



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Técnicas de tratamiento de aguas ácidas generadas por la
actividad minera.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Ambiental

AUTORES:

Lleclish Ponte, Pedro Milthom (orcid.org/0000-0002-6140-029X)

Díaz Sheen, Edinson Giommar (orcid.org/0000-0002-4093-8971)

ASESOR:

Dr. Cruz Monzon, Jose Alfredo (orcid.org/0000-0001-9146-7615)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

TRUJILLO – PERÚ

2022

Dedicatoria

Díaz Sheen, Giommar:

A mi padre, José Díaz León Por el amor y dedicación que me brindo por confiar y creer en mí, a mi esposa Yaneth Sayaverde Rimarachin, por el apoyo incondicional, moral y por creer en mi capacidad, a mi abuelo Ramiro Díaz Díaz y a mi hija Mariana Díaz Sayaverde quienes son el motivo para luchar y seguir adelante con la motivación constante.

Llecllish Ponte, Milthom

Este trabajo de grado se lo quiero dedicar especialmente a mi madre por el apoyo incondicional que me han brindado durante este largo camino de mi vida.

También quiero dedicárselo a toda mi familia y a la persona más importante en mi vida. Katheryn, este trabajo también te lo dedico a ti.

Agradecimiento

Díaz Sheen, Giommar:

Gracias a Dios por guiarme en mi etapa de formación profesional, por permitirme que mis decisiones sean las adecuadas y por acompañarme todos los días de mi vida.

Gracias a mi padre por su apoyo incondicional, por sus sabios consejos, a mi hija quien a su vez es mi principal motivo para superarme y así ser ejemplo de toda mi familia.

Gracias a los docentes de la facultad por sus enseñanzas y por compartir con nosotros sus experiencias y conocimientos como profesionales y como padres.

Lleclish Ponte, Milthom

Primeramente, doy gracias a Dios por permitirme tener buena experiencia dentro de mi universidad. Gracias a mi universidad por permitirme convertirme en un profesional en lo que tanto me apasiona. Gracias a cada maestro que hizo parte de este proceso integral de formación, que deja como producto terminado este grupo de graduados.

Finalmente agradezco a quien lee este apartado y más de mi tesis. Por permitirme a mis experiencias, investigaciones y conocimiento. Incurrir dentro de su repertorio de información mental.

Gracias.

ÍNDICE

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de tablas.	iv
Índice de Figuras.....	v
Resumen.....	vi
Abstract.....	vii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA.....	8
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	8
3.2. Categorías, subcategorías y matriz de caracterización	8
3.3. Escenario de estudio	8
3.4. Participantes	8
3.5. Técnicas e instrumento de recolección de datos	9
3.6. Procedimiento	9
3.7. Rigor científico	11
3.8. Método de análisis de la información.....	11
3.9. Aspectos éticos	12
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	12
V. CONCLUSIONES.....	36
VI. RECOMENDACIONES.....	37
REFERENCIAS	
ANEXOS	

Índice de tablas.

Tabla 1. criterios de inclusión para la selección de los artículos científicos.....	9
Tabla 2. Palabras claves utilizadas para la búsqueda de información	10
Tabla 3. Artículos seleccionados de acuerdo a los criterios de inclusión	11
Tabla 4. Tipos de tratamiento y porcentaje de remoción de las aguas acidas.....	12
Tabla 5. Eficiencia de las técnicas según el tipo de efluente	19
Tabla 6. Porcentaje de remoción de la acidez según la técnica.....	28

Índice de Figuras.

Figura 1. Artículos de acuerdo a su diseño de investigación.....	18
Figura 2. Porcentajes de remoción de los tratamientos según el diseño.....	19
Figura 3. Eficiencia de remoción según el tipo de efluente	27
Figura 4. Porcentaje de remoción según tipo de efluente	27
Figura 5. Remoción de acidez de las aguas acidas según la técnica.....	35

Resumen

La problemática de las aguas ácidas sobre los cuerpos de agua ha cobrado relevancia y es por ello que se han desarrollado diversos métodos para su tratamiento, por esa razón que en la presente investigación se propuso evaluar las técnicas de tratamiento existentes para tratar los efluentes ácidos de la actividad minera. La investigación fue básica, de tipo descriptiva y con diseño no experimental y corresponde a una revisión sistemática sin meta análisis, para lo cual se seleccionaron 38 artículos de las bases de datos Scielo, Researchgate, Dialnet, Science Direct, Redalyc, los cuales fueron seleccionados con criterios de selección previamente establecidos. Los resultados mostraron que las técnicas barreras aislantes y biorreactor alcanzan remociones de acidez en aguas ácidas de mina hasta un 90 % respectivamente. Se concluye que métodos biológicos son más eficientes que los métodos químicos, considerando que generan menos productos como lodos y sustancias remanentes indeseables, y que las técnicas biológicas más eficientes son biorreactor y compost de champiñón.

Palabras clave: Aguas ácidas, Tratamiento, Remoción, Drenaje ácido, efluentes mineros, minería.

Abstract

The problem of acidic waters on water bodies has become relevant and that is why various methods have been developed for their treatment, for this reason that in the present investigation it was proposed to evaluate the existing treatment techniques to treat the acidic effluents of mining activity. The research was basic, descriptive and with a non-experimental design and corresponds to a systematic review without meta-analysis, for which 38 articles were selected from the Scielo, Researchgate, Dialnet, Science Direct, Redalyc databases, which were selected with previously established selection criteria. The results showed that the insulating barrier and bioreactor techniques achieve acidity removals in acid mine waters up to 90%, respectively. It is concluded that biological methods are more efficient than chemical methods, considering that they generate less products such as sludge and undesirable residual substances, and that the most efficient biological techniques are bioreactor and mushroom compost.

Keywords: Acid waters, Treatment, Removal, Acid drainage, mining effluents, mining.

I. INTRODUCCIÓN

La actividad minera ha estado presente hace mucho tiempo ocasionando daños e impactos ambientales sobre la naturaleza del ecosistema, pero diversos autores señalan que esta problemática se viene dando hace ciento de años, esencialmente se basa en un amplio uso de los recursos naturales específicamente los minerales; pero al no tomar las medidas adecuadas se ocasiona contaminación y destrucción (Bravo, Espinosa & Vilela; 2020; p. 217 – 218).

La minería anualmente genera grandes cantidades de minerales, la actividad minera participa en el desarrollo de un gran beneficio económico y social en el país donde se ejecuta, sin embargo, el desarrollo de dicha actividad ha generado consigo impactos negativo significativo como los son las aguas ácidas de mina, generando una exposición permanente de un material sulfuroso que hace una liberación de ion metálico y además libera el ácido sulfúrico al medio ambiente (Vilela, 2020, p.50).

Existen estudios relacionados con la implementación de las técnicas para el tratamiento de los drenajes ácidos de mina, como los tratamientos biológicos, físicos y químicos. Dentro de los más utilizados por la actividad minera están los humedales artificiales, las lechadas de cal, proceso de neutralización y precipitación. La técnica de tratamiento mediante lechada de cal es una técnica muy costosa debido a que su implementación y mantenimiento, genera impactos negativos por los lodos generados aun cuando son comercializados para la recuperación de metales (Aduvire, 2019, p.2).

La utilización de nuevas técnicas físicas, químicas y biológicas consideran a los residuos que se generan en sus actividades de operaciones mineras como un recurso de segunda generación con un valor económico. Esta metodología nos favorece en utilizar satisfactoriamente los recursos naturales, así de esta

manera poder alargar la durabilidad de los depósitos de los residuos, reducir las descargas de residuos al medio ambiente (Aduvire, 2019, p.2).

La búsqueda de alternativas de solución para el tratamiento de las aguas ácidas en la actividad minera, en donde se vio la eficiencia de las técnicas de acuerdo a su remoción de la acidez de las aguas contaminadas. La desventaja de las técnicas es que no fueron amigables con el medio ambiente, presentaron un elevado costo, que al hacer uso de los agentes químicos a la larga tiene la capacidad de generar grandes problemas en la composición de lodos que no fueron tratados con eficiencia (Vitola et al. 2020, p. 195).

En el Perú las empresas mineras realizaron actividades de explotación a tajo abierto para poder obtener una producción de oro, es decir, sus depósitos de desmonte que son colocados formando pilas de lixiviación que al estar expuesto con el aire y el agua generan aguas ácidas que no fueron tratadas con eficiencia, en la cual se dio la necesidad de implementar nuevas técnicas que permitió contrarrestar los impactos negativos que ocasionan estos contaminantes al medio ambiente, por lo que fue necesario utilizar los métodos microbiológicos como una buena alternativa de solución para tratar aguas ácidas de mina , ya que estos métodos no fueron dañinos para el medio ambiente y no permitió la utilización de agentes artificiales (Pozo *et al.*, 2017, p.6).

La existencia de diversas técnicas para el tratamiento de aguas ácidas generadas por la actividad minera, donde se requirió contar con aquellas técnicas que fueron amigables con el ambiente y que contaron con un bajo costo, en base a ello se propone las siguientes interrogantes ¿Cuáles fueron las técnicas más eficientes en el tratamiento de aguas ácidas generadas por la actividad minera?, lo que conllevó a las siguientes interrogantes de forma específica ¿Cuáles fueron las técnicas de tratamiento de aguas ácidas de acuerdo al tipo de tratamiento?, ¿Cuál fue la eficiencia de las técnicas de las aguas ácidas de la actividad minera, según el tipo de efluente? y ¿Cuál fue la capacidad de remoción de la acidez en las aguas residuales de acuerdo a la técnica aplicada?

La investigación se basó exclusivamente en el análisis de aquellas técnicas que se encontraron en la capacidad de la eliminación de las aguas ácidas vertidas por las actividades mineras en sus diferentes etapas, de las cuales se reconoció el alto nivel de influencia de dichos parámetros en la calidad de vida de los puntos vertidos, en donde se aplicó técnicas de tratamiento de bajo costo como alternativa de solución. Por otra parte, el desarrollo del estudio guardó el enfoque metodológico basado únicamente en el estudio de agentes físicos, químicos o biológicos, teniendo la capacidad de eliminar el alto nivel de acidez; sin embargo, un enfoque basado en agentes naturales tuvo como ventaja que los manejos de las características de los mismos agentes no tuvieron la capacidad de alterar el medio en el que son desechadas las aguas naturales. En un aspecto social el contar con agentes que tengan la capacidad de eliminar la acidez en las aguas, traería consigo el beneficio para aquellas comunidades que se encuentran en las cercanías de los recintos mineros, ya que al contar con la capacidad de realizar las actividades económicas de la zona sin ningún tipo de preocupación y confiabilidad en el uso de los recursos naturales.

