmente no se encuentra presente en el agua, como la presencia de microorganismos, productos químicos, residuos y productos de evacuación que transforman el agua en no apta para su uso (65).

Estándar Nacional de Calidad Ambiental para Agua: Es el nivel de concentración máximo de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en los

recursos hídricos superficiales que no tienen ningún riesgo significativo para la salud de las personas ni contaminación del ambiente (65).

Límites Máximos Permisibles: Medida de concentración del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos que se caracterizan a un efluente o una emisión, que corresponde a los niveles de tratamiento de aguas residuales alcanzables con las mejores técnicas disponibles y económicamente viables. Su determinación corresponde al Ministerio del Ambiente y su cumplimiento es exigible legalmente por el Ministerio del Ambiente y los organismos que conforman el Sistema Nacional de Gestión Ambiental (64).

Muestra de Agua: Representa una parte del material a estudiar en la cual analizan los parámetros de interés (64).

Prueba de jarras: Con esta prueba se determina si un efluente puede ser tratado de manera rentable y con la eficiencia deseada mediante el tratamiento a usar (66).

Reducción: Es un proceso electroquímico en el cual un átomo o ion ganan electrones, disminuye su estado de oxidación, lo contrario al de oxidación (67).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. MÉTODO, TIPO Y NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1. MÉTODOS DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1.1. . Método general

El método general es analítico-deductivo, puesto que se abarcó al tema de estudio desde un enfoque general para llegar a situaciones específicas (68); se analizó la aplicación del método de reducción-oxidación en las aguas contaminadas, como objeto de estudio con presencia de cobre, por los procesos mineros con el objeto de determinar su influencia en la mitigación del impacto ambiental negativo e inherente, mayormente, a procesos industriales mineros de modo que se obtenga una alternativa de aplicación viable y sostenible como aporte científico.

3.1.1.2. . Método específico

El método específico que más se acomoda al método general seleccionado es el experimental-observacional. “observar es la acción de analizar a detalle un objeto o cosa para asimilar en detalle la naturaleza investigada, su conjunto de datos, hechos y fenómenos” (68); lo anteriormente señalado hace referencia al hecho de observar puntualmente al fenómeno de reducción-oxidación como alternativa de tratamiento del manganeso presente en concentraciones excesivas en el ambiente, y se suma ello el hecho de experimentar con una de las

variables de estudio respecto del logro de las condiciones ideales de aplicación como alternativa del mencionado tratamiento como parte de acciones de mitigación de impactos ambientales. El proceso metodológico fue el siguiente: (68)

- Se ha homogenizado toda la muestra y medir el pH inicial.
- Se vierte la muestra homogenizada en 6 vasos de precipitado de 1L y colocar dentro del Test de Jarras. Continuamente programar la agitación a 100 rpm.
- Primera etapa: Agregar a la muestra a tratar peróxido de hidrogeno (H_2O_2 60%); 0.2, 0.5, 0.8, 1, 2 y 4 ml. Y mantener en agitación constante por 10 min. Observar y analizar las muestras.
- Seguir las pruebas con el mejor resultado de la muestra anterior y replicar en 4 vasos de 1L.
- Segunda etapa: A las muestras agregar una solución de Cal preparada al 10% hasta elevar el pH aproximadamente entre 8.0-8.5, lo óptimo es aun pH de 8.2. De la misma manera ahí se realiza la prueba con el hidróxido de sodio al 10%.
- Tercera etapa: Teniendo el efluente con H_2O_2 y a un pH 8.2 agregar una solución de sulfhidrato de sodio al 10%; 0.05, 0.1, 0.15, 0.4, 0.6ml, y mantener una agitación constante por 10 min y a 100 rpm.
- Cuarta etapa: Agregar a la mezcla coagulante al 1 %, dejar agitando por 2 minutos a 100 rpm.
- Quinta etapa: Agregar a la mezcla floculante al 0.1%, dejar agitando 1 min a 60 rpm.
- Después de que sedimente el efluente tratado, se puede observar la separación solida – liquida, filtrar la solución para posteriormente llevar analizar a un laboratorio certificado, tanto la entrada como la salida del proceso de tratamiento.

3.1.2. TIPO DE LA INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación que más se adecúa es el aplicado, este tipo de investigaciones buscan una solución a los problemas inmediatos y prácticos, determina nuevos métodos para alcanzar un objetivo determinado, como es el caso del impacto ambiental en la calidad del agua provocado por la actividad minera (68). De manera complementaria, hace referencia que también se recurre a información y/o conocimientos ya existentes a nivel de fuentes primarias y secundarias de información, existiendo una relación adecuada con la problemática, por ende, con el objeto de obtener un aporte científico.

El tipo de investigación que más se adecúa es el aplicado, este tipo de investigaciones buscan una solución a los problemas inmediatos y prácticos, determina nuevos métodos para alcanzar un objetivo determinado, como es el caso del impacto ambiental en la calidad del agua provocado por la actividad minera (68). De manera complementaria, hace referencia que también se recurre a información y/o conocimientos ya existentes a nivel de fuentes primarias y secundarias de información, existiendo una relación adecuada con la problemática, por ende, con el objeto de obtener un aporte científico.

3.1.3. NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN

El nivel de investigación es explicativo, puesto que; “busca explicar las causas por las que se provoca el evento” (68), ya que se observó que el tratamiento de reducción-oxidación, redujo la concentración del cobre 8.2 (mg/L) causando un escenario de reducción de impacto ambiental.

3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El diseño de la investigación es propiamente el pre-experimental, ya que no se tiene el control de los parámetros ambientales como: temperatura, presión, se analizaron 10 muestras de modo aleatorio en el laboratorio y además se llevó a cabo una observación adecuada, con la cual se tomó decisiones de las dosis y concentraciones adecuadas de los reactivos teniendo en cuenta un nivel de eficiencia del 95%. De manera complementaria el diseño específico de la investigación es transversal debido a que, se tomaron muestras en un momento específico desde un punto metodológico logrando una relación entre las

dos variables y puede ser replicado en estudios de tratamiento de aguas industriales o en otros.

Tabla 1: Diseño del Experimento al Azar

Dosis	Pruebas de Tratamiento del Agua Contaminado Por Cobre									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cal 5%	15mL	7 mL	8mL	5mL	1mL	12mL	3mL	9mL	11mL	10mL
NaHS	2 mL	0.1mL	1mL	5mL	1mL	0.1mL	2mL	1mL	1mL	0.2mL
Coagulante	1 mL	1.5mL	1mL	2mL	3mL	1mL	2mL	3mL	2mL	3 mL
Floculante	1 mL	1.5mL	2mL	1mL	2mL	3mL	3mL	3mL	2mL	2 mL

Fuente: **Elaboración Propia.**

3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.3.1. POBLACIÓN

La población de la presente investigación está compuesta por un efluente mineros con un caudal de 20 L/s, se delimitó varios puntos de muestreo de la calidad de agua de acuerdo a la normativa nacional, de donde se obtuvo una serie de muestras en relación respecto al estudio.

3.3.2. MUESTRA

La investigación cuenta con 10 muestras de efluente contaminado de 1L cada una, según el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales, se obtuvo la muestra del efluente generado por los procesos industriales mineros, no se llevó a cabo una fórmula paramétrica para identificar y seleccionar las muestras, en relación con el instrumento de gestión ambiental, se delimitó los puntos de muestreo del efluente industrial, así como los parámetros necesarios para analizar en el campo y en el laboratorio de modo que se cumpla lo propuesto con la normativa nacional vigente basados en un protocolo de monitoreo validado.

3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.4.1. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Las técnicas de recolección respecto con el método específico es la observación, evidenciadas en las listas de cotejo proporcionadas por un laboratorio acreditado el cual analizó las muestras de agua contaminadas con concentración de cobre y las muestras tratadas según el método elegido, anexo correctamente en la presente investigación.

- DR 900 que es un equipo colorímetro para la caracterización del efluente contaminado y observar que metales pesados son los más abundantes en el efluente, en esta investigación se usó para analizar la cantidad de manganeso presente en el agua.

3.4.2. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

- Cadena de custodia.
- Cuestionario.

3.5. TÉCNICAS DE ANÁLISIS Y PROCESAMIENTO DE DATOS

- Hoja de cálculo Excel, se usó para la elaboración de la data de los resultados de los análisis de las muestras y la dosificación óptima la versión a usar fue del 2016.
- Para la prueba de hipótesis se usó IBM SPSS, para ver si se rechaza o se acepta la prueba de hipótesis nula.
- Cuestionario.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

4.1.1. FASE DE OXIDACIÓN

En la primera fase de la oxidación se realiza con peróxido de hidrógeno que permite oxidar al cobre monovalente a divalente.

Tabla 2: Resultados de los tratamientos con H₂O₂.

	Cobre Inicial (ppm)	Volumen de Muestra (L)	Dosis de H ₂ O ₂ (ml/L)	Tiempo de reacción (min)	Cobre Final (ppm)	Observaciones
Prueba 1	10.52	1	0.2	10	8.45	Ligeramente se forma lodo
Prueba 2	10.52	1	0.5	10	7.16	Buena formación de lodo
Prueba 3	10.52	1	0.8	10	4.55	Buena formación de lodo
Prueba 4	10.52	1	1	10	5.00	Buena formación de lodo
Prueba 5	10.52	1	2	10	4.80	Formación de lodo con ligera flotación de esta
Prueba 6	10.52	1	4	10	3.84	Exceso de lodo flotante

Fuente: Elaboración propia

Se observa que el tratamiento con la dosis de peróxido de hidrógeno de 0.8 ml/L remueve mayor cantidad de cobre llegando a tener en la fase líquida 4.55 ppm de cobre con buena formación de lodos a diferencia del tratamiento 6 que aun cuando sea menor pero el lodo formado se presenta de forma flotante.

4.1.2. FASE DE ALCALINIZACIÓN

Es la segunda fase se realiza la prueba a partir de la concentración final del tratamiento 3 de 4.55 ppm de cobre adicionándole óxido de calcio al 10%, que permite aumentar el pH para la posterior reducción.

Tabla 3. Resultados con la adición de óxido de calcio (CaO) en fase acuosa.

	Cobre Inicial (ppm)	Volumen de Muestra (L)	Dosis de Cal 10% (ml/L)	pH	Tiempo de reacción (min)	Cobre Final (ppm)
Prueba 1	4.55	1	10	7.0	10	2.62
Prueba 2	4.55	1	15	7.8	10	1.25
Prueba 3	4.55	1	16	8.2	10	0.82
Prueba 4	4.55	1	16.2	8.4	10	0.80
Prueba 5	4.55	1	17	8.8	10	0.75
Prueba 6	4.55	1	20	9	10	0.79

Fuente: Elaboración Propia

La dosis de cal óptima adicionada al 10% es cuando se adiciona 16 ml/L (tratamiento 3) llegando a reducir también el cobre a 0.82 en la fase líquida a un pH de 8.2 aparente para la reducción.

4.1.3. FASE DE REDUCCIÓN

Es la tercera fase de la incorporación del sulfhidrato de sodio a partir de la concentración de la anterior fase de 0.82 ppm.

Tabla 4. Resultados con la adición de NaSH en fase acuosa

	Cobre Inicial (ppm)	Volumen de Muestra (L)	Dosis de NaSH 10% (ml/L)	Tiempo de reacción (min)	Cobre Final (ppm)	Observaciones
Prueba 1	0.82	1	0.02	10	0.780	No se genera solidos precipitantes, no precipita el Cu
Prueba 2	0.82	1	0.05	10	0.400	No se genera solidos precipitantes, no precipita el Cu
Prueba 3	0.82	1	0.1	10	0.250	Formación de solidos precipitantes
Prueba 4	0.82	1	0.15	10	0.020	Buena formación de solidos precipitantes
Prueba 5	0.82	1	0.4	10	0.018	Coloración del efluente
Prueba 6	0.82	1	0.6	10	0.010	Exceso coloración y olor del efluente

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar que la concentración final se da en el tratamiento 4 con buena formación de lodos precipitados por lo que la dosis de 0.15 ml/L es la más adecuada.

