

28.2%



Fecha: 2023-12-08 03:20 UTC

* Todas las fuentes 27 | F Fuentes de internet 25 | Documentos propios 2

-
- ✓ [0]  "Tesis - Leslye y Carlos - copia (1).pdf" fechado del 2023-12-08
 25.1% 160 resultados
-
- ✓ [1]  "INFORME DE TESIS - Segundo Franklin Gutti Jara y Edy Fernando Arteaga Gomez SR.pdf" fechado del 2023-12-07
 1.2% 7 resultados
-
- ✓ [2]  65.111.187.205/bitstream/handle/UPAGU/2778/TESIS.pdf?sequence=1
 1.2% 8 resultados
-
- ✓ [3]  energy5.com/el-impacto-de-los-procesos-industriales-en-la-purificaci243n-del-agua
 0.9% 8 resultados
-
- ✓ [4]  zaloamati.azc.uam.mx/bitstream/handle/11191/7808/Tratabilidad_de_un_agua_residual_2019.pdf?sequence=1
 0.8% 9 resultados
-
- ✓ [5]  www.minem.gob.pe/minem/archivos/4_PAD de la C_H_ de Huancaray _compressed.pdf
 0.8% 5 resultados
-
- ✓ [6]  www.minem.gob.pe/minem/archivos/1_ PAD de la CH de Chumbao_compressed.pdf
 0.8% 5 resultados
-
- ✓ [7]  www.nyfdecolombia.com/aguas-residuales/tratamiento-de-aguas-residuales-industriales
 0.7% 7 resultados
-
- ✓ [8]  condorchem.com/es/tratamiento-de-aguas-residuales-industriales/
 0.8% 7 resultados
-
- ✓ [9]  65.111.187.205/bitstream/handle/UPAGU/2961/TESIS CON ANTIPLAGIO.pdf?sequence=1
 0.7% 4 resultados
-
- ✓ [10]  www.micronicsinc.com/es/filtration-news/what-is-industrial-wastewater/
 0.6% 6 resultados
-
- ✓ [11]  www.h2o-de.com/es/blog/aguas-residuales-industriales
 0.6% 6 resultados
-
- ✓ [12]  es.wikipedia.org/wiki/Tratamiento_de_aguas_residuales
 0.4% 5 resultados
-
- ✓ [13]  www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health
 0.3% 5 resultados
-
- ✓ [14]  repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/2961/2015andreamoreno.pdf?sequence=4
 0.3% 4 resultados
-
- ✓ [15]  www.paho.org/es/temas/plomo#:~:text=Recientes reducciones del uso de plomo en gasolina,,sieguen, en particular en los paises en desarrollo.
 0.3% 5 resultados
 1 documento con coincidencias exactas
-
- ✓ [17]  www.academia.edu/21433204/EFEECTO_DE_LA_CANTIDAD_DE_CROMO_HEXAVALENTE_Y_EL_pH_EN_LA_REMOCION_DE_Cr_6_EN_UN
 0.3% 3 resultados
-
- ✓ [18]  repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/104398
 0.3% 3 resultados
-
- ✓ [19]  www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352186417302663
 0.2% 3 resultados
-
- ✓ [20]  docs.bvsalud.org/biblioref/2019/03/986774/45garcia-zeferino-ericka.pdf
 0.2% 2 resultados
-
- ✓ [21]  www.bing.com/ck/a?!&&p=ddd4ff6504f353cJmldHM9MTcwMTkwNzIwMCZpZD0wNGNmYjdhMC03MDU0LTY1OTItMzI0Yi1hNDQxNzFm
 0.2% 2 resultados
-
- ✓ [22]  condorchem.com/es/tratamiento-de-residuos-liquidos/
 0.2% 2 resultados
-
- ✓ [23]  larepublica.pe/sociedad/2023/07/22/cajamarca-cambio-climatico-esta-generando-que-cajamarca-registre-escasez-de-agua-sequia-sunass-lrsd-817872
 0.1% 1 resultados
-
- ✓ [24]  es.slideshare.net/julioomartinez/realidad-problemtica-y-antecedentes
 0.1% 1 resultados
-
- ✓ [25]  arribasalud.com/hematuria/
 0.1% 1 resultados
-
- ✓ [26]  context.reverso.net/translation/spanish-english/existen-diferencias-significativas
 0.1% 1 resultados
-
- ✓ [27]  repositoriodigital.minam.gob.pe/handle/123456789/530
 0.1% 1 resultados
-

52 páginas, 8760 palabras

Nivel del plagio: 28.2% seleccionado / 28.2% en total

191 resultados de 28 fuentes, de ellos 26 fuentes son en línea.