En la presente investigación se propuso como objetivo general evaluar las principales técnicas para el tratamiento de las aguas ácidas generadas por la actividad minera, por lo que se plantearon los siguientes objetivos específicos. Evaluar la neutralización usando las técnicas de tratamiento de aguas ácidas de la actividad minera, según el tipo de tratamiento, evaluar la eficiencia de las técnicas de tratamiento de aguas ácidas según el tipo de efluente de actividad minera y evaluar la remoción de la acidez en aguas residuales de la actividad minera según la técnica aplicada.

II. MARCO TEÓRICO

Aduvire (2019, p.7) en su investigación tuvo como objetivo desarrollar una tecnología de tratamiento de aguas residuales ácidas más eficiente y describió las mejores técnicas disponibles actualmente en la caracterización hidroquímica del agua de los sedimentos, en sus mediciones directas tomadas en el rango de pH, conductividad, reducción, ácido y oxígeno disuelto y flujo. Con las regiones hidrolizadas se definieron rangos de pH y reducción para los componentes con mayor concentración. El sistema de procesamiento se seleccionó a través de pruebas de laboratorio, lo que permite recuperar productos con una alta tasa de utilización económica. En su proceso, permitió el uso de menos reactivos y brinda una mejor solución ambiental.

Pozo et al. (2017, p.6), en su investigación tuvo como objetivo examinar la literatura centrándose en las técnicas que realizan sobre los microorganismos oxidantes del hierro con respecto a su actividad. De ellos (prevención), así como la aplicación de microorganismos encargados de reducir la acidez de ADM (técnicas de tratamiento). Los autores sugieren investigar técnicas para prevenir y reducir la formación de ADM, que resulta de la oxidación de la pirita en reacción con agua, aire y mezclas de otros sulfuros. Las propiedades físicas del agua ácida se han marcado en verde y rojo, debido a la presencia de sulfuro de hierro. Durante la investigación se determinó que el uso de agentes microbiológicos no es perjudicial para el medio ambiente, debido a que se utilizan organismos que ya están presentes en el mismo cuerpo de agua.

Según Zamora, Mamani y Trujillo (2018, p.9), en su investigación tuvo como objetivo buscar una solución a la empresa minera ya que esta dispone de un limitado recurso hídrico, a partir de ello se propuso el tratamiento convencional con cal, este tratamiento generaría lodos durante el proceso que no contaban con un área definida para su almacenamiento. Los autores concluyeron que el tratamiento de aguas ácidas de la empresa Huanuni a través de drenes anoxidos y precipitación con cal, es una alternativa

técnicamente muy viable y económicamente menos costosa con respecto al tratamiento convencional por neutralización – precipitación con cal.

Según Rivera (2020), en su investigación se centró en investigar las problemáticas ambientales de las unidades mineral en la generación de las aguas ácidas, donde mencionó que existen diferentes tipos de tratamientos, pero el que es más utilizado es la caliza debido a su excelencia en la precipitación de los metales y la remoción de la acidez de las aguas ácidas. Realizó diferentes análisis químicos, mineralógicos, geoquímicos formando carbonatos de calcio, cuyos resultados obtuvo que en los diferentes experimentos el pH fue de ácido a neutro. Por ende, esta metodología fue eficiente en la neutralización y precipitación de los metales, en la remoción de la acidez y se cumplió con las normativas nacionales vigentes.

Según Silva et al. (2021), en su investigación tuvo como objetivo determinar la biorremediación como una alternativa de solución en el tratamiento pasivo con la ayuda de la piedra caliza y los humedales superficiales para hacer acciones de mitigación en los impactos ocasionados por las aguas ácidas de mina (DAM). La metodología que utilizó fueron tratamientos en dos etapas: la caracterización fisicoquímica del agua y la operación de sistemas de tratamiento, los resultados fueron evaluados en cuatro sistemas de tratamiento como los humedales con vegetación, piedra caliza, humedal sin vegetación, piedra caliza. Los resultados obtenidos de estos sistemas de tratamiento fueron datos similares en donde el pH estuvo en un rango de 2 – 4 unidades, la acidez 1303.2 mg/l +- 139.2, hierro 715.3 mg/l. Una vez obtenidos los resultados de los tratamientos se pudo observar que todos los tratamientos lograron una reducción de la acidez en un rango de 31 – 52 %.

En su investigación Forigua et al. (2017), utilizó el compost de champiñón, cuyo objetivo fue realizar una evaluación del compost para el tratamiento de las aguas ácidas de mina. La metodología que utilizó fue que hizo celdas en tubos de pvc, en el cual mezcló 300 g de compost de champiñón y estéril de carbón en diferentes proporciones que fueron monitoreados en un periodo de tiempo de 6 semanas. Los resultados obtenidos fueron que en todas las

proporciones fueron eficientes en la remoción de los metales en un 96 % y la remoción de acidez fue de 85 % de acuerdo a las proporciones para el tratamiento de las aguas ácidas, esta metodología es de muy buena ayuda para ser aplicada en campo.

En el estudio de Balseca (2017), utilizó la zeolita natural a escala experimental para el tratamiento de los drenajes ácidos de mina, en el cual usó los tratamientos en dos columnas de lixiviación conectadas por un flujo con la ayuda de una bomba, en el que agregó la zeolita natural de una manera que sea como medio filtrante. En su sistema de tratamiento de las aguas ácidas hizo mediciones en campo como pH, conductividad, y realizó un análisis de los metales. Los resultados obtenidos fueron de que el pH se encontraba en promedio 8, la conductividad 3254 uS /cm y la remoción de la acidez con esta metodología fue de un 90 %, los resultados que se obtuvo al aplicar esta técnica cumplían con las normas ambientales nacionales.

Acevedo (2015, p.8), en su investigación realizó una toma de muestras, las cuales fueron analizadas químicamente realizando trabajos de laboratorio mediante pruebas de sedimentación y neutralización de metales pesados. De estos análisis se obtuvo un pH ácido además de las concentraciones de metales pesados como Zn, Cu, Al, Mn, Cd, resaltando las concentraciones de manganeso con el aluminio. Los metales que fueron analizados del efluente ácido, superaron considerablemente los LMP, lo que confirmaba la urgencia de un proceso de neutralización y precipitación de metales. Se observó que el aluminio se precipita a un pH 9 en la etapa 1, en la etapa 2 se precipita el manganeso a un pH 11, también se pudo describir la facilidad que el tratamiento nos proporciona en su sistema de aireación, manejo de reactivos y la planta de lechada de cal.

El agua extraída es ácida: actividad que surge de la oxidación química y biológica de la pirita. Surge cuando las rocas que contienen sulfuro se exponen al agua o al aire. El hielo ácido consiste en una variedad de minerales que se encuentran en las aguas residuales, que contribuyen a la intoxicación del cuerpo de agua. Los autores dicen que los procesos físicos, químicos y biológicos están cobrando mucha importancia en la producción de

agua ácida, y los factores que influyen en la formación de pirita son la masa, concentración, tamaño y distribución de la pirita (Aduvire, 2018).

Para realizar un tratamiento efectivo del agua ácida de mina, dependerá de si es superficial o subterránea, dependiendo de estas se evaluarán las tecnologías y mecanismos mediante los cuales se realizará el tratamiento. Puede presentarse de forma pasiva y activa, dependiendo de las características específicas del sistema de drenaje, el tipo de uso final de las aguas residuales tratadas y el costo de infraestructura y operación (Montesinos, 2017, p. 19).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

La investigación desarrollada fue de tipo básico dado que la información mostrada aquí servirá para incrementar los conocimientos científicos sobre el tema de estudio y será un aporte para investigaciones futuras.

La investigación se desarrolló aplicando un diseño no experimental, del tipo longitudinal ya que expresa el conocimiento de la realidad en una situación de espacio y tiempo, la investigación se desarrolló en base de los datos de las revistas indexadas (Peña, 2015, p.7).

3.2. Categorías, subcategorías y matriz de caracterización

En la investigación se consideró categorías: físicos, biológicos, químicos, analizar la información recopilada, identificar las técnicas más viables que fueron aplicadas. Tratamiento foto catalítica, procesos biológicos hongos, bacterias, tratamiento con cal, coagulantes naturales, coagulantes sintéticos, condiciones de aplicación del tratamiento, concentración del contaminante, % de remoción, condición de PH.

En el anexo N°01, se muestra la matriz de categorización apriorística, en el cual se detalla los propósitos planteados en el trabajo de investigación.

3.3. Escenario de estudio

El escenario de estudio fue conformado por la base de datos, de las plataformas: EBSCO, Scielo, Base, Researchgate, Dialnet, Science Direct y Redalyc de donde se obtuvo los artículos científicos que se relaciona con el tema propuesto en la investigación. En donde se añadió la mayor cantidad de información posible a través de una revisión sistemática teniendo en cuenta los criterios de validez y rigor científico.

3.4. Participantes

Los participantes estuvieron conformados por los artículos científicos que fueron recopilados y seleccionados teniendo en cuenta los criterios de inclusión como se muestra en la tabla.

Tabla 1. *Criterios de inclusión para la selección de los artículos científicos.*

Criterios de inclusión	
Idioma	Español e Ingles
Año de publicación	2018 - 2022
Tipo de acceso	Acceso Libre
Tipo de documento	Artículos de revistas indexadas

Fuente: Elaboración propia.

Se tuvo un trabajo riguroso teniendo en cuenta las palabras claves para la búsqueda de los artículos que se utilizaron en el desarrollo de la investigación.

Para el estudio fueron identificados 125 artículos de técnicas de tratamiento de aguas ácidas generadas por la actividad minera, donde 35 no eran de acceso abierto y 28 eran artículos repetidos. Se seleccionaron 38 artículos, los cuales cumplían de acuerdo a los criterios de inclusión y a los objetivos propuestos.

La mayor cantidad de artículos recopilados fueron obtenidos de las bases de datos Scielo, Researchgate y ScienceDirect.

3.5. Técnicas e instrumento de recolección de datos

Para la recolección de datos se llevó a cabo el análisis documental, en donde se utilizó como instrumento una ficha de recolección de datos usando una hoja de procedimiento del programa Microsoft Excel, en el cual se consideró los campos de búsqueda, entre ellos: autor, título, año, tipo de tratamiento, diseño de la investigación, técnica, tipo de efluente, pH inicial, pH final, % de remoción.

3.6. Procedimiento

Para el desarrollo de la investigación se usó de las palabras claves para hacer una búsqueda de los artículos científicos de las base de datos Scielo, Researchgate, Dialnet, Science Direct y Redalyc en donde se pudo obtener la mayor cantidad de artículos que fueron sometidos de acuerdo a los criterios

de inclusión, cuya finalidad fue de tener una especificación de la calidad de los artículos que se adapte a la investigación, así de esta manera evitar la repetición de los artículos o eliminando los artículos que no tengan relación con el tema propuesto. Una vez que fueron seleccionados los artículos se procedió hacer una tabulación con la información que se obtuvo en la ficha de recolección de datos donde se analizó la información que fue obtenida de los artículos seleccionados y así poder dar respuesta a los objetivos propuestos en la investigación.