4.1.4. FASE DE COAGULACIÓN Y FLOCULACIÓN.

En la cuarta fase se desarrolla la separación de los lodos y sólidos en suspensión en dos fases la coagulación con mezcla rápida y posterior floculación para su posterior precipitación y filtración obteniéndose agua clarificada con los siguientes resultados.

	Cobre Inicial (ppm)	Volumen de Muestra (L)	Coag. 1.0% (ml/L)	Floc. 0.1% (min)	Tiempo de sedim (min)	Vol. de sedim (ml)	Cobre Final (ppm)	Observaciones
Prueba 1	0.02	1	1.5	2	60	40	0.00013	Mala clarificación con sólidos flotantes
Prueba 2	0.02	1	2	3	60	20	0.00011	Ligera clarificación con sólidos suspendidos
Prueba 3	0.02	1	3	2	60	30	0.000095	Ligera clarificación con sólidos suspendidos
Prueba 4	0.02	1	2.5	4	60	30	0.000097	Buena clarificación pero con ligero gomosidad en el agua tratada
Prueba 5	0.02	1	2.5	3	60	20	0.00009	Buena sedimentación, clarificación y no hay solidos suspendidos
Prueba 6	0.02	1	3.5	4	60	20	0.00011	Buena sedimentación pero el agua tratada presenta ligero gomosidad por el exceso de floculante

Se logra mejor resultado con la dosis de 2.5. ml/L de coagulante y 3 ml/L de floculante que permite obtener una solución con 0.00009 ppm de cobre que cumple la norma ambiental.

4.1.5. RESULTADOS DE CARACTERIZACIÓN DE EFLUENTES CONTAMINADOS POR COBRE SIN NINGÚN TRATAMIENTO:

Tabla 5. Resultados promedio de la Caracterización de los Metales Pesados encontrados en el agua contaminada.

METAL PESADO	UNIDAD	RESULTADO PROMEDIO
Cobre	mg/L	8,011

Fuente: Resultados de la caracterización del efluente contaminado. Elaboración: Propia.

El resultado de la caracterización del efluente contaminado por los procesos mineros contiene grandes cantidades de metales pesados, el metal que se analizó en la tesis es el cobre lo encontramos con una cantidad de 8,011 mg/L, a un pH ácido de 4, podemos observar que el cobre es elevado, sobrepasa los parámetros dados por la normativa de las leyes peruanas.

4.1.6. RESULTADOS DEL EFLUENTE CONTAMINADO POR COBRE DESPUÉS DE HABER APLICADO EL MÉTODO DE REDOX.

Tabla 6. Resultados del efluente tratado por el método de redox

METAL PESADO	UNIDAD	RESULTADO PROMEDIO
Cu Cobre	mg/L	0,00009

Fuente: Análisis del Efluente contaminado tratada por el método de redox. Elaboración: Propia

Los resultados promedio después del tratamiento del efluente contaminado por la actividad minera por el método redox se determinó que la reducción del cobre es de 0,00009mg/L, que tiene una eficiencia de 99%, con esto decimos que el método de redox es viable para tratar los efluentes contaminados de la provincia de Lurín 2019. Estas aguas serán reutilizadas para el riego de la vegetación y para la recirculación de sus procesos.

4.1.7. COMPARACIÓN ENTRE LOS RESULTADOS Y EL ECA

Tabla 7. Comparación entre los resultados y el Estándares de Calidad Ambiental (ECA)

METAL PESADO	UNIDAD	RESULTADO PROMEDIO	ECA
Cu Cobre	mg/l	0,0009	0,2

Fuente: muestra tratada por el método de redox, para la reducción del cobre. Elaboración: Propia

Comparando los Estándares Calidad Ambiental peruana de un cuerpo receptor, con los análisis del laboratorio certificado, podemos concluir que cumplimos con los parámetros de contaminación teniendo como resultado el tratamiento de 0,0009 mg/L para llevar a cabo este tratamiento se dio a un pH de 9, estando por debajo del ECA ya que esta nos permite una contaminación de manganeso de 0,2mg/L esto se da en la categoría 3 para riego de vegetales, por lo tanto el método de tratamiento de redox es viable y efectivo para la reducción del cobre a un 99% y a un bajo costo, se hizo la comparación de costos operativos con otros tratamientos y reactivos, cumpliendo con la reducción de los impactos negativos del ambiente y preservando la calidad del agua, dando como alternativa óptima para reutilizar estas aguas y no forestar la vegetación de la población de la provincia de Lurín 2019.

4.2. PRUEBA DE HIPÓTESIS

A partir de los datos expuestos en las tablas expuestas se realiza las pruebas de la hipótesis general expuesta:

El método de redox influye en forma significativa en la reducción del cobre de los efluentes contaminados por los procesos mineros en la provincia de Lurín 2018. En un nivel de confianza de $1-\alpha=95\%$.

4.2.1. PARA LA FASE DE OXIDACIÓN

El método redox con la dosis del peróxido de hidrógeno (H_2O_2) como oxidante influye en forma significativa en la reducción de cobre.

Para ello de la tabla 01 se va a correlacionar las variables de dosis de peróxido de hidrogeno y el cobre removido de la tabla siguiente:

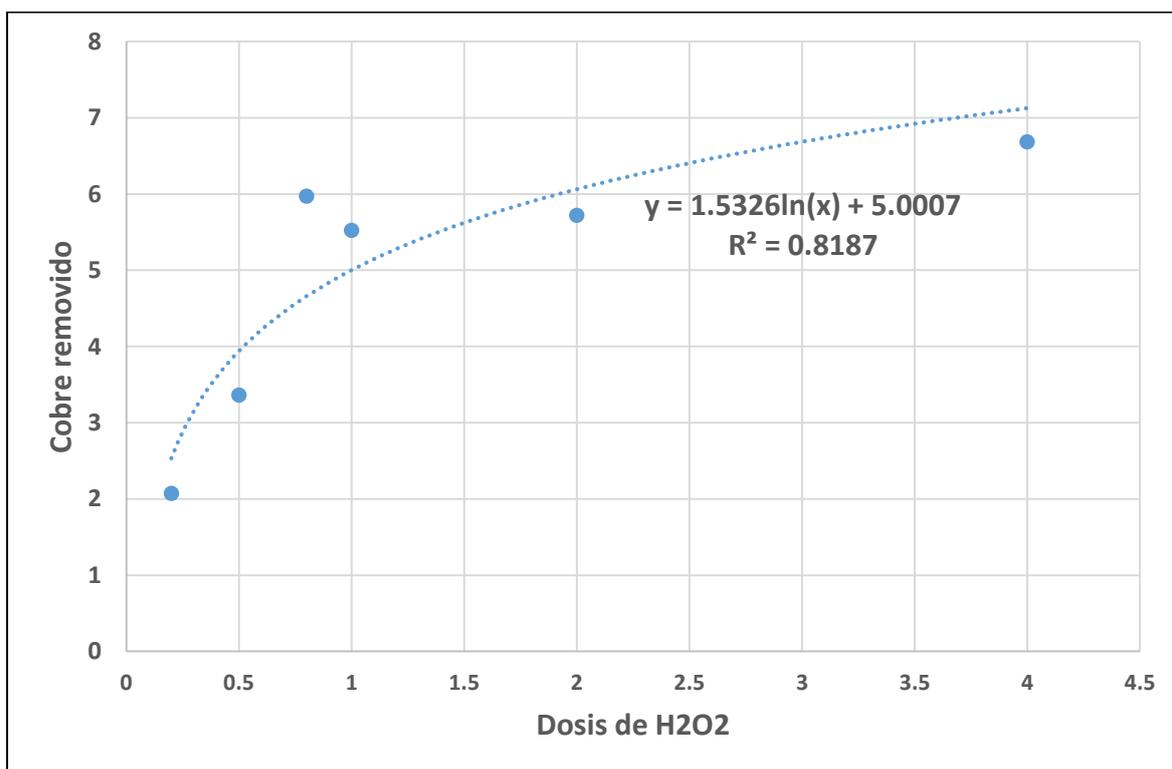
Tabla 8. Resultados de la dosis de H₂O₂ y el cobre removido

Dosis de H ₂ O ₂ (ml/L)	Cobre inicial	Cobre Final (ppm)	Cobre removido
0.2	10.52	8.45	2.07
0.5	10.52	7.16	3.36
0.8	10.52	4.55	5.97
1	10.52	5.00	5.52
2	10.52	4.80	5.72
4	10.52	3.84	6.68

Fuente: Elaboración propia

A. Diagrama de dispersión.

Figura 12. Correlación logarítmica entre la Dosis y remoción de cobre



B. Prueba de normalidad

Se hace la prueba distribución de normalidad de Shapiro Wilk por tener menos de 50 datos en ambas variables de estudio mediante SPSS, y cuyos resultados se presentan:

Tabla 9. Prueba de normalidad de Shapiro Wilk

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Dosis_H ₂ O ₂	,840	6	,130
Cobre_removido_ppm	,876	6	,251

Se observa que el Sig. que es la probabilidad de la prueba de ambas variables superan a la significancia de la prueba de 0.05 por lo que ambas distribuciones son normales. Por lo que se desarrolla una prueba paramétrica de ANOVA para validar la hipótesis de correlación.

C. Prueba de la hipótesis

La prueba de correlación que se ajusta de mejor manera es el logarítmico cuyos resultados mediante SPSS se presentan:

Tabla 10. Resultados del índice de correlación

Resumen del modelo			
R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
,905	,819	,773	,845
La variable independiente es Dosis_H2O2.			

Se observa un índice $r=0.905$ que nos indica un alto grado de correlación que se valida con la prueba de ANOVA.

Tabla 11. Prueba de ANOVA

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	12,895	1	12,895	18,066	,013
Residuo	2,855	4	,714		
Total	15,750	5			
La variable independiente es Dosis_H ₂ O ₂ .					

Como se observa el Sig=0.013 es menor a 0.05 por lo que se rechaza la hipótesis nula y acepta la hipótesis alterna propuesta en la investigación:

El método redox con la dosis del peróxido de hidrógeno (H₂O₂) como oxidante influye en forma significativa en la reducción de cobre. Con un nivel de confianza del 95%.

4.2.2. PARA LA FASE DE REDUCCIÓN

El método redox con la dosis del Sulfhidrato de sodio (NaHS) como reductor influye en forma significativa en la reducción de cobre.

Para ello de la tabla 03 se va a correlacionar las variables de dosis de peróxido de hidrogeno y el cobre removido de la tabla siguiente:

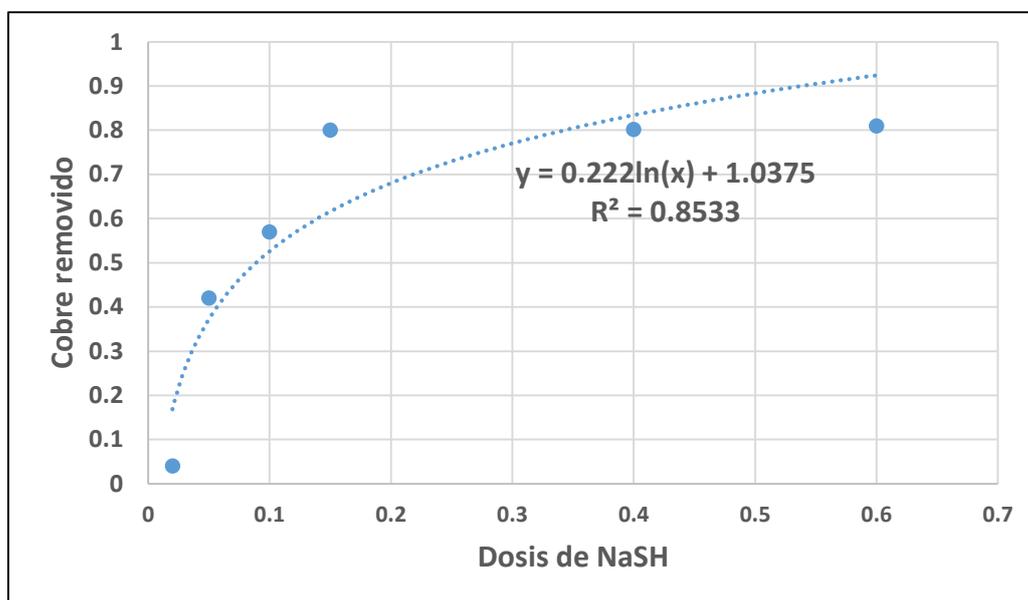
Tabla 12. Resultados de la dosis de NaHS y el cobre removido

Dosis de NaHS (ml/L)	Cobre inicial	Cobre Final (ppm)	Cobre removido
0.02	0.82	0.780	0.04
0.05	0.82	0.400	0.42
0.1	0.82	0.250	0.57
0.15	0.82	0.020	0.80
0.4	0.82	0.018	0.802
0.6	0.82	0.010	0.81

Fuente: Elaboración propia

A. Diagrama de dispersión.

Figura 13. Correlación logarítmica entre la Dosis de NaSH y remoción de cobre.