Configuración

Directiva de data: *Comparar con fuentes de internet, Comparar con documentos propios*

Sensibilidad: *Meda*

Bibliografía: *Considerar Texto*

Detección de citas: *Reducir PlagLevel*

Lista blanca: --

^[0]► UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO GUILLERMO URRELO



Facultad de Ingeniería

Carrera Profesional de Ingeniería Ambiental y Prevención de riesgos

TESIS

EFFECTO DEL FILTRO DE ZEOLITA SOBRE LA CONCENTRACIÓN DE
PLOMO DEL AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL – TALLER DE
PLANCHADO Y PINTURA VEHICULAR, CAJAMARCA 2023

Br:

García Castrejón, Eder Augusto
Tirado Rodríguez, Milagros Lisbeth

Asesor:

^[0]► Dr. Persi Vera Zelada

Cajamarca-Perú

2023

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO GUILLERMO URRELO



Facultad de Ingeniería

Carrera Profesional de Ingeniería Ambiental y Prevención de Riesgos

EFECTO DEL FILTRO DE ZEOLITA SOBRE LA CONCENTRACIÓN DE
PLOMO DEL AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL – TALLER DE
PLANCHADO Y PINTURA VEHICULAR, CAJAMARCA 2023

Tesis presentada en cumplimiento parcial de los requerimientos para optar el Título Profesional
de Ingeniero Ambiental y Prevención de Riesgos

Bach.

García Castrejón, Eder Augusto
Tirado Rodríguez, Milagros Lisbeth

Asesor:

Dr. ^[0] Vera Zelada Persi

Cajamarca - Perú

2023

COPYRIGHT © 2023 by

García Castrejón & Tirado Rodríguez

Todos los derechos reservados

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO GUILLERMO URRELO

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y

PREVENCIÓN DE RIESGOS

APROBACIÓN DE TESIS PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL

EFFECTO DEL FILTRO DE ZEOLITA SOBRE LA
CONCENTRACIÓN DE PLOMO DEL AGUA RESIDUAL
INDUSTRIAL – TALLER DE PLANCHADO Y PINTURA
VEHICULAR, CAJAMARCA 2023

Presidente: Dr. ^[0]▶ Miguel Ángel Arango Llantoy

Secretario: Mag. ^[0]▶ Alcides Aurelio Martos Días

Vocal: Dr. ^[0]▶ Persi Vera Zelada

Asesor: Dr. Persi Vera Zelada

DEDICATORIA

A:

Dios, por permitirme llegar hasta este momento tan importante de mi vida.

^[20]▶ **A mis padres** por ser las personas más importantes, por su amor y apoyo incondicional que **me han brindado durante toda mi** carrera profesional.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por haberme cuidado e iluminado día a día, por protegerme y darme las fuerzas necesarias para superar las dificultades y obstáculos presentados en el transcurso de mi carrera.

A mis padres por todo el esfuerzo y paciencia brindada hasta estos momentos de mi vida profesional.

A mi familia por ser el motor y motivo de superación en esta etapa tan importante de mi vida, por compartir momentos de alegría, tristeza y demostrarme que siempre contare con ellos.

Así mismo agradezco al Dr. Persi Vera Zelada, por toda su colaboración brindada en la elaboración de este proyecto.