Posteriormente, en la recolección de datos se aplicó los criterios de inclusión y palabras claves.

Tabla 2. *Palabras claves utilizadas para la búsqueda de información.*

Base de datos	Español	Ingles
scielo	Tratamiento	Acid water treatment or acid drainage.
Researchgate	Aguas acidas	Treatments” and “acidwaters” and “removal”and “acid drainage.
	Palabras claves	
Dialnet	Remoción	Acid wáter treatments or removal.
Sciencie Direct	Drenaje Acido	Treatment and acid waters and acid drainage.
Redalyc	Efluente Minero	Treatment of acid waters or mining effluents.

Fuente: Elaboración propia.

Asimismo, en la siguiente tabla se muestra por cada base de datos el número de artículos seleccionados.

Tabla 3. *Artículos seleccionados de acuerdo a los criterios de inclusión*

Base de datos	Nº de artículos
<i>Scielo</i>	8
<i>Researchgate</i>	11
<i>Dialnet</i>	5
<i>Science Direct</i>	10
<i>Redalyc</i>	4

Fuente: Elaboración propia.

De 125 artículos científicos encontrados en primera instancia se eligieron 38 de ellos, los cuales cumplían con los criterios de inclusión mencionados en la Tabla N°03. Una vez seleccionados los artículos, se procedió a recolectar la información en una ficha de búsqueda y fue ordenada en tablas de acuerdo a nuestros objetivos específicos. Así mismo los datos numéricos se compararon y se discutieron con otras investigaciones. Finalmente se elaboraron las conclusiones y recomendaciones de la presente investigación.

3.7. Rigor científico

Para el desarrollo de la investigación fue considerado los conceptos científicos en donde la información obtenida fue de la base de datos donde la validez y la confiabilidad fueron de plataformas científicas, las cuales tienen una reputación muy exigente, ya que la información fue elaborada por investigadores expertos en el tema.

3.8. Método de análisis de la información

Para el análisis de la información se usó la ficha de análisis de datos, cuya finalidad fue obtener la información más importante de los estudios. Así mismo se usó el programa Microsoft Excel 2016 para realizar la recopilación de la información, en donde se ordenó la información en columnas de acuerdo al diseño de la investigación, tipo de tratamiento, técnica, tipo de efluente y

porcentaje de remoción de la acidez. Dando así respuesta a nuestros objetivos específicos propuestos.

3.9. Aspectos éticos

Se trabajó la investigación con datos confiables de los artículos de las bases de datos indexadas en donde se garantizó el respeto a la autoría de las fuentes de la información, ya que fue citado y referenciado de acuerdo a la norma ISO 690 establecida por la Universidad César Vallejo. De esta manera se tuvo prioridad a la legitimidad de la información en donde se citó y se utilizó la información debidamente a los autores dándoles un valor de aporte a los conocimientos que obtuvieron producto de la revisión de sus investigaciones. Asegurando la objetividad y la forma ética, se garantizó que se citó cuidadosamente sin modificar los datos de la información de cada autor que obtuvo de sus investigaciones desarrolladas.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

Tabla 4. *Tipos de tratamiento y porcentaje de remoción de las aguas acidas.*

Nº	Autor y año	Tipo de tratamiento	Diseño de la investigación	Nivel de pH inicial	Nivel de pH final	% Remoción
1	Aduvire, Osvaldo (2019)	Químico	Experimental Puro	2.3	8.0 - 9.0	75
2	Shirin et al. (2021)	Químico	Experimental puro	2.5	6	82
3	Nguegang, Beauclair et al. (2022)	Químico	Experimental puro	2.6	10.4	81
4	Vaziri, Behzad et al.(2021)	Químico	Experimental puro	3.5	8	74
5	Roychowdhury et al. (2019)	Químico	Experimental puro	2.2	7.8	87

6	Rey, V et al. (2021)	Químico	Experimental puro	2.9	6.8-7.0	79
7	Qin, Junhao et al. (2019)	Químico	Experimental puro	3	8	88
8	Aduvire, Osvaldo (2018)	Químico	Experimental Puro	4.5	8.0 -9.0	75
9	Zamora, Gerardo et al. (2018)	Químico	Experimental puro	2.4	8.5	75
10	Sulistiyohadi, Yuli et al. (2020)	Químico	Experimental Puro	1.0 - 5.0	7.5 - 8.5	90
11	Ayala, Diana et al. (2018)	Químico	Experimental puro	2.7 -5.9	7.1-8	80
12	Rivera, María et al. (2020)	Químico	Experimental puro	4	7.6 -7.8	45

13	Moreno, Alex y Palacios, Teresa (2017)	Químico	Experimental puro	2.3	9.3	70
14	Alvarenga et al. (2021)	Químico	Experimental puro	2.6 - 2.7	7.59 - 8.66	90
15	Parada et al. (2018)	Químico	Experimental puro	2.5 - 3.3	7	60
16	Silva et al. (2021)	Químico	Cuasiexperimental	2.5 -4	7.5 - 8.0	90
17	Riopa et al. (2019)	Químico	Cuasiexperimental	2.4 - 4.0	6.5 - 8.0	65
18	Soloisolo, Hector (2021)	Químico	Cuasiexperimental	2.5 -3.0	7.5 -8.0	75
19	Wenbo, Li et al. (2021)	Químico	Cuasiexperimental	5.3	8.2	50

20	López, J et al. (2020)	Químico	Cuasiexperimental	3.5	6.6	66
21	Zamora, Gerardo y Mata, Jenny (2017)	Químico	Cuasiexperimental	1.0-1.5	7.2 - 7.8	71
22	Merchichi, Amira et al. (2022)	Químico	Cuasiexperimental	2.4	6.5	68
23	Gonzales, Emy et al. (2019)	Químico	Cuasiexperimental	3.08	8.47	81
24	Barthen, Robert et al. (2022)	Químico	Cuasiexperimental	2.00-2.1	5.1-6	55
25	Kalombe et al. (2020)	Químico	Cuasiexperimental	2.6	6.8	85
26	Vásquez y Escobar (2020)	Químico	Cuasiexperimental	2.2	9	72

27	Vásquez, Y. y Escobar, M.	Químico	No - Experimental	2.8	6.7	72
28	Gallardo et al. (2020)	Químico	No - Experimental	2.9 - 3.4	7.0 - 8.0	60
29	Murray, Jessica et al. (2021)	Químico	No - Experimental	1.92 - 4.06	7.4 - 8.2	86
30	Hinojosa et al. (2021)	Químico	No - Experimental	3.5	8.09	65
31	Forigua, Diana et al. (2018)	Biológico	experimental puro	2.5	6.5-7.5	85
32	Perez et al. (2017)	Biológico	Cuasiexperimental	4	6.5-7.4	90
33	Castro et al. (2018)	Biológico	Cuasiexperimental	4.1	7.5	65
34	Perez, Julian et al. (2020)	Biológico	Cuasiexperimental	6.9	8.5	45
35	Jaramillo, Andres y Contreras, M (2019)	Biológico	Cuasiexperimental	2.6	7.2	78

36	Muñoz, Jerry y Iannacone, Jose (2020)	Biológico	Cuasiexperimental	2.0 - 4.0	6.0 - 9.0	60
37	Bernardez et al. (2021)	Biológico	Cuasiexperimental	2.6	7.3	64
38	Lagueta, Susana et al.	Biológico	Cuasiexperimental	2.5-4	6.5-8.5	65

Fuente: Elaboración propia.

Como resultados que se muestran en la tabla 4, los 38 artículos seleccionados contenían información acerca de los porcentajes de remoción de los tratamientos de las aguas ácidas, junto con el tipo de tratamiento usados de acuerdo a la técnica aplicada. Así mismo a este grupo de artículos, 15 pertenecen al tipo de tratamiento químico con un diseño experimental puro (E.P), 11 pertenecen al tratamiento químico con un diseño cuasi experimental (C.E), 4 pertenecen al diseño no experimental, de acuerdo al tratamiento biológico un artículo pertenece al diseño experimental puro (E.P), 7 pertenecen al diseño cuasi experimental como se muestra en la figura 1.

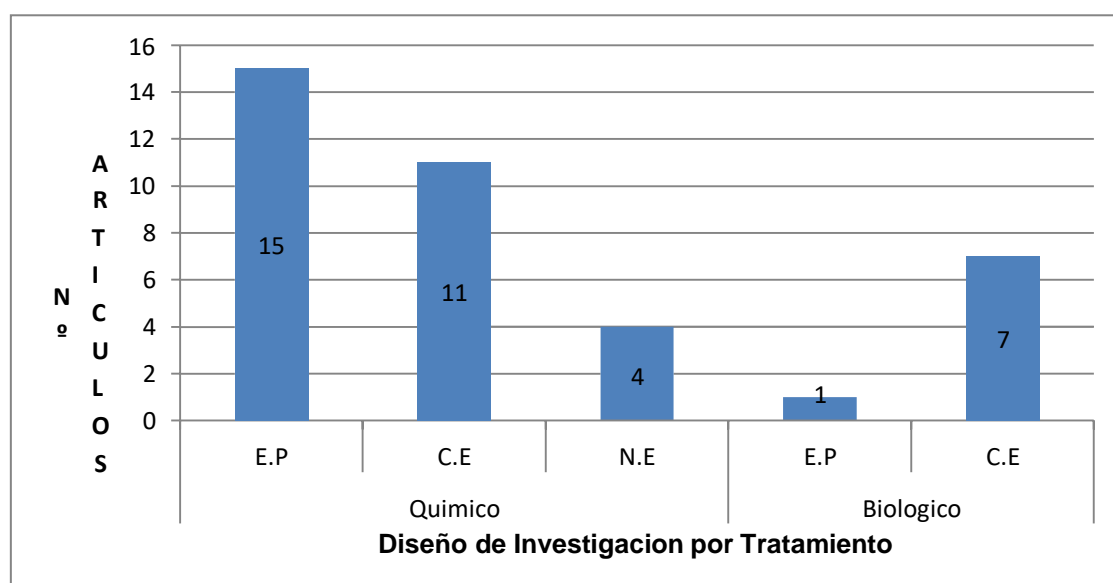


Figura 1. Artículos de acuerdo a su tipo de tratamiento.

Fuente:Elaboración propia.