B. Prueba de normalidad

Se hace la prueba distribución de normalidad de Shapiro Wilk por tener menos de 50 datos en ambas variables de estudio mediante SPSS, y cuyos resultados se presentan:

Tabla 13. Prueba de normalidad de Shapiro Wilk

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Cobre removido2_ppm	,829	6	,105
Dosis_NaSH	,854	6	,168

Se observa que el Sig que es la probabilidad de la prueba de ambas variables superan a la significancia de la prueba de 0.05 por lo que ambas distribuciones son normales. Por lo que se desarrolla una prueba paramétrica de ANOVA para validar la hipótesis de correlación.

C. Prueba de la hipótesis

La prueba de correlación que se ajusta de mejor manera es el logarítmico cuyos resultados mediante SPSS se presentan:

Tabla 14. Resultados del índice de correlación

Resumen del modelo			
R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
,924	,853	,817	,131

La variable independiente es Dosis_NaSH.

Se observa un índice $r=0.924$ que nos indica un alto grado de correlación que se valida con la prueba de ANOVA.

Tabla 15. Prueba de ANOVA

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	,399	1	,399	23,269	,008
Residuo	,069	4	,017		
Total	,468	5			

La variable independiente es Dosis_NaSH.

Como se observa el $\text{Sig.}=0.008$ es menor a 0.05 por lo que se rechaza la hipótesis nula y acepta la hipótesis alterna propuesta en la investigación:

El método redox con la dosis del Sulfhidrato de sodio (NaSH) como reductor influye en forma significativa en la reducción de cobre. Con un nivel de confianza del 95%.

4.3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El tema de aguas residuales industriales y sus tratamientos resalta un escenario de mitigación de los impactos negativos ambientales lo cual concuerda con lo propuesto por VILLANUEVA (11), FLORES (1), WILFREDO (12), ECHEGARAY (13). Los autores coinciden que el método más eficiente para tratar las aguas contaminadas por Cu es el de reducir el contaminante a un pH de 9.00, usando el método redox siendo un método viable y factible para las empresas, coincidiendo de manera similar con la investigación y a su vez cumpliendo con la obligación del compromiso ambiental y los parámetros que deben estar

de acuerdo a las normas de los Estándares de Calidad Ambiental, con el fin de mitigar el impacto ambiental.

Tomando en cuenta las características de la muestra, y las concentraciones de los reactivos a usar luego de la aplicación que permitieron la reducción y remoción de los contaminantes y por tanto el impacto ambiental se redujo tras el empleo del método eficiente de tratamiento y el reactivo que permite que el pH se eleve a alcalino es la cal obteniendo resultados positivos en la reducción del contaminante, siendo este método efectivo ya que redujo un 95% del contaminante de acuerdo con los autores el método redox reduce en contaminante de una manera efectiva, usando reactivos con pequeñas dosis, y también realizaron la prueba de jarras para ver con que reactivos trabajar y cuáles son los más eficientes.

Obteniendo una similitud con lo realizado por CHAGUA (14), que afirma que la implementación del método de tratamiento adecuado, evidencia una remoción considerable en relación a la concentración del Cu, presente en los recursos hídricos; por ende, es importante siempre caracterizar el efluente, debido a esto se tomarán decisiones adecuadas para un método adecuado de tratamiento, en la investigación de CHAGUA (14) usó el método de neutralización, teniendo este método un nivel de eficiencia de 89% ya que ellos usaron más cantidades de dosis de reactivos en el tratamiento que realizaron, en la presente investigación se usó una cantidad óptima de reactivos teniendo una eficiencia significativa de 95% de modo que el método que se usó las concentraciones y reactivos de la investigación tuvieron una mayor eficiencia, después estos efluentes fueron usados para riego al igual que mi proyecto.

Respecto al cálculo de la eficiencia del tratamiento de reducción y oxidación, según los estudios obtenidos en la presente tesis concuerda parcialmente con lo reportado por AQUINO (6) reportan una eficiencia muy alto o considerable: sobre los 95%, acotamos que todos los autores citados en la discusión hacen mención a que la reducción de metales por el método redox primero se da por un pH alcalino, considerando la caracterización de las muestras de aguas contaminadas y realizando las pruebas de jarras para tener en cuenta los reactivos tratantes a utilizar para los tratamientos y para la cantidad de la muestra, los compromisos ambientales validados y certificados, mostrando la necesidad de probar otros reactivos de manera de ver que las concentraciones de los reactivos y tipos de reactivos a utilizar para el tratamiento del agua contaminada sean los adecuados y de manera complementaria esto acote información para investigaciones similares.

Los parámetros identificados respecto a los impactos ambientales que vincula a la sociedad, el ambiente y la economía, según los resultados. Estos concuerdan con los siguientes autores CANDELARIA (7), LOAYZA (8) y S. PUIG (9) hacen referencia que los tratamientos de las aguas residuales industriales de la mina influyen en la mitigación de los impactos ambientales negativos en relación del desbordamiento de un efluente con parámetros en concentraciones bajas de los Estándares de Calidad Ambiental del Agua, los resultados del tratamiento por el método redox del efluente concuerda con lo propuesto por BECERRA (15), indica que la reducción y la oxidación de los metales pesados de las aguas residuales industriales guardan una relación respecto a la eficiencia en el proceso del tratamiento, minimizando el riesgo ambiental y garantizando la preservación del agua y la prevención de la contaminación al medio ambiente, evidenciando con los resultados obtenidos del método de tratamiento, y que “solucionan” o corrigen las proporciones elevadas de la concentración de Cu en relación de los insumos tratantes, demostrando una mejora en relación a la conservación de la calidad ambiental; el tratamiento que se realizó con diversos insumos y concentraciones, la cual se observa en la eficiencia de la remoción del Cu, actualmente se ha desarrollado una gran cantidad de métodos y diferentes insumos con significancias satisfactorias en los procesos de reducción y la remoción de Cu, todas con el objetivo de reducir costos y tácticas, que aprueben su ejecución y sostenibilidad, en consecuencia la alternativa de tratamiento propuesta por la investigación realizada tiende a ser viable. De acuerdo al autor ellos usaron tanto de reductivos, se coincide en las tesis

CONCLUSIONES

1. Se determinó de qué manera influye la remoción de cobre a través del método de redox de los efluentes contaminados por los procesos mineros en la provincia de Lurín 2018 el cual tuvo una eficiencia óptima del 95% logrando mantener a la concentración por debajo de los estándares de calidad ambiental del agua, considerando un pH de 9.
2. Se determinó la cantidad de concentración del cobre y el pH de los efluentes contaminados por los procesos mineros de la provincia de Lurín 2018, son extremadamente ácidos, alta concentración de metales pesados que sobrepasan en un inicio a los Estándares de Calidad Ambiental.
3. Se determinó la reducción de la concentración del cobre a través el tratamiento de redox de los efluentes contaminados por los procesos mineros en la provincia de Lurín 2018, el cual fue significativo, cumpliendo con los parámetros del ECA y los límites máximos permisibles de la norma peruana.

RECOMENDACIONES

1. Realizar estudios que se enfoquen en el análisis del parámetro estudiado en componentes ambientales complementarios.
2. Recomiendo realizar estudios de suelos en la Provincia de Lurín, que evidencien la reducción del cobre.
3. Recomiendo realizar estudios de los lodos generados en el tratamiento de los efluentes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **Lozano, Honorato Hernán Flores.** repositorio. *repositorio.unc.edu.pe*. [En línea] diciembre de 2016. [Citado el: 13 de marzo de 2019.] <http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/1299/TESIS%20HERNAN%20post%20privada%20%20final.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
2. **Ripa, Jaime.** elpais. *elpais.com*. [En línea] 22 de marzo de 2018. [Citado el: 28 de marzo de 2019.] https://elpais.com/politica/2018/03/21/actualidad/1521653474_529672.html.
3. **Oliva, Manuel.** elespanol. *elespanol.com*. [En línea] 26 de julio de 2017. [Citado el: 31 de marzo de 2019.] https://www.elespanol.com/ciencia/ecologia/20170725/233977159_0.html.
4. **Redacción EC.** elcomercio. *elcomercio.pe*. [En línea] 22 de marzo de 2019. [Citado el: 31 de marzo de 2019.] <https://elcomercio.pe/tecnologia/ciencias/cuatro-universidades-desarrollan-proyectos-descontaminar-mejorar-agua-noticia-619267>.
5. **Stereo Villa.** stereovilla. *stereovilla.pe*. [En línea] 15 de julio de 2018. [Citado el: 31 de marzo de 2019.] <http://stereovilla.pe/exigen-a-autoridades-se-preocupen-por-aguas-residuales-que-afectan-el-rio-lurin-y-pobladores/>.
6. **Espinoza, Pavel Aquino.** dar. *www.dar.org.pe*. [En línea] febrero de 2017. [Citado el: 16 de febrero de 2019.] https://www.dar.org.pe/archivos/eventos/230217_foropublico/impactos_socioamb.pdf.
7. *Adsorción de metales pesados en aguas residuales usando materiales de origen biológico.* **Tovar, Candelaria Tejada y Jaraba, Ángel Villabona Ortiz y Luz Garcés.** No. 34, pp. 109-123, Cartajena - Colombia : Tecno Lógicas, enero de 2015, Vol. Vol. 18 .
8. **Loayza, Raúl.** metasbicentenario.consortio. <http://www.metasbicentenario.consortio.edu.pe>. [En línea] 2015. [Citado el: 14 de marzo de 2019.] <http://www.metasbicentenario.consortio.edu.pe/mineria-y-ambiente/extenso-danos-ambientales-de-la-mineria-en-el-peru-que-hacer-con-ellos/>.
9. **S. Puig, N. Pous, M. D. Balaguer y J. Colprim.** aguasresiduales. *www.aguasresiduales.info*. [En línea] 04 de marzo de 2019. [Citado el: 12 de marzo de 2019.] <https://www.aguasresiduales.info/revista/articulos/los-sistemas-bioelectroquimicos-bes-como-tratamiento-alternativo-de-nitrogeno-de-aguas-contaminadas>.
10. **Floramis Pérez, Tayrumba de los Armenteros y Juan Pedro Hernández.** scielo.sld.cu. <http://scielo.sld.cu>. [En línea] junio de 2016. [Citado el: 14 de marzo de 2019.] http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2223-48612016000200007.
11. **Pinto, Renato Villanueva Y Fernando Sánchez.** cybertesis. <http://cybertesis>. [En línea] 2013. [Citado el: 15 de marzo de 2019.] http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/1725/1/villanueva_ar.pdf.