^[9]▶ Finalmente, agradecer a la **Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo** y a toda la plana docente que inculcaron en mí todos sus conocimientos para poder ejercer mi carrera profesional con éxito.^[0]▶

RESUMEN

Esta investigación tiene como objetivo principal determinar el efecto del filtro de zeolita sobre la concentración de plomo del agua residual industrial – taller de planchado y pintura vehicular, Cajamarca 2023

De acuerdo con la metodología, esta investigación es experimental, con diseño transversal, pues se tendrá el control premeditado de la variable independiente, más no de otras variables y el estudio se realizará con la muestra obtenida en un momento determinado.

[0]▶

Se detectó concentración de plomo en agua residual industrial – taller de planchado y pintado vehicular, Cajamarca 2023; después del tratamiento que fueron los siguientes resultados: con un filtro de 50g de zeolita se identificó el valor de 4.4072 mg/L de Pb, 100g de zeolita se obtuvo 3.3975 mg/L de Pb y 200g de zeolita se determinó la concentración de 1.9862 mg/L de Pb. Y de acuerdo con el análisis estadístico realizado, mediante el ANOVA, se determinó que $F_0 < F_{\alpha, k-1, N-k}$ entonces (6139.14 < 4.26); con lo que debemos rechazar la H_0 . Al comparar y analizar los resultados obtenidos del tratamiento con el filtro de zeolita sobre la concentración de plomo en agua residual industrial – taller de planchado y pintado vehicular con lo establecido en el D.S. N° 001-2015-VIVIENDA; es evidente que no se cumple con la norma antes mencionada.

Palabras clave: Agua residual, zeolita y plomo.

[0]▶

ABSTRACT

The main objective of this research is to determine the effect of the zeolite filter on the concentration of lead in industrial wastewater - ironing and painting workshop, Cajamarca 2023.

[0]▶

According to the methodology, this research is experimental, with cross-sectional design, since the independent variable will be controlled, but not other variables, and the study will be carried out with the sample obtained at a given time.

Lead concentration was detected in industrial wastewater - ironing and vehicular painting workshop, Cajamarca 2023; after treatment which were the following results: with a filter of 50g of zeolite was identified the value of 4.4072 mg/L of Pb, 100g of zeolite was obtained 3.3975 mg/L of Pb and 200g of zeolite was determined the concentration of 1.9862 mg/L of Pb. And according to the statistical analysis performed, by means of ANOVA, it was determined that $F_0 > F_{\alpha, k-1, N-k}$ then (6139.14 4.26); so we must reject H_0 . When comparing and analyzing the results obtained from the treatment with the zeolite filter on the concentration of lead in industrial wastewater - ironing and vehicular painting workshop with that established in the D.S. N° 001-2015-VIVIENDA; it is evident that it does not comply with the aforementioned standard.

Key words: Wastewater, zeolite and lead.

ÍNDICE

ÍNDICE.....	9
ÍNDICE DE TABLAS	10
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	11
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	11
OBJETIVO GENERAL	14
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	17
2. ^{[0] ▶} FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN	17
HIPÓTESIS.....	30
OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	30
CAPÍTULO III: ^{[0]▶} METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	31
3. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	31
3.1. ^{[0] ▶} UNIDAD DE ANÁLISIS, UNIVERSO Y MUESTRA.....	31
Unidad de Análisis	31
Universo	31
Muestra.....	31
MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN.....	32
TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN.....	33
INSTRUMENTOS	^{[0]▶} 34
TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE DATOS.....	35
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	36

4. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	36
4.1. PARÁMETRO: PLOMO	36
4.2. DISCUSIÓN:.....	45
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	50
CONCLUSIONES:.....	50
RECOMENDACIONES:.....	50
REFERENCIAS	^[0] ▶ 51

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	30
TABLA 2 CONCENTRACIONES DE PLOMO ANTES Y DESPUÉS DEL TRATAMIENTO.....	^[0] ▶ 37
TABLA 3 RESULTADO DEL PROCESAMIENTO DE DATOS.....	^[0] ▶ 39
TABLA 4 DESCRIPTIVOS ESTADÍSTICOS.....	^[0] ▶ 40
TABLA 5 PRUEBA DE NORMALIDAD	^[0] ▶ 41
TABLA 6 RESULTADOS DE LOS ENSAYOS Y RÉPLICAS	^[0] ▶ 43
TABLA 7 TABLA ANOVA.....	^[0] ▶ 43
TABLA 8 DIFERENCIAS ENTRE PARES DE MUESTRAS	45