De la figura 1 se evidencia que hay mayores estudios desarrollados según el tratamiento químico a nivel de laboratorio con respecto al tratamiento biológico. Del mismo modo, Rimarachin y Huaranga (2015), en su investigación se observó que los estudios acerca de las técnicas de tratamiento de las aguas ácidas se realizan a nivel de laboratorio para después ser aplicada en campo a nivel industrial. Así mismo se puede evidenciar los resultados de remoción de las aguas ácidas de acuerdo al tipo de tratamiento y la técnica aplicada. De esta manera los tratamientos químicos con el diseño experimental puro (E.P) muestran una eficiencia del 77 % con respecto a los tratamientos químicos con diseño cuasiexperimental (C.S) presenta una remoción del 70%, de acuerdo al diseño no experimental

presenta una remoción de 71% en el tratamiento de las aguas ácidas. Los tratamientos biológicos presentan un 85% de remoción de acuerdo a su diseño experimental puro, según su diseño cuasi experimental presenta un 67% de remoción en el tratamiento de las aguas ácidas como se muestra en la figura 2. Sin embargo en la investigación de Sanchez y Ferreira, donde dieron a conocer los tipos de tratamientos físicos, químicos y biológicos, en el que resalta los tratamientos biológicos con diseño experimental puro con una remoción del 90%, de esta manera se puede afirmar que el tratamiento biológico es una alternativa de solución mas viable y de bajo costo.

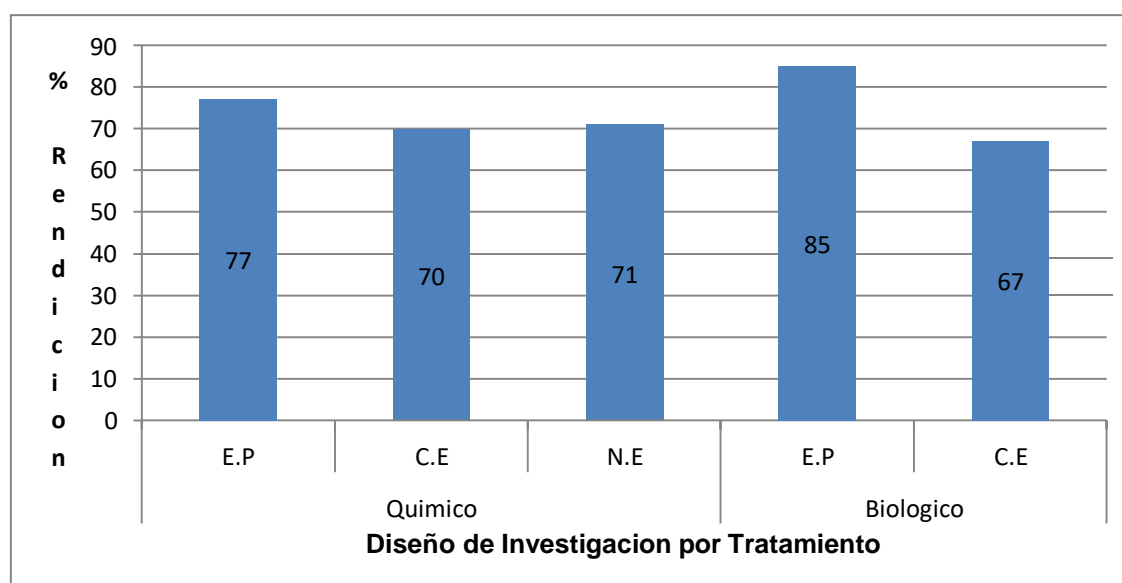


Figura 2. Porcentajes de remoción de los tratamientos según el diseño.
Fuente: Elaboración propia.

De la figura 2, los resultados mostrados según los tratamientos químicos con el diseño experimental puro presenta un rango de remoción de 77%, con respecto al diseño cuasi experimental presenta un rango de remoción de 70%, el diseño no experimental presenta una remoción de 71%, además en el menor y mayor porcentaje de remoción en el tratamiento de las aguas ácidas de mina fueron del mismo tipo de tratamiento, según su técnica aplicada fue a través de reactores de operación discontinua y para el mayor porcentaje de remoción fue aplicada según la técnica celda de electrificación en donde presento una mayor eficiencia. Sin embargo, los tratamientos biológicos presentan una remoción de 85%, de acuerdo a la técnica aplicada a través de compost de champiñón, demostrando tener una mayor remoción en el

tratamiento de las aguas ácidas de mina. Así mismo según Salazar, Hernández y Arango, en donde dieron a conocer que las aguas acidas de mina pueden ser tratadas por tratamientos biológicos para su prevención. Los tratamientos químicos consisten en aplicar agentes neutralizantes para remover la acidez de las aguas ácidas, este tratamiento es muy costoso y generaría una gran cantidad de lodos que no serían tratados con eficiencia. Los tratamientos biológicos demuestran ser una solución económicamente más barata, demuestran ser alternativas sostenibles en la reducción de la acidez, en donde logro tener un resultado de remoción al 90%. Este tratamiento no generaría impactos negativos al medio ambiente y es una buena alternativa de solución para el tratamiento de drenaje ácido de mina, la única desventaja que presenta esta técnica que su proceso de aplicación es lenta.

Tabla 5. Eficiencia de las técnicas según el tipo de efluente

Nº	Autor y año	Tipo de efluente	Tipo de tratamiento	Nivel de pH inicial	Nivel de pH final	% Remoción
1	Shirin et al. (2021)	Relave minero	Químico	2.54	6	82
2	Rey, V et al. (2021)	Relave minero	Químico	2.96	6.8-7.0	79
3	Qin, Junhao et al. (2019)	Relave minero	Químico	3	8	88
4	Moreno, Alex y Palacios, Teresa (2017)	Relave minero	Químico	2.3	9.3	70
5	Alvarenga et al. (2021)	Relave minero	Químico	2.61 - 2.71	7.59 - 8.66	90
6	Parada et al. (2018)	Relave minero	Químico	2.57 - 3.32	7	60
7	Merchichi, Amira et al. (2022)	Relave minero	Químico	2.4	6.5	68
8	Gonzales, Emy et al. (2019)	Relave minero	Químico	3.08	8.47	81

9	Barthen, Robert et al. (2022)	Relave minero	Químico	2.00-2.12	5.15-6.00	55
10	Kalombe et al. (2020)	Relave minero	Químico	2.6	6.8	85
11	Gallardo et al. (2020)	Relave minero	Químico	2.9 - 3.4	7.0 - 8.0	60
12	Murray, Jessica et al. (2021)	Relave minero	Químico	1.92 - 4.06	7.4 - 8.2	86
13	Hinojosa et al. (2021)	Relave minero	Químico	3.55	8.09	65
14	Aduvire, Osvaldo (2019)	Movimiento de tierras	Químico	2.3	8.0 - 9.0	75
15	Soloisolo, Hector (2021)	Movimiento de tierras	Químico	2.5 -3.0	7.5 -8.0	75
16	Aduvire, Osvaldo (2018)	Movimiento de tierras	Químico	4.5	8.0 -9.0	75
17	Zamora, Gerardo et al. (2018)	Movimiento de tierras	Químico	2.4	8.5	75

18	Vaziri, Behzad et al.(2021)	Minera de carbón	Químico	3.5	8	74
19	Roychowdhury et.al (2019)	Mineras de carbón	Químico	2.27	7.8	87
20	López, J et al. (2020)	Mineras de carbón	Químico	3.5	6.6	66
21	Riopa et al. (2019)	Mineras de carbón	Químico	2.4 - 4.0	6.5 - 8.0	65
22	Vasquez y Escobar (2020)	Minera de carbón	Químico	2.2	9	85
23	Nguegang, Beauclair et al. (2022)	Efluente minero	Químico	2.6	10.4	81
24	Sulistiyohadi, Yuli et al. (2020)	Procesamiento de minerales	Químico	1.0 - 5.0	7.5 - 8.5	90
25	Ayala, Diana et al. (2018)	Procesamiento de minerales	Químico	2.7 -5.9	7.1-8.0	80
26	Rivera, María et al. (2020)	Procesamiento de minerales	Químico	4.07	7.68 -7.85	45
27	Silva et al. (2021)	Procesamiento de minerales	Químico	2.5 -4	7.5 - 8.0	90

28	Wenbo, Li et al. (2021)	Depuracion de aguas residuales	Químico	5.38	8.24	50
29	Zamora, Gerardo y Mata, Jenny (2017)	Sintetico	Químico	1.0-1.5	7.2 - 7.8	71
30	Vásquez, Y. y Escobar, M.	Sintetico	Químico	2.8	6.7	72
31	Forigua, Diana et al. (2018)	Efluente minero	Biológico	2.5	6.5-7.5	85
32	Castro et al. (2018)	Relave minero	Biológico	4	6.5-7.4	90
33	Torres et al. (2017)	Relave minero	Biológico	4.1	7.5	65
34	Pérez, Julián et al. (2020)	Relave minero	Biológico	6.91	8.5	45
35	Bernardez et al. (2021)	Relave minero	Biológico	2.6	7.3	64

36	Jaramillo, Andrés y Contreras, M (2019)	Relave minero	Biológico	2.6	7.2	78
37	Muñoz, Jerry y Iannacone, José (2020)	Deposito de relaves	Biológico	2.0 - 4.0	6.0 - 9.0	60
38	Lagueta, Susana et al.	Deposito de relaves	Biológico	2.5-4	6.5-8.5	65

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 5 se puede observar los resultados de eficiencia de las técnicas según el tipo de efluente, los efluentes movimientos de tierras, mineras de carbón, relaves mineros, procesamientos de minerales en el tratamiento químico con un diseño experimental puro (E.P) se observó que presentan una remoción 76%, 81%, 79% y 72%, en el diseño cuasi experimental presentan una remoción en el efluente procesamiento de minerales de 90%, en el efluente movimiento de tierras su remoción fue de 75%, en el relave minero de 63% y en el efluente mineras de carbón 74%, de acuerdo a su diseño no experimental presenta una remoción de 70 % de acuerdo al efluente relave minero. Es decir, el efluente procesamiento de minerales es más eficiente es el diseño cuasi experimental con una remoción de 90% en el tratamiento químico como se muestra en la figura 3.

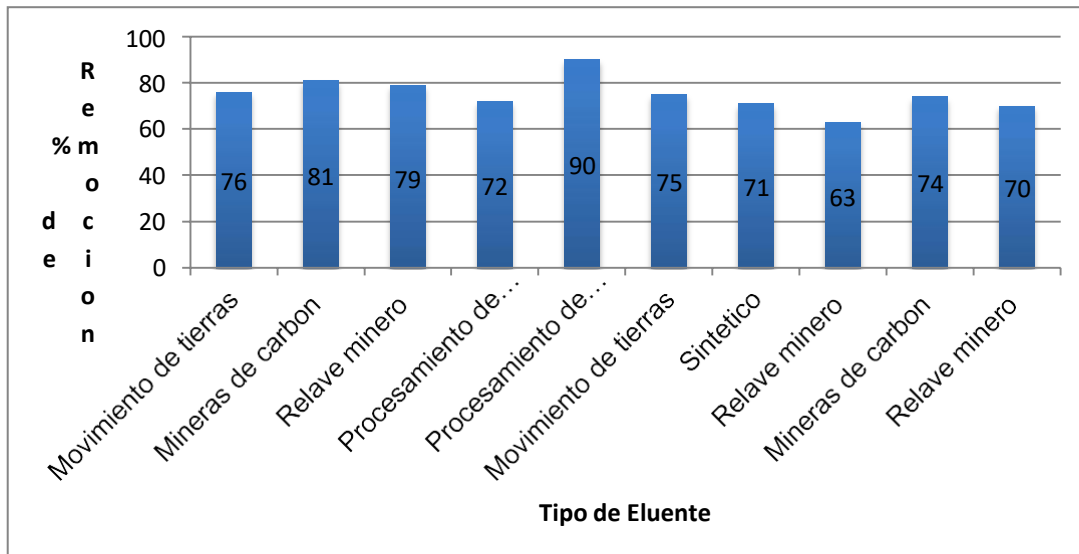


Figura 3. Eficiencia de remoción según el tipo de efluente.