12. **Graza Evaristo, Franklin Wilfredo y Pozo, Quispe.** cybertesis. *cybertesis.unmsm.edu.pe*. [En línea] 2015. [Citado el: 14 de marzo de 2019.] <http://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/cybertesis/4205>.
13. **Ruth, Echegaray.** repositorio.continental.edu.pe. *repositorio.continental.edu.pe*. [En línea] 29 de noviembre de 2017. [Citado el: 14 de marzo de 2019.] <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/continental/5017>.
14. **Chagua Orosco, Roger Eliades y Tardío Osorio, Julio Javier.** repositorio.uncp. *repositorio.uncp.edu.pe*. [En línea] 2015. [Citado el: 15 de marzo de 2019.] <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/1939/Chagua%20Orosco%20-%20Tardio%20Osorio.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
15. **Orjuela, Jenny Lizarazo y Martha.** bdigital.unal.edu.co. *bdigital.unal*. [En línea] 2013. [Citado el: 15 de marzo de 2019.] <http://bdigital.unal.edu.co/11112/1/marthaisabelorjuela2013.pdf>.
16. **Hernández, María Teresa.** oa.upm. *oa.upm.es*. [En línea] 2014. [Citado el: 16 de marzo de 2019.] http://oa.upm.es/44286/1/INVE_MEM_2014_238768.pdf.
17. **Padilla, Beatriz.** polipapers. *polipapers.upv.es*. [En línea] 4 de diciembre de 2015. [Citado el: 14 de marzo de 2019.] <https://polipapers.upv.es/index.php/IA/article/view/2571/2553>.
18. **Balladares, Job.** mific. *mific.gob.ni*. [En línea] 2009. [Citado el: 15 de marzo de 2019.] <https://www.mific.gob.ni/Portals/0/Documentos%20RPI/Patentes%20de%20Invenci%C3%B3n/Estudio%20Arsenico.pdf>.
19. *Niveles de arsénico y vanadio en aguas.* **Pérez, Alejo.** Numero especial: 19-28, 2013, Montevideo, Uruguay : Aguas Augmdomus, 2013, Vol. 5.
20. **Rodríguez, Juan José.** <http://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v22n4/0188-4999-rica-22-04-173.pdf>. <http://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v22n4/0188-4999-rica-22-04-173.pdf>. [En línea] diciembre de 2006. [Citado el: 16 de marzo de 2019.] <http://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v22n4/0188-4999-rica-22-04-173.pdf>.
21. **Chulluncuy, Nadia.** revistas.ulima. *revistas.ulima.edu.pe*. [En línea] 16 de junio de 2011. [Citado el: 16 de marzo de 2019.] https://revistas.ulima.edu.pe/index.php/Ingenieria_industrial/article/viewFile/232/208.
22. **Museum, Koshland Science.** koshland-science-museum. *koshland-science-museum.org*. [En línea] 2018. <https://www.koshland-science-museum.org/water/new/es/Overview/Why-is-Safe-Water-Essential.html>.
23. **Dozier, Monty C.** texaswater. *texaswater.tamu*. [En línea] [Citado el: 14 de marzo de 2019.] <https://texaswater.tamu.edu/resources/factsheets/l5472scopper.pdf>.
24. **Carbotecnia.** carbotecnia. *carbotecnia.info*. [En línea] 2016. [Citado el: 16 de marzo de 2019.] <https://www.carbotecnia.info/encyclopedia/cobre/>.

25. **DELGADO, MÉLIDA DURÁN.** repositorio. *repositorio.ug.edu.ec*. [En línea] 2004. [Citado el: 11 de Marzo de 2019.] <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/3101/3/Tesis-1era%20parte.pdf>.
26. **Marroquin, Jesus A. Custodio.** slideshare. *es.slideshare.net*. [En línea] 20 de noviembre de 2011. [Citado el: 13 de Marzo de 2019.] <https://es.slideshare.net/jcustodio91/contaminacin-por-metales-pesados>.
27. **GONZALEZ, JUAN VEGA.** dspace. *dspace.unitru.edu.pe*. [En línea] 2012. [Citado el: 11 de marzo de 2019.] <http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/5812/Tesis%20Maestr%C3%ADa%20-%20Juan%20Vega%20Gonz%C3%A1les.pdf?sequence=1>.
28. **WANG, Y., LIN, S. y JUANG, R.** *Removal of heavy metal ions from aqueous solutions using various low-cost adsorbents". Journal of Hazardous Materials.* 2003.
29. **MARGINEDA DE GODOS, J.** *Estudio de procesos de adsorción/desorción de iones en resinas encapsuladas. Aplicaciones a la remineralización de tejidos dentales.* Barcelona : Universidad Autónoma de Barcelona, 2004.
30. **APPELO, C. y POSTMA, D.** *Geochemistry, groundwater and pollution.* Rotterdam : Balkema, 1993.
31. **VILLARAN, M., y otros.** *Adsorbentes basados en quitosano y alginate.* s.l. : Revista iberoamericana de Polimeros, 2007.
32. **DI BERNANDO, L.** *Métodos y Técnicas de tratamiento de agua.* Río de Janeiro : ABES, 1993.
33. **BULLON, J.** *Tratamiento de aguas en la industria minero-metalúrgica.* Perú : s.n., 2014.
34. **AVENDAÑO, N.** *Remoción de Hierro y Manganeso. Unidad de vigilancia de la Salud y Ambiente.* México : s.n., 2002.
35. **BARRENECHEA, M.** *Aspectos Fisicoquímicos de la Calidad del Agua.* Lima : s.n., 2000.
36. **POURBAIX, Marcel.** *Thermodynamics of Dilute Aqueous Solutions. Graphical Representation of the Role of pH and Potential.* Baltimore : s.n., 1940.
37. **CUADROS, ANGELO BUSTAMANTE.** repositorio. *repositorio.unap.edu.pe*. [En línea] 2016. [Citado el: 12 de Marzo de 2019.] http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/2853/Bustamante_Cuadros_%20Angelo.pdf?sequence=1&isAllowed=y..
38. **Rufian, Gabriel.** okdiario. *okdiario.com*. [En línea] 29 de marzo de 2017. [Citado el: 16 de marzo de 2019.] <https://okdiario.com/curiosidades/caracteristicas-del-cobre-868181>.
39. **MOSTEIRO, AIXA DEL OLMO.** toxamb.wordpress. *toxamb.wordpress.com*. [En línea] 24 de 11 de 2015. [Citado el: 12 de 03 de 2019.] <https://toxamb.wordpress.com/2015/11/24/efectos-de-la-contaminacion-por-cobre/>.

40. **Lenntech.** lenntech. *lenntech.es*. [En línea] 2019. [Citado el: 12 de marzo de 2019.] <https://www.lenntech.es/periodica/elementos/cu.htm>.
41. **Caracteristicas.** caracteristicas. *caracteristicas.co*. [En línea] 2017. [Citado el: 11 de Marzo de 2019.] <https://www.caracteristicas.co/cobre/#ixzz5irCgsSmd>.
42. **Slideshare.** es.slideshare. *es.slideshare.net*. [En línea] 14 de agosto de 2017. [Citado el: 12 de marzo de 2019.] <https://es.slideshare.net/SilvanaQuispePuma/contaminacion-del-cobre>.
43. **Universidad Autónoma del estado de Mexico.** redalyc. *redalyc.org*. [En línea] abril de 2015. [Citado el: 11 de Marzo de 2019.] <https://www.redalyc.org/html/416/41615103/>.
44. **Rotoplas.** rotoplas. *rotoplas.com*. [En línea] 2018. [Citado el: 20 de abril de 2019.] <https://rotoplas.com.mx/agua-cruda/>.
45. **ingenieroambiental.** *ingenieroambiental.com*. [En línea] [Citado el: 20 de abril de 2019.] <http://www.ingenieroambiental.com/4014/uno.pdf>.
46. **ECOPRENEUR.** ecopreneur. *www.ecopreneur.cl*. [En línea] 2017. [Citado el: 20 de abril de 2019.] <https://www.ecopreneur.cl/soluciones/aguas-de-mina-y-proceso/>.
47. **SANDOVAL, GUILLERMO RAY RAMIREZ.** repositorio. *repositorio.unac.edu.pe*. [En línea] 21 de agosto de 2012. [Citado el: 13 de marzo de 2019.] http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/UNAC/402/Guillermo_Tesis_t%C3%ADtulo%20profesional_2013.pdf?sequence=1&isAllowed=y&fbclid=IwAR133ooXDSs8Zyja7vG9hhFJX6i17_L-5kpAaaVdntXilymbEArUaSvNDsw.
48. **Ministerio de Educacion Ciencia y Tecnologia.** <http://www.bnm.me.gov.ar>. *bnm.me.gov.ar*. [En línea] 2003. [Citado el: 16 de marzo de 2019.] <http://www.bnm.me.gov.ar/giga1/documentos/EL002315.pdf>.
49. *La hidrosfera y el ciclo del agua. La contaminación del agua. Métodos de análisis y depuración y el problema de la escasez del agua.* **ALVAREZ, Oscar.** Tarragona : Publicaciones Didácticas , 2016.
50. **Gobierno del Principado De Asturias.** asturias. *asturias.es*. [En línea] 2015. [Citado el: 16 de marzo de 2019.] <https://www.asturias.es/portal/site/medioambiente/menuitem.1340904a2df84e62fe47421ca6108a0c/?vgnextoid=b74b33f079a49210VgnVCM10000097030a0aRCRD>.
51. **Ibañez, Gabriela Maritza.** usfx. *usfx.bo*. [En línea] 2012. [Citado el: 11 de marzo de 2019.] https://www.usfx.bo/nueva/vicerrectorado/citas/TECNOLOGICAS_20/Ingenieria%20de%20Medio%20Ambiente/T-UTC-2129.pdf.
52. **ADUVIRE, Osvaldo.** *Drenaje Ácido de Mina: Generación y Tratamiento*. Madrid : IGME, 2006.

53. **KUYUCAK, Nural.** *Tratamiento de efluentes mineros “prácticas convencionales, desafíos ambientales & temas clave”.* Material del Curso de especialización en Cierre de Minas y Pasivos Ambientales. Lima : PERCAN, 2017.
54. **Definicion. definicion. definicion.de.** [En línea] 2019. [Citado el: 11 de marzo de 2019.] <https://definicion.de/redox/>.
55. **khanacademy. khanacademy. es.khanacademy.org.** [En línea] 2019. [Citado el: 18 de marzo de 2019.] <https://es.khanacademy.org/science/chemistry/oxidation-reduction/redox-oxidation-reduction/a/oxidation-reduction-redox-reactions>.
56. **condorchem. condorchem. condorchem.com.** [En línea] 2019. [Citado el: 20 de marzo de 2019.] <https://condorchem.com/es/tratamiento-de-aguas-residuales-industriales/>.
57. **Espinoza, Ramón Enrique. 2.congreso. 2.congreso.gob.pe.** [En línea] 05 de abril de 2010. [Citado el: 12 de marzo de 2019.] [http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/29571C95BEF797F705257DCC0053233E/\\$FILE/MAS_GAA_010.pdf](http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/29571C95BEF797F705257DCC0053233E/$FILE/MAS_GAA_010.pdf).
58. **Condorchem Envitech. condorchem. condorchem.com.** [En línea] 2019. [Citado el: 11 de marzo de 2019.] <https://condorchem.com/files/catalogos/Envidest%20&%20Desalt%20ES%20-%20ONLINE.pdf>.
59. **J, BULLON.** *Tratamiento de aguas en la industria minero-metalúrgica.* Perú : s.n., 2014.
60. **GILES, C., SMITH, D. y HUITSON, A.** *A general treatment and classification.* s.l. : Journal of Colloid and Interface Science, 1974.
61. **Echegaray, Ruth.** Remoción del Manganeso con el Método de Reducción-Alcalinización en las aguas contaminadas por los procesos mineros en la Provincia de Huaral 2017. *Tesis.* Peru : s.n., 2018.
62. **Lenntech. lenntech. lenntech.es.** [En línea] 2019. [Citado el: 17 de marzo de 2019.] <https://www.lenntech.es/periodica/elementos/cu.htm>.
63. **Investigación y desarrollo . invdes. invdes.com.** [En línea] 17 de junio de 2017. [Citado el: 18 de marzo de 2019.] <https://invdes.com.mx/infografias/que-es-el-agua-tratada/>.
64. **AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA. PROTOCOLO NACIONAL PARA EL MONITOREO DE LA CALIDAD DE LOS RECURSOS HIDRICOS SUPERFICIALES. RESOLUCIÓN JEFATURAL N°010-2016-ANA.** LIMA : ANA, 2016.
65. **ORTIZ, Ramon.** *GLOSARIO GEOHIDROLOGICO.* México : Universitaria Potosina, 1996. 968-7674-00-8.
66. **JIMENEZ, Blanca.** *La Contaminación Ambiental en Mexico.* México : Noriega Editores, 2001. 6042-X.