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

[0] ▶ 1. Planteamiento del problema

1.1. Descripción de la realidad problemática

Los albores de la revolución industrial del siglo XVIII, en los países actualmente desarrollados, marcó el comienzo del dilema de las aguas residuales industriales que enfrenta la sociedad. En ese entonces y ahora, como suele ser el caso, se vertían en cauces naturales creyendo erróneamente que la solución a la contaminación es la dilución y que las aguas pluviales eran los purgantes de la naturaleza (WWAP, 2017).

En contextos formales e informales, actividades como la recuperación de plomo de baterías, la minería y el procesamiento de minerales a pequeña escala, así como el funcionamiento de talleres automotrices, estaciones de lavado de vehículos pueden conllevar graves riesgos de contaminación del agua (WWAP, 2017).

[0] ▶

En todos los países, salvo en los más desarrollados, la gran mayoría de las aguas residuales se vierte directamente en el medio ambiente sin tratamiento adecuado, con consecuencias perjudiciales para la salud humana, la productividad económica, la calidad de los recursos ambientales de agua dulce y los ecosistemas (WWAP, 2017).

[0] ▶

Las grandes industrias, algunas de las cuales tienen un alcance mundial en los países en desarrollo: muchas se están trasladando de los países de altos ingresos a mercados emergentes (WWAP, s.f.). Estas industrias tienen el tamaño y los recursos necesarios para aprovechar oportunidades e ingresar en la economía circular. Por el contrario, al carecer de este impulso, las pequeñas y medianas empresas (PYMES) y los sectores informales a menudo vierten sus aguas residuales en los sistemas municipales o directamente en el ambiente, lo cual conlleva diversos desafíos y oportunidades potencialmente perdidas (WWAP, 2017).

Se informa sobre el volumen de aguas residuales industriales en forma limitada y esporádica, el alcance real del potencial de este se desconoce en gran medida. A nivel mundial, los datos y la información relativos al volumen de aguas residuales producidas por la industria son muy escasos. Por otra parte, se debe distinguir entre el volumen total de generación de aguas residuales producidas y el volumen que en realidad se elimina, que suele ser más bajo debido al reciclaje. Se estima que el volumen de aguas residuales industriales se duplicará para el año 2025 (PNUMA-IF, 2007).

[0]►

El fracaso continuo a la hora de abordar las aguas residuales como un problema importante desde el punto de vista social y ambiental, comprometería otros esfuerzos dirigidos a alcanzar los objetivos contenidos en la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible (WWAP, 2017).

[3]►

Existe una mayor disponibilidad de datos relativos a las características generales y la calidad ^{[3]►} de las aguas residuales industriales. La toxicidad, movilidad y carga de contaminantes industriales pueden tener mayores consecuencias que los volúmenes reales de agua en los recursos hídricos, la salud humana y el medio ambiente. Esto se refleja en los Registros de Emisiones y Transferencias de Contaminantes (PRTR, por sus siglas en inglés), que contienen información de los países desarrollados sobre las cantidades de sustancias contaminantes seleccionados (por encima de ciertos umbrales) emitidas por la industria en agua, tierra y aire (OCDE, s.f.).

Diversas actividades industriales generan aguas residuales que se caracterizan por tener un amplio espectro de contaminantes (WWAP, 2017).

Las industrias que descargan efluentes en los sistemas municipales o en aguas superficiales deben cumplir con ordenanzas de descarga u otras normativas para evitar multas, por lo que en muchos casos se requiere un tratamiento en la etapa final en la planta antes de su eliminación. En algunas situaciones, a las industrias les resulta también más económico pagar multas que invertir en el tratamiento para cumplir con la normativa (WWAP, 2017).

[0]►

El agua residual de los talleres de planchado y pintado vehicular en Cajamarca altera constantemente la composición de las aguas residuales domésticas y consecuentemente las fuentes naturales de agua y los ecosistemas, por la cual la presente investigación busca una alternativa de tratamiento eficiente como sería el caso con el filtro de zeolita.