Fuente: Elaboración propia.

Así mismo se puede observar que los tratamientos biológicos presentan una remoción 85 % según su tipo de efluente minero con un diseño experimental puro, el diseño cuasi experimental presenta una remoción de 67% como se puede mostrar en la figura 4. Es decir que el efluente más eficiente en el tratamiento químico es el procesamiento de minerales con resto al efluente minero en el tratamiento biológico. Sin embargo, en su investigación Chaparro (2015), en donde dio a conocer que los efluentes mineros contaminan a mayor escala las fuentes hídricas, estas aguas presentan un rango de PH de 1.5 a 6, ya que aporta una gran cantidad de acidez debido a la formación del ácido sulfúrico y que esta problemática puede perdurar si no es tratada con eficiencia.

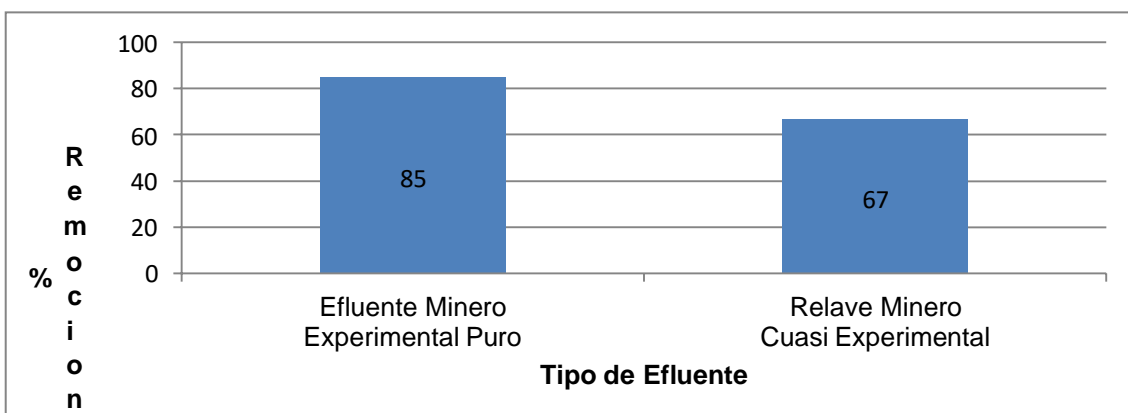


Figura 4. % de remoción según tipo de efluente.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6. *Porcentaje de remoción de la acidez según la técnica*

Nº	Autor y año	Técnica	Tipo de tratamiento	Nivel de pH inicial	Nivel de pH final	% Remoción
1	Adivire, Osvaldo (2019)	Neutralización y precipitación	Químico	2.3	8.0 - 9.0	75
2	Shirin et al. (2021)	Neutralización	Químico	2.5	6	82
3	Nguegang, Beauclair et al. (2022)	Neutralización/Oxidación Química	Químico	2.6	10.4	81
4	Vaziri, Behzad et al.(2021)	Neutralización-Precipitación	Químico	3.5	8	74
5	Roychowdhury et al. (2019)	Neutralización-Adsorción	Químico	2.2	7.8	87

6	Rey, V et al. (2021)	Neutralización	Químico	2.9	6.8-7.0	79
7	Qin, Junhao et al. (2019)	Neutralización	Químico	3	8	88
8	Aduvire, Osvaldo (2018)	Neutralizacion	Químico	4.5	8.0 -9.0	75
9	Zamora, Gerardo et al. (2018)	Neutralización- Precipitación y Drenaje Anóxico Calizo	Químico	2.4	8.5	75
10	Sulistiyohadi, Yuli et al. (2020)	Celda de electrificación	Químico	1.0 - 5.0	7.5 - 8.5	90
11	Ayala, Diana et al. (2018)	Dispersed Alkaline Substrate	Químico	2.7 -5.9	7.1-8.0	80

12	Rivera, María et al. (2020)	Reactores de operación discontinua	Químico	4.07	7.6 -7.8	45
13	Moreno, Alex y Palacios, Teresa (2017)	Edafosedimento carbonatado	Químico	2.3	9.3	70
14	Alvarenga et al. (2021)	Columnas de lixiviación	Químico	2.6 - 2.71	7.5 - 8.6	90
15	Parada et al. (2018)	bateria química	Químico	2.5 - 3.3	7	60
16	Silva et al. (2021)	Barreras aislantes	Químico	2.5 -4	7.5 - 8.0	90

17	Riopa et al. (2019)	Humedales de flujo superficial	Químico	2.4 - 4.0	6.5 - 8.0	65
18	Soloisolo, Hector (2021)	Caracterización de los estériles	Químico	2.5 -3.0	7.5 -8.0	75
19	Wenbo, Li et al. (2021)	Canales de roca caliza (carbonato de calcio)	Químico	5.38	8.24	50
20	López, J et al. (2020)	Sistemas de producción sucesiva de alcalinidad	Químico	3.5	6.6	66
21	Zamora, Gerardo y Mata, Jenny (2017)	NanoFiltración por membranas	Químico	1.0-1.5	7.2 - 7.8	71
22	Merchichi, Amira et al.(2022)	Drenaje anoxico calizo - Precipitación	Químico	2.4	6.5	68

23	Gonzales, Emy et al. (2019)	Drenaje óxico calizo	Químico	3.08	8.47	81
24	Barthen, Robert et al. (2022)	Electrocoagulación	Químico	2.00-2.1	5.1-6.00	55
25	Kalombe et al. (2020)	Biosorción	Químico	2.6	6.8	85
26	Vasquez y Escobar (2020)	Reactor de operación continua	Químico	2.2	9	72
27	Gallardo et al. (2020)	Reactores Bioquímicos Pasivos	Químico	2.8	6.7	72

28	Murray, Jessica et.al (2021)	Neutralización	Químico	2.9 - 3.4	7.0 - 8.0	60
29	Hinojosa et al. (2021)	Precipitación/Oxidación	Químico	1.9 - 4	7.4 - 8.2	86
30	Forigua, Diana et al.	Administración oxido de cal	Químico	3.55	8.09	65
31	Perez et.al (2017)	Compost de champiñon	Biológico	2.5	6.5-7.5	85
32	Castro et al. (2018)	Biorrector	Biológico	4	6.5-7.4	90
33	Torres et al. (2017)	Bioremediación	Biológico	4.1	7.5	65

34	Pérez, Julian et al. (2020)	Pilas biológicas	Biológico	6.9	8.5	45
35	Jaramillo, Andrés y Contreras, M (2019)	Humedal de flujo subsuperficial	Biológico	2.6	7.2	78
36	Muñoz, Jerry y Lannacome, Jose (2020)	Humedales artificiales	Biológico	2.0 - 4.0	6.0 - 9.0	60
37	Bernardez et.al 2021)	Inhibicion bacteriana	Biológico	2.6	7.3	64
38	Lagueta, Susana et al.	Inhibicion bacteriana	Biológico	2.5-4	6.5-8.5	65

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 6 se puede observar los resultados de remoción según la técnica aplicada, en el tratamiento químico de acuerdo a la técnica de neutralización se obtuvo un porcentaje de remoción de 80%, celdas de electrificación de 90% y en la técnica de barreras aislantes con una remoción del 90%, que se encuentran en los rangos de pH 7.5 a 8. Posteriormente en el tratamiento biológico de acuerdo a la técnica de biorreactor demostró una eficiencia de 90% y en la técnica de compost champiñón con una remoción de 85% encontrándose en un rango de pH 6.5 a 7.5 como se muestra en la figura 5. Según su investigación de Zamora y Meza (2022), dio a conocer que en los últimos años se vienen desarrollando estrategias, con el fin de prevenir la formación de los drenajes ácidos ya que se caracteriza por tener una alta acidez, de esta manera los tratamientos que utiliza en su investigación como la neutralización, barreras aislantes, demostrando ser técnicas innovadoras para el tratamiento de las aguas ácidas de mina.

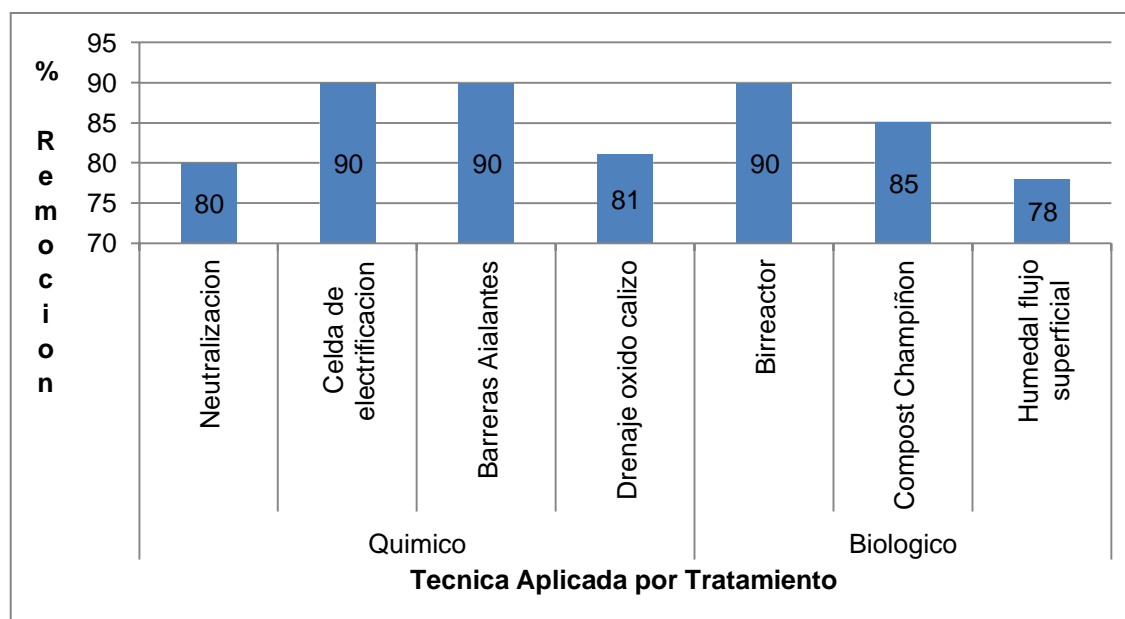


Figura 5. Remoción de acidez de las aguas ácidas según la técnica.
Fuente: Elaboración propia.