67. De Quimico. dequimico.com. [En línea] [Citado el: 12 de Abril de 2018.]
<http://dequimica.com/teoria/reduccion-oxidacion>.

68. ARROYO, Jacinto. *¿como ejecutar un plan de investigación?* Huancayo : Fundacion para el desarrollo, 2012.

69. Alliance, Copper. copperalliance. copperalliance.es. [En línea] 2018. [Citado el: 11 de marzo de 2019.] <https://copperalliance.es/cobre/cobre-y-sus-aleaciones/propiedades/>.

ANEXOS

ANEXO 1. LA PREPARACIÓN DE LOS REACTIVOS SE DAN:

Porcentaje en peso: (%p/p)

También se le conoce como porcentaje peso-peso y determina la masa de soluto, en gramos, contenida en 100 gramos de masa de solución. Se trabajó de una unidad de amplio uso en laboratorio.

$$\% \frac{p}{p} = \frac{\text{masa de soluto (g)}}{\text{masa de solución (g)}} \times 100$$

1. Procedemos a preparar; donde agregamos en un vaso de precipitado la cantidad del reactivo calculado y lo aforamos con un volumen de agua deseado.
2. Agitamos la solución hasta disolver por completo o la mayor parte del reactivo.
3. Una vez preparado el reactivo, lo vertemos en un frasco para almacenarlo donde lo rotulamos con el nombre del reactivo, el porcentaje de dilución y la fecha que ha sido preparada.

ANEXO 02: ACREDITACIÓN DE LABORATORIO DE ENSAYO E INFORME DE UN LABORATORIO CERTIFICADO.



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA1906216**

NEHEMIAS OBED CAMARGO COLQUECHAGUA
JR. RAMON CASTILLA N° 120 SANTA ROSA DE SACCO - YAULI LA OROYA

ENV / LB-345186-003

PROCEDENCIA : LURIN

Fecha de Recepción SGS : 13-03-2019
Fecha de Ejecución : Del 13-03-2019 al 20-03-2019
Muestreo Realizado Por : CLIENTE
Observación : REMOCIÓN DE COBRE POR REDOX

Estación de Muestreo
ANTES DEL TRATAMIENTO
DESPUES DEL TRATAMIENTO

Emitido por SGS del Perú S.A.C.

Impreso el 20/03/2019

/



**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA1906216**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					ANTES DEL TRATAMIENTO	DESPUES DEL TRATAMIENTO
FECHA DE MUESTREO					08/03/2019	08/03/2019
HORA DE MUESTREO					17:00:00	17:00:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUBCATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado	Resultado
Metales Totales						
Aluminio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.001	0.003	<0.003	<0.003
Antimonio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0004	0.0013	0.10013	0.00094
Arsénico Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0003	0.0010	0.00281	<0.0010
Bario Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0422	<0.0003
Berilio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Bismuto Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003
Boro Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.002	0.006	0.985	0.212
Cadmio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0001	0.0003	0.04744	<0.0003
Calcio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.003	0.009	1,096.212	0.685
Cerio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0008	0.0024	<0.0024	<0.0024
Cesio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0022	<0.0003
Cobalto Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0001	0.0003	0.00882	<0.0003
Cobre Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0003	0.0009	0.02749	<0.0009
Cromo Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003
Estaño Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0003	0.0010	<0.0010	<0.0010
Estroncio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	1.7087	0.0038
Fósforo Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.015	0.047	<0.047	<0.047
Gaio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0004	0.0012	0.00037	0.00027
Germanio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Hafnio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Hierro Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0004	0.0013	0.0791	<0.0013
Lantano Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Litio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0314	<0.0003
Lutecio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Magnesio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.001	0.003	88.911	3.645
Manganeso Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0003	0.0010	5.82663	<0.0010
Mercurio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0003	0.0009	<0.0009	<0.0009
Molibdeno Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	0.07036	0.00036
Niobio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Niquel Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0029	<0.0006
Plata Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00003	0.00010	0.001284	<0.00010
Plomo Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0316	<0.0006
Potasio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.04	0.13	59.38	2.85



**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA1906216**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					ANTES DEL TRATAMIENTO	DESPUES DEL TRATAMIENTO
FECHA DE MUESTREO					08/03/2019	08/03/2019
HORA DE MUESTREO					17:00:00	17:00:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUBCATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado	Resultado
Metales Totales						
Rubidio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0003	0.0009	0.0491	<0.0009
Selenio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0004	0.0013	0.0234	<0.0013
Silicio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.09	0.27	5.84 *	0.28 *
Silicio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.04	0.13	2.73	0.13
Sodio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.006	0.019	2,149.517	8.256
Talio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00002	0.00006	0.00478	<0.00006
Tantalio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0007	0.0021	<0.0021	<0.0021
Teluro Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.001	0.003	<0.003	<0.003
Thorio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00006	0.00019	<0.00019	<0.00019
Titanio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0020	<0.0006
Uranio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010	<0.000010
Vanadio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003
Wolframio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Yterbio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Zinc Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.0008	0.0026	1.4978	0.0115
Zirconio Total	EW_EPA200_8	mg/L	0.00015	0.00045	<0.00045	<0.00045

Notas:

El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.

Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.

(*) El método indicado no ha sido acreditado por el INACAL - DA , para la matriz en mención.

**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA1906216**

CONTROL DE CALIDAD

LC: Límite de cuantificación
MB: Blanco del proceso.
LCS %Recovery: Porcentaje de recuperación del patrón de proceso.
MS %Recovery: Porcentaje de recuperación de la muestra adicionada.
MSD %RPD: Diferencia Percentual Relativa entre los duplicados de la muestra adicionada.
Dup %RPD: Diferencia Percentual Relativa entre los duplicados del proceso.

Parámetro	Unidad	LC	MB	DUP %RPD	LCS %Recovery	MS %Recovery	MSD %RPD
Aluminio Total	mg/L	0.003	<0.003	0 - 8%	102%	101%	1%
Antimonio Total	mg/L	0.00013	<0.00013	0 - 6%	97 - 100%	92%	0%
Arsénico Total	mg/L	0.00010	<0.00010	0 - 8%	100 - 103%	97%	0%
Bario Total	mg/L	0.0003	<0.0003	0 - 7%	93 - 101%	100%	4%
Berilio Total	mg/L	0.00006	<0.00006	0 - 7%	95 - 102%	95%	0%
Bismuto Total	mg/L	0.0003	<0.0003	0 - 7%	101 - 102%	100%	0%
Boro Total	mg/L	0.006	<0.006	0 - 7%	95 - 102%	101%	1%
Cadmio Total	mg/L	0.0003	<0.0003	0 - 5%	101 - 102%	100%	0%
Calcio Total	mg/L	0.009	<0.009	0 - 7%	100 - 101%	102%	4%
Cerio Total	mg/L	0.00024	<0.00024	0 - 5%	105%	106%	0%
Cesio Total	mg/L	0.0003	<0.0003	0 - 7%	98 - 108%	105%	3%
Cobalto Total	mg/L	0.0003	<0.0003	0 - 8%	98 - 100%	101%	0%
Cobre Total	mg/L	0.0009	<0.0009	0 - 7%	101 - 109%	103%	3%
Cromo Total	mg/L	0.0003	<0.0003	0 - 5%	97 - 102%	95%	0%
Estadío Total	mg/L	0.00010	<0.00010	0%	98 - 105%	102%	0%
Estroncio Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0 - 5%	100 - 104%	103%	2%
Fósforo Total	mg/L	0.047	<0.047	0 - 7%	107%	98%	1%
Gaio Total	mg/L	0.00012	<0.00012	0 - 8%	98 - 102%	100%	0%
Germanio Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0 - 6%	105 - 106%	106%	7%
Hafnio Total	mg/L	0.00015	<0.00015	0 - 1%	97 - 100%	103%	0%
Hierro Total	mg/L	0.0013	<0.0013	0 - 8%	95 - 100%	98%	2%
Lantano Total	mg/L	0.0015	<0.0015	0 - 3%	102 - 107%	107%	5%
Litio Total	mg/L	0.0003	<0.0003	0 - 6%	98 - 106%	97%	0%
Lutecio Total	mg/L	0.00006	<0.00006	0 - 7%	95 - 99%	95%	4%
Magnesio Total	mg/L	0.003	<0.003	0 - 8%	100 - 102%	101%	1%
Manganeso Total	mg/L	0.00010	<0.00010	0 - 8%	95 - 99%	108%	1%
Mercurio Total	mg/L	0.00009	<0.00009	0%	95 - 97%	104%	0%
Moibdeno Total	mg/L	0.00009	<0.00009	0 - 8%	100%	97%	0%
Niobio Total	mg/L	0.0015	<0.0015	0%	95 - 100%	97%	0%
Niquel Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0 - 6%	95 - 101%	100%	0%
Plata Total	mg/L	0.00010	<0.00010	0 - 4%	103 - 106%	98%	3%
Plomo Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0 - 8%	99 - 104%	102%	0%
Potasio Total	mg/L	0.13	<0.13	0 - 7%	98%	100%	7%
Rubidio Total	mg/L	0.0009	<0.0009	0 - 8%	100 - 106%	105%	0%
Selenio Total	mg/L	0.0013	<0.0013	0 - 7%	99 - 100%	98%	0%
Silicio Total	mg/L	0.27	<0.27	0 - 7%	103%	104%	9%
Sodio Total	mg/L	0.13	<0.13	0 - 7%	103%	104%	9%
Sodio Total	mg/L	0.019	<0.019	0 - 6%	95 - 100%	100%	2%
Talio Total	mg/L	0.00008	<0.00008	0 - 1%	103 - 105%	102%	0%
Tantalo Total	mg/L	0.0021	<0.0021	0 - 2%	99 - 100%	98%	0%
Teluro Total	mg/L	0.003	<0.003	0 - 3%	99 - 100%	100%	0%
Thorio Total	mg/L	0.00019	<0.00019	0 - 7%	100 - 102%	103%	0%
Titanio Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0 - 6%	101%	101%	0%
Uranio Total	mg/L	0.00010	<0.00010	0 - 7%	108%	104%	2%
Vanadio Total	mg/L	0.0003	<0.0003	0 - 6%	99 - 100%	98%	0%
Wolframio Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0 - 2%	98 - 100%	98%	0%
Yterbio Total	mg/L	0.00006	<0.00006	0 - 7%	103 - 105%	102%	0%
Zinc Total	mg/L	0.0026	<0.0026	0 - 6%	93 - 101%	98%	1%
Zincio Total	mg/L	0.00045	<0.00045	0 - 6%	100 - 101%	103%	0%



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA1906216**

REFERENCIAS DE MÉTODOS DE ENSAYO

Referencia	Sede	Parámetro	Método de Ensayo
EW_EPA200_8	Callao	Metales Totales	EPA 200.8, Rev 5.4- 1994. Determination of Trace Elements in Waters and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry.

Este documento es emitido por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, que pueden encontrarse en la página <http://www.sgs.com/ES/TermsandConditions.aspx>. Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definidas en dichas Condiciones Generales de Servicio, su alteración o su uso indebido constituye un delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales de la materia, queda prohibida la reproducción parcial, salvo autorización escrita de SGS de Perú S.A.C.

Los resultados del informe de ensayo solo son válidos para la(s) muestra(s) ensayada(s) y 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. La compañía no es responsable del origen o fuente de la cual las muestras han sido tomadas.