1.2.^{[0] ▶} Formulación del problema

¿Cuál es el efecto del filtro de zeolita sobre la concentración de plomo del agua residual industrial – taller de planchado y pintura vehicular, Cajamarca 2023?

1.3.^{[0] ▶} Objetivos

Objetivo general

Determinar el efecto del filtro de zeolita sobre la concentración de plomo del agua residual industrial – taller de planchado y pintura vehicular, Cajamarca 2023.^{[0]▶}

Objetivos específicos

- Detectar la concentración de plomo del agua residual industrial – taller de planchado y pintura vehicular, Cajamarca 2023, antes del tratamiento con el filtro de zeolita.

^{[0]▶} - Detectar la concentración de plomo del agua residual industrial – taller de planchado y pintura vehicular, Cajamarca 2023, después del tratamiento con el filtro de zeolita.

^{[0]▶} - Comparar y analizar los resultados obtenidos del tratamiento con el filtro de zeolita sobre la concentración de plomo del agua residual industrial – taller de planchado y pintura vehicular, Cajamarca 2023; con los Valores Máximos Admisibles (VMA) de las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario (D. S. N° 001-2015-VIVIENDA).

1.4. Justificación

La presencia de plomo en sus diferentes especies químicas en el agua residual.^{[0]▶} Es un problema de alcance global por su capacidad tóxica y sus efectos perjudiciales para la salud humana y el ambiente.

[13]▶

El plomo es un metal tóxico que se utiliza de manera común en las pinturas de vehículos para mejorar su durabilidad y apariencia. Durante el proceso de pintado, se generan residuos líquidos que contienen partículas de plomo, y si estos residuos no se tratan adecuadamente, pueden filtrarse en las aguas residuales y, finalmente, contaminar los cuerpos de agua receptores.

La zeolita es un material de origen natural o sintético con propiedades únicas de adsorción y catión de intercambio. Debido a su estructura porosa, la zeolita puede retener y adsorber contaminantes, como el plomo, en su superficie.^{[0]▶} Varios estudios científicos han demostrado la eficacia de los filtros de zeolita en la eliminación de plomo de las aguas residuales industriales (Zhang, Wang, & Wang, 2014).

Un estudio publicado en la revista Environmental Science and Pollution Research por Chen & Ma (2013), evaluó la eficiencia de diferentes materiales de filtración, incluida la zeolita, para reducir la concentración de plomo en aguas residuales industriales. Los resultados mostraron que la zeolita fue altamente efectiva en la adsorción del plomo, logrando reducciones significativas en su concentración

Otro estudio, realizado por Yu, Xu, Jin, & Li (2012) de la Universidad de Ciencia y Tecnología de China, investigaron la capacidad de la zeolita para remover plomo y otros metales pesados del agua. Los resultados indicaron^[18] que la zeolita tuvo una alta capacidad de adsorción y selectividad para el plomo, lo que la convierte en un material prometedor para el tratamiento de aguas residuales industriales contaminadas con este metal.

Estos estudios respaldan la importancia de investigar y desarrollar tecnologías basadas en filtros de zeolita para reducir la concentración de plomo en el agua industrial proveniente de talleres de pintado vehicular. La implementación de estos filtros podría ayudar a prevenir la contaminación del agua y proteger tanto la salud humana como el ambiente.

La investigación científica sobre los filtros de zeolita para reducir la concentración de plomo en el agua industrial de talleres de pintado vehicular es de suma importancia. Los estudios antes mencionados respaldan la eficacia de la zeolita como material de filtración para la eliminación de plomo. Estos avances tecnológicos pueden contribuir a mejorar la calidad del agua residual industrial y promover prácticas más sostenibles en la industria del pintado de vehículos.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

^{[0] ▶} 2. Fundamentos teóricos de la investigación

2.1. Antecedentes teóricos

Abdul-Hameed & Salleh (2015), investigaron la capacidad de una zeolita natural para adsorber iones de plomo en agua residual industrial.