V. CONCLUSIONES

- Se concluye que los métodos biológicos son más eficientes que los métodos químicos, considerando que generan menos productos indeseables como lodos y sustancias remanentes peligrosas, y que las técnicas biológicas más eficientes son biorreactor y compost de champiñón.
- Los resultados mostrados que las técnicas barreras aislantes en efluente procesamiento de minerales y compost de champiñón alcanzan remociones de acidez en aguas acidas de mina hasta un 90% y 85% respectivamente. Es decir, ambas técnicas son eficientes en el tratamiento de las aguas acidas.
- Se logró evaluar las técnicas de tratamiento de las aguas ácidas basados en el contenido de acidez, las técnicas barreras aislantes y biorreactor en el tratamiento biológico presentan remociones hasta 90%, esto hace que los tratamientos de las aguas acidas sean más eficientes, de menor costo y mayor control ambiental.

VI. RECOMENDACIONES:

- Para futuras investigaciones, se recomienda hacer experimentos a nivel de laboratorio con las técnicas de tratamiento de las aguas acidas.
- Actualizar la información de las técnicas de tratamiento de las aguas acidas de mina, la cual permitirá contar con más referencias para futuras investigaciones.
- Finalmente serviría de mucha utilidad investigar más sobre la eficiencia de las técnicas de tratamiento de las aguas acidas de mina.

REFERENCIAS

ADUVIRE, Osvaldo. Innovaciones técnicas en el tratamiento de aguas ácidas de minas con recuperación de subproductos con valor económico. Revista de Medio Ambiente y Minería [en línea]. Junio 2019, vol. 4, n°01. [Fecha de consulta: 18 de abril de 2022]. 55-64. Disponible en:

http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2519-53522019000100006

ISSN: 2519-5352

ADUVIRE, Osvaldo. Dimensionado de sistemas de tratamiento de aguas ácidas de mina. Revista de Medio Ambiente y Minería [en línea]. 2018, n°05. [Fecha de consulta: 7 de mayo de 2022]. Disponible en:

http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2519-53522018000200001

ISSN 2519-5352

ACEVEDO, Karol. Tratamiento de aguas ácidas de drenaje de mina con alto contenido de aluminio y manganeso por tecnología de lodos de alta densidad (HDS). Tesis (título profesional de Ingeniero Ambiental). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería. 2015. Disponible

<http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/4508>

ALVARENGA, Paula et al. Assessment of the environmental impact of acid mine drainage on Surface water, stream sediments and macrophytes using a battery of chemical and ecotoxicological indicators. Water [en línea]. 2021, vol. 13. [Fecha de consulta: 26 de mayo de 2022]. 14-36. Disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/351837403_Assessment_of_the_Environmental_Impact_of_Acid_Mine_Drainage_on_Surface_Water_Stream_Sediments_and_Macrophytes_Using_a_Battery_of_Chemical_and_Ecotoxicological_Indicators

AYALA, Diana et al. Sistema de tratamiento para mejorar la calidad de aguas de drenajes pasivos ambientales mineros en la cuenca del río Puyango (Ecuador). Geogaceta [en línea]. 2018, vol. 64. [Fecha de consulta: 18 abril de 2022]. Disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/330886266_Sistema_de_tratamiento_para_mejorar_la_calidad_de_aguas_de_drenaje_de_pasivos_ambientales_mineros_en_la_cuenca_del_rio_Puyango_Ecuador_Treatment_system_to_improve_the_drainage_water_quality_of_the_Puyango

ISSN: 2173-6545

BARTHEN, Robert et al. REMOVAL and recovery of metal ions from acidic multi-metal mine water using waste digested activated sludge as biosorbent. Hydrometallurgy [en línea]. Febrero 2022, vol. 207. [Fecha de consulta: 15 de abril de 2022]. Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304386X2100219X>

BERNARDEZ, Leticia et al. Acid mine drainage at the Bahia Gold Belt (Brazil): microbial isolation and characterization. Environmental Monitoring and Assessment [en línea]. Febrero 2021, vol. 193. [Fecha de consulta: 20 de abril de 2022]. Disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/348446023_Acid_mine_drainage_at_the_Bahia_Gold_Belt_Brazil_microbial_isolation_and_characterization

ISSN: 1573-2959

BRAVO, Diana et al. La contaminación ambiental ocasionada por la minería en la provincia de El Oro. [en línea]. Mayo 2020. [Fecha de consulta: 25 de mayo de 2022]. Disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/346570846_La_contaminacion_ambiental_ocasionada_por_la_mineria_en_la_provincia_de_El_Oro

CASTRO, E et al. Acid mine drainage treatment and metal removal based on a biological sulfate-reducing process. Brazilian Journal of Chemical Engineering [en línea]. Abril-junio 2018, vol. 35, n°02. [Fecha de consulta: 20 de mayo de 2022]. 543-552. Disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/328095225_Acid_mine_drainage_treatment_and_metal_removal_based_on_a_biological_sulfate-reducing_process

CHAPARRO, Teresa. Drenajes Ácidos de Mina Formación y Manejo. Revista ESAICA [en línea]. Junio 2015, vol.1 n°01. [Fecha de consulta: 20 de junio 2022]. 53-57. Disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/296639939_Drenajes_acidos_de_mina_formacion_y_manejo

DEL ÁGUILA, Néstor. Gestión De Efluentes, Tratamiento De Aguas ácidas Y Precipitación De Aluminio Y Manganeso En La Planta De Tratamiento De La Empresa Minera De Yanacocha. Tesis (título profesional de Ingeniero Ambiental). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería. 2015. Disponible en:

https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUNI_d59dd3f9c77828efa4d690704d250e97

DENEGRI, Jerry y Iannacone, Jose. Tratamiento de drenaje ácido de minas mediante humedales artificiales. Revista Biotiempo [en línea]. Julio-diciembre 2020, vol. 17, n°02. [Fecha de consulta: 10 de abril de 2022].

Disponible en:

<https://revistas.urp.edu.pe/index.php/Biotempo/article/view/3349>

ISSN: 2519-5697

EFFECT treatment of acid mine drainage using a combination of MgO-nanoparticles and a series of constructed wetlands planted with vetiveria zizanioides: A hybrid and stepwise approach por Nguegang, Beauclair et al. Journal of Environmental Management [en línea]. 2022, vol. 310. [Fecha de consulta: 15 de mayo de 2022]. ISSN: 1095-8630 Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479722003243>

FAGUNDES, Viníciu et al. Chemical, ecotoxicological and genotoxicological evaluation of waters of open pit mine lakes. *Engenharia Sanitária e Ambiental* [en línea]. Enero-febrero 2019, vol. 24, n°01. [Fecha de consulta: 6 de abril de 2022]. Disponible en:

<https://www.scielo.br/j/esa/a/5Z8HCdSjNBWTkRkq7n9TN4K/?lang=pt>

ISSN: 1413-4152

FORIGUA, Diana, FONSECA, Nidia y VASQUEZ, Yaneth. Prevención de drenajes ácidos de mina utilizando compost de champiñón como enmienda orgánica. *Revista Colombiana de Biotecnología* [en línea]. Enero 2017, vol. 19, n°01. [Fecha de consulta: 18 de abril de 2022]. 92-100. Disponible en:

http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0123-34752017000100092&script=sci_abstract&tlng=es

ISSN: 0123-3475

GALLARDO, Damaris et al. Drenaje ácido de minas y su influencia en ecosistemas asociados al yacimiento Santa Lucía, Cuba. *Revista Iberoamericana Ambiente & Sustentabilidad* [en línea]. Julio-diciembre 2020, vol. 03, n°02. [Fecha de consulta: 25 de octubre de 2021]. 67-81. Disponible en:

<https://ambientesustentabilidad.org/index.php/revista/article/view/79/141>

ISSN: 2697-3527

GRANDE, José et al. Biogeochemical characterization of Surface Waters in the Aljustrel mining area (South Portugal). *Environmental Geochemistry and Health* [en línea]. 2019, vol. 41. [Fecha de consulta: 25 de mayo de 2022]. Disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/330514358_Biogeochemical_characterization_of_surface_waters_in_the_Aljustrel_mining_area_South_Portugal

ISSN: 3070-1355

GONZALES, Emy et al. Influencia del amparaje y tiempo de residencia sobre la remoción de metales pesados en aguas ácidas por electrocoagulación. Revista UPAGU – Perspectiva [en línea]. 2019, n°04. [Fecha de consulta: 11 mayo de 2022]. Disponible en:
<http://revistas.upagu.edu.pe/index.php/PE/article/view/657/600>

Hinojosa et al. Acid Mine Water Treatment. Revista. [en línea]. 2021. [Fecha de consulta: 11 mayo de 2022]. Vol 1. Disponible en:
<https://doi.org/10.53942/srjicidi.v1i2.54>

JARAMILLO, Andrés y CONTRERAS, Marco. Tratamiento del drenaje ácido de minas de carbón mediante humedales artificiales – caso de estudio quebrada El Chocho en el corregimiento de Montebello, Cali. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental). Colombia: Universidad Autónoma de Occidente, Facultad de Ingeniería, 2019. Disponible en:
<https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/11980/T08976.pdf?sequence=5&isAllowed=y>

KALOMBE, Rosicky et al. Treatment of acid mine drainage with coal fly ash in a jet loop reactor pilot plant. Minerals Engineering [en línea]. Diciembre 2020, vol. 159. [Fecha de consulta: 20 mayo 2022]. Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0892687520304313>

LÓPEZ, J et al. Comparison of acid-resistant ceramic and polymeric nanofiltration membranes for acid mine Waters treatment. Chemical Engineering Journal [en línea]. 2020, vol. 382. [Fecha de consulta: 20 de octubre de 2021]. Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1385894719321965?via%3Dihub>

ISSN: 1385-8947

LÓPEZ, Marco. Administración estratégica para el tratamiento de aguas ácidas de mina mediante humedales artificiales en Nyrstar Coricancha S.A. Tesis (título profesional de Maestría en Ciencias de Administración). Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú. 2018. Disponible en https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNCP_4441a089e36ac3ad0f4097a62309994e

MERCHICHI, Amira et al. Passive treatment of acid mine drainage from the Side-Kamber mine wastes (Mediterranean coastline, Algeria) using neighbouring phosphate material from the Djebel Onk mine. *Science of The Total Environment* [en línea]. Febrero 2022, vol.807, parte 3. [Fecha de consulta: 20 de abril de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969721060800>
ISSN: 0048-9697

MONTESINOS, Mayra. Caracterización de efluentes de mina para elección de la alternativa óptima de tratamiento. Tesis (título profesional de Ingeniero de Minas) Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú. 2017. Disponible en <http://hdl.handle.net/20.500.12404/7885>

MORENO, Alex y PALACIOS, Teresa. Tratamiento de drenaje ácido de mina con el uso de zeolita natural a escala experimental. *FIGEMPA: Investigación y Desarrollo* [en línea]. 2017, vol. 01, n°02. [Fecha de consulta: 24 de octubre de 2021]. 29-40. Disponible en: <https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/RevFIG/article/view/67>
ISSN: 1390-7042

MURRAY, Jesica et al. Seasonal fluctuations and geochemical modeling of acid mine drainage in the semi-arid Puna region: The Pan de Azúcar Pb–Ag–Zn mine, Argentina. *Journal of South American Earth Sciences* [en línea]. Agosto 2021, vol. 109. [Fecha de consulta: 28 de junio 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0895981121000444>
ISSN: 0895-9811

NGUEGANG, Beauclair et al. Effect treatment of acid mine drainage using a combination of MgO-nanoparticles and a series of constructed wetlands planted with vetiveria zizanioides: A hybrid and stepwise approach. Journal of Environmental Management [en línea]. 2022, vol. 310. [Fecha de consulta: 15 de octubre de 2021]. Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479722003243>

ISSN: 1095-8630

OJONIMI, Theophilus et al. Acid mine drainage (AMD) contamination in coal mines and the need for extensive prediction and remediation: a review. Journal of Degraded and Mining Lands Management [en línea]. Octubre 2021, vol. 9, n°01. [Fecha de consulta: 11 abril de 2022].