Última Revisión Julio 2015

ANEXO 03: CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN DE LOS EQUIPOS:



CERTIFICADOS DE CALIBRACION Y/O VERIFICACIÓN OPERACIONAL DE LOS EQUIPOS

LAB-23

DHLCTRONICS	CERTIFICADO DE MANTENIMIENTO ICP 4300DV	CÓDIGO : LAB-23 AREA : INSTRUMENTACION ELABORADO: DHL FECHA : 16 /12/2017
--------------------	---	--

ESPECTROFOTOMETRO DE EMISION

PERKIN ELMER MODELO ICP OPTIMA 4300DV

Compañía: ENVIROTES S.A.C
Dirección: CALLE B MZ C LOTE 40 URB. PANAMERICANA -SMP
Área: LABORATORIO
Responsable: HAROLDS PACHERRE CRUZ
Teléfono: 523 1828
Código de cliente: - - - - -

Fecha de evaluación: DICIEMBRE 16, 2017
Próxima certificación: - - - - -
Periodo recomendado: 12 MESES
Fecha sugerida: DICIEMBRE 2018
N° de certificado: EC 0681
Fecha de última certificado - - - - -

Teléfono de consultas: 201 5800/444 9983

DHLCTRONICS

CERTIFICADO DE
MANTENIMIENTO
ICP 4300DV

CÓDIGO : LAB-23
AREA : INSTRUMENTACION
ELABORADO: DHL
FECHA : 18/12/2017

GENERAL

- Consultar al cliente sobre el funcionamiento del equipo desde la última visita
- Revisar la línea de voltaje y la línea tierra

Mecánico/Neumático

- Revisar y limpiar todos los filtros y ventiladores
- Revisar y limpiar, cambiar si fueran necesario los componentes de la antorcha
- Revisar y limpiar tuberías, cambiar si fuera necesario
- Revisar el buen funcionamiento de la bomba peristáltica

Revisar y ajustar si fueran necesario los gases internos

- Nitrógeno @ 20 PSI
- Argón @ 75PSI
- Shear gas @ 65PSI
- Neumática de la antorcha @ 65PSI (ambos)
- Revisar y ajustar la presión interna del agua 35PSI
- Revisar el AUX, NEB y plasma
- Revisar que no haya fugas por la línea de gases
- Revisar la purga alta y baja del Nitrógeno, revisar el buen funcionamiento de las válvulas solenoides del shear gas
- Revisar el buen funcionamiento de los motores del espectrómetro
- Realizar el mantenimiento preventivo al chiller
- Reemplazar el agua del chiller
- Purgar la compresora y revisar la calibración de corte y encendido
- Limpiar el exterior del instrumento

DHLCTRONICS

CERTIFICADO DE
MANTENIMIENTO
ICP 4300DV

CÓDIGO : LAB-23
AREA : INSTRUMENTACION
ELABORADO: DHL
FECHA : 16/12/2017

Eléctrico

- Revisar todas las tarjetas electrónicas
- Revisar el software del instrumento, observar el enlace con el pc
- Abrir el software de diagnóstico del instrumento
 - 1) revisar la ventana de estado de RF
 - 2) revisar el funcionamiento de todos los interlocks

- Revisar los voltajes del RF y del espectrofotómetro

Óptico

- Revisar todos componentes ópticos, revisar la purga
- Revisar el buen funcionamiento de la óptica de transferencia (XY)
- Revisar el buen funcionamiento del mecanismo del slit
- Revisar, limpiar y cambiar las ventanas axial y radial
- Revisar todos los componentes de todo el accesorio DV
- Revisar la tubería del shear gas
- Revisar las temperaturas de la óptica desde el software de diagnóstico
- Realizar un alineamiento XY de los detectores

DHLCTRONICS

CERTIFICADO DE
MANTENIMIENTO
ICP 4300DV

CÓDIGO : LAB-23
AREA : INSTRUMENTACION
ELABORADO: DHL
FECHA : 16/12/2017

Pruebas de verificación

Realizar las pruebas finales de todo el sistema y llenar el certificado

Revisión

Revisar el trabajo realizado con el cliente

Revisar la rutina de mantenimiento realizada con el cliente


TECNICO DE SERVICIO


FIRMA DEL CLIENTE

ANEXO 04: HOJA DE SEGURIDAD DE LOS REACTIVOS

Ficha de Datos de Seguridad
REDIMEX



IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO

NOMBRE DEL PRODUCTO : REDIMEX

COMPOSICIÓN E INFORMACIÓN SOBRE LOS INGREDIENTES

Nombre químico (IUPAC): Sulfhidrato de Sodio en escamas

Fórmula química: NaSH Sinónimos: Bisulfuro de Sodio, Hidrosulfuro de Sodio, Sulfuro de hidrógeno y Sodio.

No. CAS: 240-778-0No.

NU: 2949

IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS

Marca en etiqueta: CORROSIVO

Clasificación de riesgos del producto químico:

Salud: 3

Inflamabilidad: 0

Reactividad: 0

a) Riesgos para la salud de las personas: Es un irritante severo. Un contacto prolongado puede causar quemaduras. La aspiración del polvo puede causar irritación del tracto respiratorio superior.

Efectos de una sobreexposición aguda (por una vez):

Inhalación: La inhalación de los vapores puede causar la irritación del tracto respiratorio.

Contacto con la piel: Causa irritación grave. Un contacto prolongado puede llegar a causar quemaduras químicas.

Contacto con los ojos: Causa irritación grave y puede producir un daño permanente.

Ingestión: Causa irritación grave a las membranas mucosas del sistema digestivo y el contacto del material con el ácido del estómago causa la liberación del gas de sulfuro de hidrógeno el que es altamente tóxico.

Efectos de una sobreexposición crónica (largo plazo): No se conocen efectos de una exposición prolongada al producto. El hidrosulfuro de sodio no figura en las listas de productos carcinogénicos.

Condiciones médicas que se verán agravadas con la exposición al producto: Las personas con afecciones respiratorias no deben ser expuestas al producto.

b) Riesgos para el medio ambiente: El producto reacciona con el aire y puede producir incendios, con desprendimiento de gases sulfurados. Por ello debe ser tratado como "peligroso para el ambiente".

c) Riesgos especiales del producto: El mayor peligro está constituido porque puede entrar en combustión espontánea. Debe ser manipulado de acuerdo a él.

MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS

En caso de contacto accidental con el producto, proceder de acuerdo con:

Inhalación: Lleve a la persona afectada al aire libre. Ayúdela a respirar si ello es necesario. Si persisten molestias al respirar, consulte a un médico.

Contacto con la piel: Lave con abundante agua corriente. Si persiste un enrojecimiento de la piel, consulte a un médico.

Contacto con los ojos: Lave con abundante agua corriente a lo menos por 15 minutos. Consulte con urgencia a un médico.

Ingestión: Si la persona está consciente, dé a beber agua NO INDUZCA LOS VÓMITOS. Consulte a un médico.

Notas para el médico tratante: No existe antídoto específico. Trate según los síntomas presentes.

MEDIDAS PARA COMBATIR EL FUEGO

Agentes de extinción: En caso de incendio puede usarse dióxido de carbono, espuma arena seca o agua en forma de rocío en cantidades muy grandes.

Procedimientos especiales para combatir el fuego: El producto no es inflamable. Aunque si estas soluciones son expuestas al calor o ácidos, el sulfuro de hidrogeno será liberado y podría formar mezclas explosivas en el aire. Para combatir el fuego debe usarse grandes cantidades de agua o arena o tierra seca para ahogarlo. Refrigere los envases expuestos a fuego, cuidando de no mojar envases que estén abiertos.

Equipos de protección personal para el combate del fuego: Use equipo de protección respiratoria autónoma, además de guantes de protección química.

MEDIDAS PARA CASO DE DERRAME ACCIDENTAL

Medidas de emergencia a tomar si hay derrame del material: Cubra con arena o tierra el material derramado, recójalo y guárdelo en contenedores tapados para luego disponer de él en lugares autorizados. No neutralice con ácidos minerales fuertes ya que este expedirá grandes cantidades de gas de H₂S. En general use palas para recoger el sólido.

Equipo de protección personal para atacar la emergencia: Trompa de protección respiratoria para gases sulfurados, botas de neopreno, guantes de protección química, lentes y delantal para proteger el cuerpo.

Precauciones a tomar para evitar daños al medio ambiente: Recoja el material derramado con la máxima rapidez. Deposítelo en contenedores cerrados. Trate que el producto derramado no entre en alcantarillas o cursos de agua.

Métodos de limpieza: Los restos de producto derramado deben ser absorbidos con arena o tierra y con posterioridad disponerlo en forma definitiva.

Método de eliminación de desechos: Los desechos deben ser dispuestos en una instalación especialmente diseñada al efecto.

MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO

Recomendaciones técnicas: Mantenga los envases herméticamente cerrados mientras el producto no se esté usando. Mantenga alejadas las posibles fuentes de ignición.

Precauciones a tomar: Saque de los envases sólo la cantidad justa que necesita para el proceso.

Recomendaciones sobre manipulación segura, específicas: En lo posible, evite el contacto del producto con ácidos fuertes.

Condiciones de almacenamiento: Almacene en un lugar fresco y seco, al abrigo de los rayos solares.

Embalajes recomendados y no adecuados por el proveedor: Se recomienda utilizar recipientes herméticamente cerrados, de acero inoxidable.

CONTROLES DE EXPOSICIÓN Y PROTECCIÓN PERSONAL

Medidas para reducir la posibilidad de exposición: En los lugares de manipulación del producto debe haber buena ventilación natural. Use siempre los equipos de protección personal recomendados.

Parámetros para control: Límite permisible: TWA: 20 ppm. TLV: 10 ppm.

Límite permisible ponderado (LPP), absoluto (LPA) y temporal (LPT): Dato no disponible.

Protección respiratoria: Use trompa respiratoria con filtros gases sulfurosos.

Guantes de protección: Use de puño largo, de protección química.

Protección de la vista: Use lentes de protección química.

Otros equipos de protección: Use delantal de plástico para proteger el cuerpo.

Ventilación: Debe existir, natural, en los lugares de manipulación del producto.

PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

ESTADO FÍSICO Y APARIENCIA: Sólido en escamas, Amarillo claro a verde oscuro Olor del sulfuro de hidrogeno			
pH:	12 (solución)	PRESIÓN DE VAPOR:	15,5 psi a 70 °C
DENSIDAD DE VAPOR:	1.17 (Solución)	CONCENTRACIÓN:	70-72%
GRAVEDAD ESPECÍFICA:	1,31	% VOLÁTILES POR VOLUMEN	No Aplicable
SOLUBILIDAD EN AGUA: Completamente miscible con agua			

ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

PRODUCTOS DE DESCOMPOSICIÓN:	Se producen nubes tóxicas, y posibles mezclas que podrían inflamarse en el aire.
SUSTANCIAS INCOMPATIBLES:	Evite el contacto con Bases.
CONDICIONES QUE SE DEBEN EVITAR:	Evite el contacto del producto con Ácidos fuertes o Cobre, Zinc, Aluminio o sus aleaciones.

INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

Toxicidad a corto plazo: Es un irritante fuerte.

Toxicidad a largo plazo: No se conoce datos de la exposición al producto en el largo plazo.

Se sabe que no es cancerígeno.

Efectos locales o sistémicos: Irrita la piel y las mucosas.

Sensibilización alérgica: No hay datos al respecto.

INFORMACIÓN ECOLÓGICA

Inestabilidad: Estable Persistencia/Degradabilidad: Dato no Disponible.

Bio-acumulación: Dato no Disponible.

Ficha de Datos de Seguridad
REDIMEX



Efectos sobre el medio ambiente: Liberados al ambiente no se concentra como para ser nombrado como un residuo peligroso.

CONSIDERACIONES PARA LA DISPOSICION FINAL

Métodos recomendados y aprobados por la normativa chilena para disponer de la sustancia, residuos, desechos: Se recomienda su tratamiento en instalaciones especialmente diseñadas al efecto.