^{[4] ▶} Realizaron experimentos de adsorción y evaluaron la influencia de diferentes parámetros, como el tiempo de contacto, la concentración inicial de plomo y el pH. Los resultados demostraron que la zeolita natural tenía una alta capacidad de adsorción de plomo, logrando una reducción significativa en las concentraciones de plomo en el agua residual. ^{[0] ▶} Este estudio destaca la eficacia de la zeolita natural como un material prometedor para el tratamiento de aguas residuales contaminadas con plomo.

Zhang, Wang, & Wang (2014), investigaron la eficacia de la zeolita sintetizada a partir de cenizas volantes para eliminar iones de plomo del agua residual. Realizaron experimentos de adsorción utilizando zeolita y analizaron la influencia de diferentes variables, como la concentración inicial de plomo y el pH del agua residual. Los resultados demostraron que la zeolita sintetizada tenía una alta capacidad de adsorción de plomo, logrando una reducción significativa en las concentraciones de este metal en el agua residual industrial. ^{[0] ▶} Este estudio destaca el potencial de la zeolita como un material efectivo para el tratamiento de aguas residuales contaminadas con plomo.

Chen & Ma (2013), realizaron una revisión exhaustiva de estudios sobre la eliminación de plomo y otros metales pesados del agua utilizando zeolita porosa. Analizaron diferentes métodos de preparación y caracterización de zeolitas y evaluaron su eficiencia en la adsorción de plomo.^{[7]▶} Los resultados recopilados de varios estudios indicaron que la zeolita porosa tenía una alta capacidad de adsorción y selectividad para el plomo, lo que la convierte en una opción prometedora para el tratamiento de aguas residuales industriales contaminadas con este metal tóxico. Este estudio proporciona una visión general completa de la aplicación de zeolitas porosas en la reducción de concentraciones de plomo en el agua residual industrial.

Ramteke & Wate (2009), evaluaron la capacidad de varios adsorbentes naturales, incluyendo zeolitas, para remover plomo del agua residual. Realizaron experimentos de adsorción y compararon la eficacia de los diferentes adsorbentes. Los resultados mostraron que la zeolita tuvo una alta capacidad de adsorción de plomo, logrando una reducción significativa en las concentraciones de este metal tóxico en el agua residual. Este estudio destaca la utilidad de la zeolita como un adsorbente natural efectivo para el tratamiento de aguas residuales industriales contaminadas con plomo.

[0]▶

El-Kamash (2006), investigó la eficacia de rocas zeolíticas en la eliminación de plomo y zinc del agua residual. Realizó experimentos de adsorción y evaluó la influencia de variables como el tiempo de contacto y la concentración inicial de metales. Los resultados mostraron que las rocas zeolíticas tenían una alta capacidad de adsorción de plomo, logrando una

reducción significativa en las concentraciones de este metal en el agua residual.^{[4]▶} Este estudio destaca la viabilidad de utilizar rocas zeolíticas como un medio efectivo y económico para el tratamiento de aguas residuales industriales contaminadas con plomo y zinc.

[4]▶

Bailey, Olin, Bricka, & Adrian (1999), analizaron varios sorbentes de bajo costo para la remoción de metales pesados, incluyendo la zeolita.^{[17]▶} Se evaluó la capacidad de adsorción de la zeolita y su potencial para reducir las concentraciones de plomo en aguas residuales.^{[0]▶} Los resultados indicaron que la zeolita era altamente efectiva en la adsorción de plomo y podía ser una opción rentable para el tratamiento de aguas residuales industriales contaminadas con este metal tóxico.

Crini & Badot (2008), revisaron la literatura reciente sobre el uso de quitosano, un aminopolisacárido natural, como adsorbente para la remoción de colorantes en soluciones acuosas. Aunque el enfoque principal del estudio fue el uso de quitosano para la remoción de colorantes, también se mencionó su eficacia para la adsorción de metales tóxicos como el plomo. La revisión resaltó que los adsorbentes a base de quitosano, incluyendo aquellos que contienen zeolita, mostraron una alta capacidad de adsorción de plomo, lo que los convierte en opciones prometedoras para el tratamiento de aguas residuales industriales contaminadas con este metal.