Disponible en: <https://jdmlm.ub.ac.id/index.php/jdmlm/article/view/978>

ISSN: 2502-2458

PARADA, Fernando, VERGARA, Froilán y SÁNCHEZ, Mario. Alternativas para el manejo de la polución de aguas ácidas subterráneas en la minería del cobre. Revista de Medio Ambiente y Minería [en línea]. 2018, n°05. [Fecha de consulta: 18 de abril de 2022]. 12-18. Disponible en:

http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2519-53522018000200002&lng=es&nrm=iso

PÉREZ, Julián, RUIZ, Arnaldo y ARAMBURÚ, Sixto. Reducción de contaminantes del relave ácido de mina en planta concentradora de Jangas, Perú. Avances [en línea]. 2020, vol. 22, n°02. [Fecha de consulta: 16 de abril de 2022]. 208-221. Disponible en:

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7925381>

ISSN: 1562-3297

PÉREZ, Norma, SCHWARZ, Alex y URRUTIA, Homero. Tratamiento del drenaje ácido de minas: estudio de reducción de sulfato en mezclas orgánicas. Tecnología y Ciencias del Agua [en línea]. Enero-febrero 2017, vol. 8, n°01. [Fecha de consulta: 18 de abril de 2022]. 53-64. Disponible en: <http://www.revistatyca.org.mx/ojs/index.php/tyca/article/view/1294>

ISSN: 2007-2422

POZO, José et al. Tratamiento microbiano de aguas ácidas resultantes de la actividad minera: una revisión. Tecnología y Ciencias del Agua [en línea]. Mayo-junio 2017, vol. 8, n°03. [Fecha de consulta: 24 de mayo 2022]. Disponible en: <http://www.revistatyca.org.mx/ojs/index.php/tyca/article/view/1320>

ISSN: 2007-2422

QIN, Junhao et al. Active treatment of acidic water to minimize environmental impacts in a densely populated downstream area. Journal of Cleaner Production [en línea]. Febrero 2019, vol, 210, n°01. [Fecha de consulta: 15 de julio de 2022]. 309-316. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652618334292>

ISSN: 1879-1786

RAMBABU, K et al. Biological remediation of acid mine drainage: Review of past trends and current outlook. Environmental Science and Ecotechnology [en línea]. 2020, vol. 02. [Fecha de consulta: 10 de abril de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666498420300168>

ISSN: 2666-4984

REY, V et al. Use of natural zeolite-rich tuff and siliceous sand for mine water treatment from abandoned gold mine tailings. Journal of Geochemical Exploration [en línea]. Enero 2021, vol. 220. [Fecha de consulta: 15 de mayo de 2021]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0375674220306208>

ISSN: 0375-6742

REZAIE, Behnaz y ANDERSON, Austin. Sustainable resolutions for environmental threat of the acid mine drainage. Science of The Total Environment [en línea]. 2020, vol. 17. [Fecha de consulta: 10 de junio de 2022] 137-221. Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S004896972030721X>

ISSN: 0048-9697

RIMARACHIN, Varas, Paolo y HUARANGA, Félix. Treatment of water from miner - metallurgical effluents using passive and active methods in experimental systems. SCIENDO [en línea]. Julio-diciembre 2015, vol. 18, n°02. [Fecha de consulta: 10 de junio de 2022]. 20-29. Disponible en:

<https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/SCIENDO/article/view/1352>

ISSN: 2617-3735

RIOPA, Fernando et al. Manejo selectivo de los estériles de mina: clasificación NAG-PAG. Energía & Minas: Revista Profesional, Técnica y Cultural de los ingenieros Técnicos de Mina [en línea]. 2019, n°15. [Fecha de consulta: 10 de octubre de 2021]. 6-11. Disponible en:

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7401430>

ISSN: 1699-7743

RIVERA, María et al. Carbonatos pedogénicos para el tratamiento del drenaje ácido de mina (DAM). Experimentos de laboratorios. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana [en línea]. 2020, vol. 72, n°01. [Fecha de consulta: 20 de octubre de 2021]. Disponible en:

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=94366149012>

ISSN: 1405-3322

RIVERA, María et al. PHYSCO-chemical influence of Surface water contaminated by acid mine drainage on the populations of diatoms in dams (Iberian Pyrite Bel, SW Spain). International Journal of Environmental Research and Public Health [en línea]. 2019, vol. 16, n°22. [Fecha de consulta: 25 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://www.mdpi.com/1660-4601/16/22/4516>

ISSN: 3173-1686

RODRÍGUEZ, Pedro et al. Mineralogía del material particulado originado durante la neutralización estuarina drenajes ácidos de mina (Huelva, España). Macla: Revista de la Sociedad Española de Mineralogía [en línea]. Junio 2019, n°24. [Fecha de consulta: 6 de octubre de 2021]. 44-47. Disponible en: <http://www.semineral.es/websem/seccion3.subitem1.subitem24.do?enlaceMenu=seccion3.subitem1.subitem24>

ISSN: 2659-9864

ROYCHOWDHURY, Abhishek et al. Removal of Acidity and Metals from Acid Mine Drainage-Impacted Water using Industrial Byproducts. Environmental Management [en línea]. Enero-junio 2019, vol.63, n°01. [Fecha de consulta: 10 de mayo de 2022]. 148-158. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/328011066_Removal_of_Acidity_and_Metals_from_Acid_Mine_Drainage-Impacted_Water_using_Industrial_Byproducts

SALAZAR Giraldo, Pablo. Alternativas de tratamientos de las aguas de los drenajes ácidos de minas: una revisión. [en línea]. 2015. Disponible en: <http://repository.unilasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/63/1/347-366.pdf>

SANCHEZ, José y FERREIRA, Juan. Drenajes ácidos de Mina Alternativas de tratamiento. Revista MAMYM [en línea]. 2016, n°01. [Fecha de consulta: 15 de mayo 2022]. 20-33. Disponible en: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2519-53522016000100003&script=sci_abstract

ISSN 2519-5352

SHARMA, Bharat y KHAREL, Gehendra. Acid mine drainage from coal mining in the United States – An overview. *Journal of Hydrology* [en línea]. 2020, vol. 588. [Fecha de consulta: 18 de mayo de 2022]. Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0022169420305217?via%3Dihub>

ISSN: 0022-1694

SHIRIN, Saba et al. Assesment of characteristics of Acid Mine Drainage Treated with Fly Ash. *Applied Sciences* [en línea]. 2021, vol. 11, n°09. [Fecha de consulta: 20 de abril 2022]. Disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/351149476_Assessment_of_Characteristics_of_Acid_Mine_Drainage_Treated_with_Fly_Ash

ISSN: 2076-3417

SILVA, Jorge et al. Uso de humedales de flujo subsuperficial con phragmites australis como alternativa de biorremediación de fuentes superficiales afectadas por drenajes ácidos de minas de carbón. *Tecnología y Ciencias del Agua* [en línea]. Noviembre-diciembre 2021, vol. 12, n°06. [Fecha de consulta 20 de junio 2022]. 196-238. Disponible en:

<http://revistatyca.org.mx/index.php/tyca/article/view/2376>

ISSN: 2007-2422

SOLOISOLO, Héctor. Propuesta de tratamiento del drenaje ácido generado por la unidad minera Arasi en la microcuenca del río LLallimayo Puno – 2019. Tesis (Ingeniero de Minas). Puno: Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ingeniería de Minas, 2019. Disponible

en: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/15441>

SULISTIYOHADI, Yuli et al. Technology intervention to change the perception of acid mine drainage as energy por. *Opción* [en línea]. 2020, vol. 36, n°27. [Fecha de consulta: 15 de abril de 2022]. 1429-1446. Disponible en:

<https://produccioncientificaluz.org/index.php/opcion/article/view/32051>

ISSN: 2477-9385

TOMIYAMA, Shingo y IGARASHI, Toshifumi. The potential threat of mine drainage to groundwater resources. *Current Opinon in Environmental Science & Health* [en línea]. 2022, vol. 27. [Fecha de consulta: 15 de abril de 2022].

Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2468584422000228>

ISSN: 2468-5844

TORRES et al. Utilización de micro algas de la división chlorophyta en el tratamiento biológico de drenajes ácidos de mina de carbón. *Revista Colombiana de Biotecnología* [en línea]. Julio-diciembre 2017, vol. 19, n°02. [Fecha de consulta: 25 de octubre de 2021]. 95-104. Disponible en:

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=77654661010>

ISSN: 0123-3475

TRATAMIENTO microbiano de aguas ácidas resultantes de la actividad minera: una revisión por Laguela, Susana et al. *Tecnología y Ciencias del Agua* [en línea]. Mayo-junio 2017, vol. 8, n°03. [Fecha de consulta: 18 de abril de 2022]. 75-91. Disponible en:

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-24222017000300075

VARGAS, Hipólito, SOTO, Demetrio y HINOJOSA, Lizangela. Acid Mine Water Treatment. *Scientific Research Journal* [en línea]. Julio-diciembre 2021, vol. 1, n°02. [Fecha de consulta: 18 de abril de 2022]. 175-185. Disponible en:

<http://srjournalcidi.org/index.php/ojs/article/view/54>

VÁSQUEZ, Y. y ESCOBAR, M. Reactores bioquímicos pasivos: una alternativa biotecnológica para la remediación de drenajes ácido de minas. *Revista Colombiana de Biotecnología* [en línea]. Julio-diciembre 2020, vol. 22, n°02. [Fecha de consulta: 20 de junio 2022]. 53-69. Disponible en:

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=77666754006>

ISSN: 0123-3475

VAZIRI, Behzad, REZAEI, Mohammad y PISUPATI, Sarma. Effect of various ligands on the selective precipitation of critical and rare Earth elements from acid mine drainage. Chemosphere [en línea]. Octubre 2021, vol. 280. [Fecha de consulta: 15 de abril de 2022]. Disponible en:

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34162080/>

ISSN: 0045-6535

VILELA, Wilson, ESPINOSA, Marbelle y BRAVO, Ana. La Contaminación Ambiental Ocasionada Por La Minería En La Provincia De El Oro. Estudios De La Gestión: Revista Internacional de Administración [en línea]. Julio-diciembre 2020, n°08, 2020. [Fecha de consulta: 20 de abril 2022]. 210-228p. Disponible en: <https://revistas.uasb.edu.ec/index.php/eg/article/view/2437>

ISSN: 2661-6513

WANG, Zhaoliang et al. Review: Acid mine drainage (AMD) in abandoned Coal Mines of Shanxi, China. Water [en línea]. 2021, vol. 13, n°01. [Fecha de consulta: 3 de julio de 2022]. Disponible en:

<https://www.mdpi.com/2073-4441/13/1/8/htm>

ISSN: 2073-4441

WENBO, Li et al. Passive treatment test of acid mine drainage from an abandoned coal mine in Kaili Guizhou, China. Water Science & Technology [en línea]. Octubre 2021, vol. 84, n°08. [Fecha de consulta: 25 de mayo de 2022]. 1981-1996. Disponible en:

<https://iwaponline.com/wst/article/84/8/1981/84237/Passive-treatment-test-of-acid-mine-drainage-from>

ISSN: 1996-9732

ZAMORA, Gerardo, MAMANI, Melissa y TRUJILLO, Elvis. Propuesta técnica, económica y ambiental para el tratamiento de las aguas ácidas de la mina Huanuni mediante drenes anóxicos calizos y precipitación con cal en interior de mina. Revista de Medio Ambiente y Minería [en línea]. Junio 2018, n°04. [Fecha de consulta: 6 de junio 2022]. Disponible en:

http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2519-53522018000100001&lang=es

ISSN: 2519-5352

ZAMORA, Gerardo y MATA, Jenny. Estudio técnico de la recuperación de un producto comerciable de zinc mediante desulfatación, dren anóxico calizo y precipitación de las aguas ácidas de la mina de Porco (Parte I). Revista de Medio Ambiente y Minería [en línea]. 2017, n°02. [Fecha de consulta: 6 de junio 2022]. Disponible en:

http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2519-53522017000100005&lang=es

ZAMORA, Gerardo y MEZA, Ruth. Formación, prevención e innovación en el tratamiento de drenajes ácidos en operaciones mineras. Revista de Medio Ambiente y Minería [en línea]. 2022, n°02. [Fecha de consulta: 12 de julio 2022]. Disponible en: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2519-53522022000100001&script=sci_arttext

ANEXOS

Tabla 7. *Matriz de categorización*

Título de la investigación	Problema de investigación	Problemas específicos	Objetivo general	Objetivos específicos	Categorías	Subcategorías
Técnicas de tratamiento de aguas acidas generadas por la actividad minera	¿Cuáles son las técnicas más eficientes en el tratamiento de aguas acidas generadas por la actividad minera?	¿Cuáles son los tipos de tratamiento para las aguas acidas para el efluente minero?	Evaluar la efectividad de las principales técnicas para el tratamiento de las aguas acidas generadas por la actividad minera.	Evaluar las técnicas de tratamiento de aguas acidas de la actividad minera, según el tipo de tratamiento.	Sistema de tratamiento	Tratamiento AMD. Tratamiento Activo. Tratamiento Pasivo.
		¿Cuáles son los metales pesados que tiene mayor porcentaje de remoción tras la aplicación de las técnicas?		Evaluar la eficiencia de las técnicas de tratamiento de las aguas acidas según el tipo de efluente de la actividad minera.		Tipo de efluente
					Evaluar la remoción de acidez en aguas residuales de la actividad minera según la técnica aplicada.	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8. *Instrumento de recolección de datos*

Nº	Autor y año	Tipo de tratamiento	Diseño de la investigación	Técnica	Tipo de efluente	Nivel de pH inicial	Nivel de pH final	% Remoción
1	Aduvire, Osvaldo (2019)	Químico	Experimental Puro	Neutralización y precipitación	Movimiento de tierras	2.3	8.0 - 9.0	75
2	Shirin et al. (2021)	Químico	Experimental puro	Neutralización	Relave minero	2.54	6	82
3	Nguegang, Beauclair et al. (2022)	Químico	Experimental puro	Neutralización/Oxidación Química	Efluente minero	2.6	10.4	81
4	Vaziri, Behzad et al. (2021)	Químico	Experimental puro	Neutralización-Precipitación	Minera de carbón	3.5	8	74
5	RoyChowdhury et al. (2019)	Químico	Experimental puro	Neutralización-Adsorción	Mineras de carbón	2.27	7.8	87
6	Rey, V et al. (2021)	Químico	Experimental puro	Neutralización	Relave minero	2.96	6.8-7.0	79
7	Qin, Junhao et al. (2019)	Químico	Experimental puro	Neutralización	Relave minero	3	8	88

8	Adurive, Osvaldo (2018)	Químico	Experimental Puro	Neutralización	Movimiento de tierras	4.5	8.0 -9.0	75
9	Zamora et al. (2018)	Químico	Experimental puro	Neutralización- Precipitación y Drenaje Anóxico Calizo	Movimiento de tierras	2.4	8.5	75
10	Sulistiyohadi, Yuli et al. (2020)	Químico	Experimental Puro	Celda de electrificación	Procesamiento de minerales	1.0 - 5.0	7.5 - 8.5	90
11	Ayala, Diana et al. (2018)	Químico	Experimental puro	Dispersed Alkaline Substrate	Procesamiento de minerales	2.7 -5.9	7.1-8.0	80
12	Rivera, María et al. (2020)	Químico	Experimental puro	Edafo Sedimento carbonatado	Relave minero	2.3	9.3	70
13	Moreno, Alex y Palacios, Teresa (2017)	Químico	Experimental puro	Columnas de lixiviación	Relave minero	2.61 - 2.71	7.59 - 8.66	90
14	Alvarenga et al. (2021)	Químico	Experimental puro	batería química	Relave minero	2.57 - 3.32	7	60

15	Parada et al. (2018)	Químico	Cuasi experimental	Barreras aislantes	Procesamiento de minerales	2.5 -4	7.5 - 8.0	90
16	Silva et al. (2021)	Químico	Cuasi experimental	Humedales de flujo superficial	Mineras de carbón	2.4 - 4.0	6.5 - 8.0	65
17	Riopa et al. (2019)	Químico	Cuasi experimental	Caracterización de los estériles	Movimiento de tierras	2.5 -3.0	7.5 -8.0	75
18	Soloisolo, Hector (2021)	Químico	Cuasi experimental	Canales de roca caliza (carbonato de calcio)	Depuración de aguas residuales	5.38	8.24	50
19	Wenbo, Li et al. (2021)	Químico	Cuasi experimental	Sistemas de producción sucesiva de alcalinidad	Mineras de carbón	3.5	6.6	66
20	López et al. (2020)	Químico	Cuasi experimental	Nano Filtración por membranas	Sintético	1.0-1.5	7.2 - 7.8	71

21	ZAMORA, Gerardo y MATA, Jenny (2017)	Químico	Cuasi experimental	Drenaje anóxico calizo - Precipitación	Relave minero	2.4	6.5	68
22	Merchichi, Amira et al. (2022)	Químico	Cuasi experimental	Drenaje anóxico calizo	Relave minero	3.08	8.47	81
23	Gonzales, Emy (2019)	Químico	Cuasi experimental	Electrocoagulación	Relave minero	2.00-2.12	5.15-6.00	55
24	Barthen, Robert et al. (2022)	Químico	Cuasi experimental	Biosorción	Relave minero	2.6	6.8	59
25	Kalombe et al. (2020)	Químico	Cuasi experimental	Reactor de operación continua	Minera de carbón	2.2	9	85
26	Vásquez y Escobar (2020)	Químico	No - Experimental	Reactores Bioquímicos Pasivos	Sintético	2.8	6.7	72
27	Gallardo et al. (2020)	Químico	No - Experimental	Neutralización	Relave minero	2.9 - 3.4	7.0 - 8.0	60
28	Murray, Jessica et al. (2021)	Químico	No - Experimental	Precipitación/Oxidación	Relave minero	1.92 - 4.06	7.4 - 8.2	86

29	Hinojosa et al. (2021)	Químico	No - Experimental	Administración óxido de cal	Relave minero	3.55	8.09	65
30	Forigua, Diana et al. (2018)	Biológico	experimental puro	Compost de champiñón	Efluente minero	2.5	6.5-7.5	85
31	Pérez, Norma et al.	Biológico	Experimental puro	Reactores de operación discontinua	Procesamiento de minerales	4.07	7.68 - 7.85	45
32	Castro et. Al (2018)	Biológico	Cuasi experimental	Birreactor	Sintético	4	6.5-7.4	90
33	Torres et al. (2017)	Biológico	Cuasi experimental	Bioremediación	Mineras de carbón	4.1	7.5	65
34	Pérez, Julián et al. (2020)	Biológico	Cuasi experimental	Pilas biológicas	Relave minero	6.91	8.5	45
35	Jaramillo, Andrés y Contreras, M (2019)	Biológico	Cuasi experimental	Humedal de flujo subsuperficial	Mineras de carbón	2.6	7.2	78

36	Muñoz, Jerry y Iannacone, Jose (2020)	Biológico	Cuasi experimental	Humedales artificiales	Depósito de relaves	2.0 - 4.0	6.0 - 9.0	60
37	Bernardez et al. (2021)	Biológico	Cuasi experimental	Inhibición bacteriana	Relave minero	2.6	7.3	64
38	Lagueta, Susana et al.	Biológico	Cuasi experimental	Inhibición bacteriana	Depósito de relaves	2.5-4	6.5-8.5	65

Fuente: Elaboración propia.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, CRUZ MONZON JOSE ALFREDO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, asesor de Tesis titulada: "Técnicas de tratamiento de aguas ácidas generadas por la actividad minera.", cuyos autores son DIAZ SHEEN EDINSON GIOMMAR, LLECLLISH PONTE PEDRO MILTHOM, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 14.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

TRUJILLO, 26 de Junio del 2022

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
CRUZ MONZON JOSE ALFREDO DNI: 18887838 ORCID: 0000-0001-9146-7615	Firmado electrónicamente por: JACRUZM el 19-07- 2022 14:27:32

Código documento Trilce: TRI - 0311576