Métodos recomendados y aprobados por la normativa chilena para la eliminación de envases / embalajes contaminados: Se recomienda su tratamiento en instalaciones especialmente diseñadas al efecto.



Ficha de Datos de Seguridad
ARKA FLOC F70



IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO

NOMBRE DEL PRODUCTO : ARKA FLOC F70
USO DEL PRODUCTO: TRATAMIENTO DE AGUAS

COMPOSICION E INFORMACION SOBRE LOS INGREDIENTES

acrilamida, polímeros; (POLIACRILAMIDA).

IDENTIFICACION DE PELIGROS

Condiciones médicas agravadas por la exposición: NINGUNO ESPECIFICADO POR EL FABRICANTE.

Indicadores de ruta de entrada:

Inhalación: SÍ

Piel: NO

Ingestión: SI

Carcinogenicidad Explicación: No relevante

MEDIDAS PARA COMBATIR EL FUEGO

Peligro inusual de incendio o explosión: NINGUNO CONOCIDO.

Medios de extinción: AGUA, CO2, QUÍMICA SECA.

Punto de Inflamación: Punto de inflamación Texto: NO APLICA

Temperatura de ignición espontánea:

Límite inferior (s): N / A

Límite (s) superior: N / A

MEDIDAS PARA CASO DE DERRAME ACCIDENTAL

El material derramado se vuelve muy resbaloso cuando está mojado. barrer y colocar en un contenedor para su eliminación.

MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO

MANIPULACIÓN:

No ingerir. Tener al alcance equipo de emergencia (para incendios, derrames, goteos, etc.). Asegurarse de que todos los contenedores estén etiquetados. Evitar el contacto con piel y ojos.

CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO:

Almacenar lejos de oxidantes. Almacenar los recipientes bien cerrados. Proteger este producto de la congelación.

CONTROLES DE EXPOSICIÓN Y PROTECCIÓN PERSONAL

LÍMITES DE EXPOSICIÓN OCUPACIONAL:

Este producto no contiene ningún componente con límite de exposición establecido.

MEDIDAS DE PROTECCIÓN DEL AREA DE TRABAJO:

Se recomienda ventilación general.

PROTECCIÓN DE LA RESPIRACIÓN:

Normalmente no se necesita protección de la respiración.

Ficha de Datos de Seguridad **ARKA FLOC F70**



PROTECCIÓN PARA LAS MANOS:
Guantes de caucho nitrilo, Guantes de PVC

PROTECCIÓN PARA LA PIEL:
Usar ropa de protección estándar.

PROTECCIÓN PARA LOS OJOS:
Llevar gafas de seguridad química (ajustadas al contorno del rostro).

RECOMENDACIONES DE HIGIENE:
Tener disponible una fuente para lavar los ojos. Se recomienda tener disponible una ducha de seguridad.

PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

La evaporación del peso y de referencia: NO APLICA
Solubilidad en Agua: Leve
Apariencia y olor: granular; INODORO.
Los volátiles por ciento en volumen: N / A
Velocidad de corrosión: N / K

ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

Materiales que deben evitarse: agentes oxidantes fuertes.
Estabilidad Condiciones a evitar: NO APLICA
Productos de descomposición peligrosos: CO, CO₂, AMONIACO Y / O OXIDO DE NITRÓGENO.
Indicador Polimerización peligrosa: NO
Condiciones para evitar polimerización: No relevante

INFORMACION TOXICOLÓGICA

De acuerdo con nuestra evaluación de peligro, ninguno de los ingredientes de este producto es peligroso.

INFORMACIÓN ECOLÓGICA

De acuerdo con nuestra evaluación de peligro, ninguno de los ingredientes de este producto es peligroso.

CONSIDERACIONES PARA LA DISPOSICIÓN FINAL

Clasificado como no peligroso según las diferentes regulaciones de transporte terrestre, aéreo y marítimo.

Ficha de Datos de Seguridad
ARKA FLOC C80.5



IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO

NOMBRE DEL PRODUCTO : ARKA FLOC C80.5
USO DEL PRODUCTO: TRATAMIENTO DE AGUAS.

COMPOSICION E INFORMACION SOBRE LOS INGREDIENTES

De acuerdo con nuestra evaluación de peligro, ninguno de los ingredientes de este producto es peligroso.

IDENTIFICACION DE PELIGROS

****DESCRIPCIÓN DE EMERGENCIA****

PRECAUCIÓN

Puede causar irritación en caso de contacto prolongado. Tóxico para los organismos acuáticos.
No poner en los ojos, la piel y la ropa. No ingerir. Usar indumentaria de protección adecuada. Mantener el recipiente bien cerrado. En caso de contacto con los ojos, lávelos inmediatamente con mucha agua y consulte a un médico. Después de un contacto con la piel, lávese inmediatamente con mucha agua y jabón. Proteger este producto de la congelación.
Puede emitir óxidos de carbono (COx) en caso de incendio. Puede emitir óxidos de nitrógeno (NOx) en caso de incendio. Puede emitir amoníaco (NH3) en caso de incendio. Puede emitir vapores de ácido clorhídrico (HCl) en caso de incendio.

VIAS PRIMARIAS DE EXPOSICIÓN:
Ojo, Piel

PELIGROS INMEDIATOS PARA LA SALUD HUMANA:

CONTACTO CON LOS OJOS:
Puede causar irritación en caso de contacto prolongado.

CONTACTO CON LA PIEL:
Puede causar irritación en caso de contacto prolongado.

INGESTIÓN:
No es una ruta probable de exposición. No se esperan efectos adversos.

INHALACIÓN:
No es una ruta probable de exposición. No se esperan efectos adversos.

SÍNTOMAS DE EXPOSICIÓN:
Agudo:
Una revisión de los datos disponibles no identifica síntomas debidos a la exposición previamente no mencionados.
Crónico:
Una revisión de los datos disponibles no identifica síntomas debidos a la exposición previamente no mencionados.

AGRAVAMIENTO DE LAS CONDICIONES EXISTENTES:
Una revisión de los datos disponibles no registra un empeoramiento de las condiciones existentes.

ANEXO 05: PANEL DE FOTOGRAFÍAS



FOTOGRAFÍA 01: IMPACTO AMBIENTAL CAUSADO POR EL VERTIMIENTO DEL EFLUENTE CONTAMINADO.



FOTOGRAFÍA 02: IMPACTO NEGATIVO POR LA PRESENCIA DE ALTO CONTENIDO DE COBRE.



FOTOGRAFÍA 03: TOMA DE MUESTRA EN LA PROVINCIA DE LURÍN



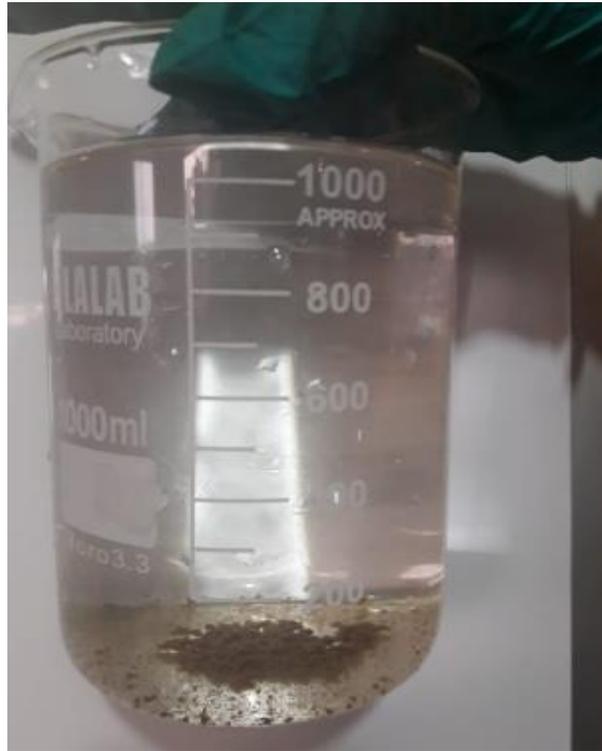
FOTOGRAFÍA 04: MEDICIÓN DEL PH



FOTOGRAFÍA 05: TRATAMIENTO DEL EFLUENTE CONTAMINADO.



FOTOGRAFÍA 06: CALCULANDO LA CONCENTRACIÓN DE LAS DOSIS



FOTOGRAFÍA 07: LODOS SEDIMENTADOS.



FOTOGRAFÍA 08: TRATANDO LA MUESTRA POR MÉTODO DE JARRAS



.FOTOGRAFÍA 09: PERÓXIDO.



FOTOGRAFÍA 10: COAGULANTE.



ANEXO 07: CADENA DE CUSTODIA

SGS

Laboratorio Calilo
Avenida Erner Tazari 3342, Calilo 1
Teléfono: (054) 213308
Email: ps@calilolaboratorio.com

Laboratorio Arequipa
Ernesto Gutierrez N° 275, Parque Industrial
Teléfono: (054) 213308
Email: ada.paredes@sgs.com

Laboratorio Cajamarca
Calle Armado Marquez 257, Barrio San Antonio
Teléfono: (076) 587723
Email: jader.naucra@sgs.com

No 248601

CADENA DE CUSTODIA PARA MONITOREO DE AGUA

DATOS DEL CLIENTE

Cliente: NORMAS Y MONITOREO AMBIENTAL

Contacto: OSWALDO ROSAS ESPINOZA

Teléfono: 981345571

Email: OSWALDO.ROSAE@GMAIL.COM

Proyecto: SECCION DEL GOBIERNO DEL PERU

Lugar de Inspección: LUGUIN

Enviar el Informe a: ENVIAR EL INFORME A

Contacto: OSWALDO ROSAS ESPINOZA

Dirección: CALLE TAZARI, TAZARI 1242, LUGUIN

Teléfono: 981345571

Email: OSWALDO.ROSAE@GMAIL.COM

Fecha de inicio: 17:00

Coordenadas UTM: 1700

Altitud: 1700

WGS 84 PSAD 86 (m/snm)

Fecha de finalización: 18:00

Horas de inicio: 17:00

FACTURAR A:

Razón Social: _____

RUC: _____

Dirección: _____

Contacto: _____

Teléfono: _____

Muestreado por: SGS El Cliente

Frecuencia del Muestreo: Periódico No Periódico Especial

Nº de Frascos: 2

Nº de Frascos: 2

Nº de los Packs: _____

Nº de Frascos: 2

Inspector responsable: ALBERTO ROSAS ESPINOZA

Fecha: 20/05/15

Representante del Cliente: _____

Fecha: _____

Firma: _____

Firma: _____

Muestra enviada vía: Aireo Fluvial Marítima

Responsable del Envío: _____

Agencia / Persona a cargo del transporte: _____

RUC / DNI: _____

Fecha y hora del envío: _____

Item	Estación	MGS 84 <input type="checkbox"/> PSAD 86 <input type="checkbox"/>	Altitud (msnm)	Tipo de Agua		Fecha	Hora	Cantidad de envases (Plástico / Vidrio)		Análisis requeridos / Preservantes	TIPOS DE AGUA
				Simple	Completa			P	V		
01	MUESTROS DEL TRATAMIENTO				AD1	X	20/05/15 17:00	X			AGUA NATURAL
02	MUESTROS DEL TRATAMIENTO				AR1	X	20/05/15 18:00	X			AGUA RESIDUAL
											AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO
											OBSERVACIONES

sgs del Peru S.A.C.

Fecha de Recepción de las Muestras: 13 MAY 2015

Responsable de la Recepción de las Muestras: Antonio Carrero

Condición de recepción de las Muestras: RECIBIDAS

Religiosas Preservadas Dentro del tiempo de conservación N° de muestras rotas: Otros (especificar): _____

Hora: 15:15

Firma: _____

Temperatura (°C): _____

ANEXO 08: CONFORMIDAD DEL LABORATORIO



“AÑO DEL DIÁLOGO Y RECONCILIACIÓN NACIONAL “

Solicito: Conformidad de uso de laboratorios de la Universidad Continental con fines de investigación.

Ing. Guillermo Jaramillo Cabrera
Jefe Corporativo de Laboratorios de Computo e Ingeniería
Universidad Continental

Es grato dirigirme a su persona para saludarlo cordialmente y exponerle lo siguiente:

Con la finalidad de sostener la validez respecto del análisis de las muestras correspondientes a la investigación realizada por mi persona, como tesis de grado titulado **“REDUCCION DE COBRE DE EFLUENTES MINEROS MEDIANTE EL METODO REDOX EN LA PROVINCIA DE LURIN - LIMA – 2018”**, le solicito dar el visto bueno a la presente como evidencia objetiva de su parte que daría soporte adecuado a la validez mencionada.

Desde ya quedo agradecido por el tiempo concedido, como evidencias de la finalización de mi investigación se adjunta un ejemplar del informe de conformidad por parte de mi Asesor: Ing. Edwin Paucar Palomino.

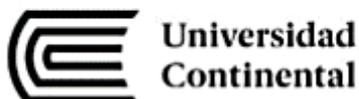
20 de Agosto del 2018

ATTE.

Bach. Nehemias Camargo Colquechagua

DNI: 47249204

Bach. Nehemias Camargo investigador	Ing. Guillermo Jaramillo Jefe de Laboratorios



INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS N° 01

**CUESTIONARIO: PERCEPCIÓN DEL POTENCIAL IMPACTO
AMBIENTAL GENERADO POR LOS PROCESOS MINEROS EN
LA PROVINCIA DE LURÍN 2018**

Investigadora: Bach. Nehemías Camargo Colquechagua **Fecha:** ___/___/___

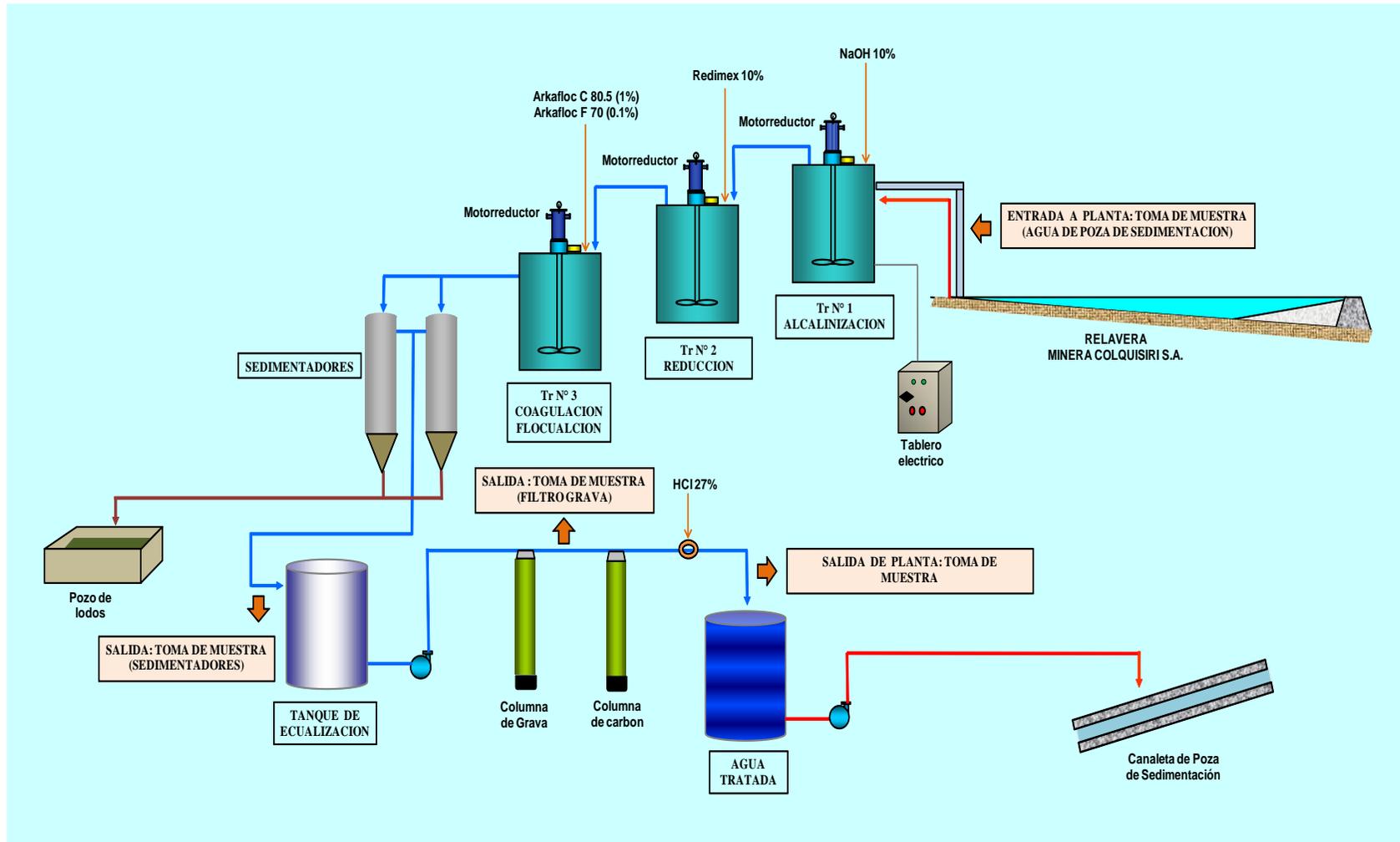
Instrucciones: Responder a las siguientes preguntas según corresponda y de manera objetiva.

1. ¿Ud. sabe qué es un impacto ambiental?
Si: ___; ¿Qué es?: _____
No: ___
2. ¿Ud. considera que los procesos mineros impactan al ambiente?
Si: ___
No: ___
3. ¿Ud. considera que la agricultura se ve impactada con los procesos mineros?
Si: ___
No: ___
4. ¿Ud. tiene conocimiento sobre la conformación de comités de vigilancia ambiental (control de la contaminación)?
Si: ___
No: ___
5. ¿Ud. considera que se generan metales pesados en concentraciones altas en la minería?
Si: ___
No: ___
6. ¿Ud. considera que el tratamiento de las aguas residuales de minería por procesos complementarios, es decir, asumiendo una mayor inversión a nivel empresarial traería un escenario de reducción de impactos ambientales?
Si: ___
No: ___
7. ¿Ud. considera que se podría llegar a un escenario de sostenibilidad tras la práctica de minería responsable?
Si: ___
No: ___

ANEXO 10: RESULTADOS DE ENTRADAS Y SALIDAS

ANÁLISIS DE RESULTADOS				
Código	Toma Muestra	Cu (mg/L)	LMP (D.S.N° 010-2010) MINAM (mg/L)	(D.S.N°015-2015) ECA III (mg/L)
P - 1	Entrada a planta piloto	1.89	0.40	0.20
	Salida de la planta piloto	0.50		
P - 1	Entrada a planta piloto	2.30	0.40	0.20
	Salida de la planta piloto	0.40		
P - 1	Entrada a planta piloto	1.86	0.40	0.20
	Salida de la planta piloto	0.35		
P - 1	Entrada a planta piloto	1.64	0.40	0.20
	Salida de la planta piloto	0.38		
P - 1	Entrada a planta piloto	1.68	0.40	0.20
	Salida de la planta piloto	0.35		
P - 1	Entrada a planta piloto	2.01	0.40	0.20
	Salida de la planta piloto	0.38		
P - 2	Entrada a planta piloto	1.49	0.40	0.20
	Salida de la planta piloto	0.33		
P - 2	Entrada a planta piloto	0.93	0.40	0.20
	Salida de la planta piloto	0.30		
P - 2	Entrada a planta piloto	1.24	0.40	0.20
	Salida de la planta piloto	0.35		
P - 2	Entrada a planta piloto	1.76	0.40	0.20
	Salida de la planta piloto	0.26		
P - 2	Entrada a planta piloto	2.01	0.40	0.20
	Salida de la planta piloto	0.25		
P - 2	Entrada a planta piloto	1.50	0.40	0.20
	Salida de la planta piloto	0.25		
P - 3	Entrada a planta piloto	1.02	0.40	0.20
	Salida de la planta piloto	0.03		
P - 3	Entrada a planta piloto	1.48	0.40	0.20
	Salida de la planta piloto	0.15		
P-4	Entrada a planta piloto	2.63	0.40	0.20
	Salida de la planta piloto	0.00		
P-4	Entrada a planta piloto	2.88	0.40	0.20
	Salida de la planta piloto	0.02		
P-5	Entrada a planta piloto	1.04	0.40	0.20
	Salida de la planta piloto	0.00		
P-5	Entrada a planta piloto	0.62	0.40	0.20
	Salida de la planta piloto	0.00		
P-5	Entrada a planta piloto	0.89	0.40	0.20
	Salida de la planta piloto	0.00		
P - 6	Entrada a planta piloto	0.55	0.40	0.20
	Salida de la planta piloto	0.00		
P - 6	Entrada a planta piloto	0.80	0.40	0.20
	Salida de la planta piloto	0.00		
P - 6	Entrada a planta piloto	1.15	0.40	0.20
	Salida de la planta piloto	0.00		
P-7	Entrada a planta piloto	1.17	0.40	0.20
	Salida de la resina	0.00		
P-7	Entrada a planta piloto	1.49	0.40	0.20
	Salida de la resina	0.00		
P-7	Entrada a planta piloto	1.00	0.40	0.20
	Salida de la resina	0.00		

ANEXO 11: DIAGRAMA DE FLUJO



ANEXO 12: MATRIZ DE CONSISTENCIA

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología
<p>Problema general:</p> <p>¿De qué manera influye el método redox en la remoción del cobre de efluentes contaminados por los procesos mineros en la provincia de Lurín 2018?</p> <p>Problemas específicos:</p> <p>¿Cuánto es la concentración del cobre y el pH presente en los efluentes contaminados por los procesos mineros en la provincia de Lurín 2018?</p> <p>¿Determinar la reducción de la concentración del cobre a través del tratamiento de redox de los efluentes contaminados por los procesos mineros en la provincia de Lurín 2018?</p>	<p>Objetivo general:</p> <p>Determinar el nivel de remoción del método de redox para la remoción del cobre de los efluentes contaminados por los procesos mineros en la provincia de Lurín 2018.</p> <p>Objetivos específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> •Cuantificar la concentración del cobre y el pH de los efluentes contaminados por los procesos mineros de la provincia de Lurín 2018. <p>Determinar la reducción de la concentración del cobre a través del tratamiento de redox de los efluentes contaminados por los procesos mineros en la provincia de Lurín 2018.</p>	<p>Hipótesis de investigación:</p> <p>H1: El método de redox influye en la reducción del cobre de los efluentes contaminados por los procesos mineros en la provincia de Lurín 2018.</p> <p>Hipótesis nula:</p> <p>H0: El método redox no influye en la reducción del cobre de los efluentes contaminados por los procesos mineros en la provincia de Lurín 2018.</p> <p>Hipótesis alternativa:</p> <p>Ha: El método químico influye en forma significativa en la reducción del cobre de los efluentes contaminados por los procesos mineros en la provincia de Lurín 2018</p>	<p>Variable dependiente:</p> <p>Reducción del cobre</p> <p>Variable independiente:</p> <p>Método Redox</p>	<p>Método general:</p> <p>Deductivo y analítico.</p> <p>Método específico:</p> <p>Observacional.</p> <p>Tipo de investigación:</p> <p>Aplicada.</p> <p>Nivel de investigación:</p> <p>Explicativo</p> <p>Diseño de investigación:</p> <p>Pre-experimental, transversal.</p> <p>Población:</p> <p>Efluente contaminado de los procesos mineros.</p> <p>Muestra:</p> <p>Los puntos de muestreo en los procesos de producción de la mina.</p> <p>Técnicas de recolección de datos:</p> <p>Observación.</p> <p>Instrumentos de recolección de datos:</p> <p>Cadena de custodia.</p>