Ghorbani, y otros (2008) utilizaron la metodología de superficie de respuesta para optimizar la biosorción de plomo en soluciones acuosas utilizando *Aspergillus niger*, un hongo filamentoso. Aunque el enfoque principal fue la biosorción, se mencionó que la zeolita también había sido evaluada como un adsorbente eficaz para la remoción de plomo en aguas residuales industriales. El estudio destacó la capacidad de la zeolita para adsorber plomo y su potencial aplicación en el tratamiento de aguas residuales contaminadas.

Genc-Fuhrman & Daprato (2004), estudiaron la adsorción de metales pesados en arcillas naturales, incluyendo la zeolita. Se realizaron experimentos de adsorción utilizando diferentes arcillas y se evaluó su capacidad para remover plomo y otros metales pesados del agua residual. Los resultados mostraron que la zeolita tenía una alta capacidad de adsorción de plomo, lo que la hace un material prometedor para el tratamiento de aguas residuales industriales contaminadas con este metal tóxico.

2.2. Bases Teóricas

2.1.1. Filtros de zeolita

La zeolita es un material poroso compuesto de aluminosilicatos con una estructura cristalina regular en forma de jaula.^[7]▶ Sus propiedades físicas y químicas únicas la hacen adecuada para el tratamiento de aguas residuales industriales, incluida la remoción de contaminantes como el plomo.

La adsorción es el proceso principal por el cual la zeolita remueve el plomo del agua residual. La estructura porosa de la zeolita proporciona sitios de adsorción en su superficie, donde los iones de plomo se adhieren debido a las fuerzas electrostáticas y de intercambio iónico. La capacidad de adsorción de la zeolita está influenciada por factores como el tamaño de los poros, la carga superficial y la concentración de iones de plomo en el agua residual.

Investigaciones científicas han demostrado la eficacia de los filtros de zeolita en la reducción de las concentraciones de plomo en aguas residuales industriales. Zhang, Wang, & Wang (2014), sintetizaron zeolita a partir de cenizas volantes y encontraron que tenía una alta capacidad de adsorción de iones de plomo. En otro estudio, Chen & Ma (2013), realizaron una revisión exhaustiva de la aplicación de zeolitas porosas en la remoción de plomo y otros metales pesados del agua, concluyendo que la zeolita porosa era altamente efectiva en la adsorción de plomo.

La efectividad de los filtros de zeolita para la remoción de plomo también puede depender de factores como el pH del agua residual, la concentración inicial de plomo y el tiempo de contacto entre la zeolita y el agua. Estos parámetros deben ser cuidadosamente controlados y optimizados para lograr una máxima eficiencia en la remoción de plomo.

Los filtros de zeolita se basan en el proceso de adsorción para reducir las concentraciones de plomo en aguas residuales industriales. La estructura porosa de la zeolita proporciona sitios de adsorción para los iones de plomo, lo que resulta en una disminución significativa de su concentración en el agua tratada.

2.1.2.^{[1 3] ▶} Plomo en agua residual industrial

El plomo es un metal tóxico que se encuentra en las aguas residuales industriales, donde se utiliza en procesos como el tallado de metales, la fabricación de baterías y el revestimiento de tuberías.^{[13]▶} La contaminación del agua con plomo es preocupante debido a sus efectos tóxicos tanto en la salud pública y salud ambiental.

Cuando el plomo ingresa al agua residual, puede persistir durante largos períodos y acumularse en los cuerpos de agua receptores. El plomo es altamente tóxico y puede causar una serie de efectos adversos en la salud humana, como daño al sistema nervioso, problemas renales, trastornos del desarrollo en niños y daño al sistema cardiovascular.

[0]▶

Además de sus efectos perjudiciales para la salud humana, el plomo también tiene efectos negativos en el ambiente. Puede afectar a los organismos acuáticos, causando daños en sus sistemas respiratorio, nervioso y reproductivo. Además, el plomo puede bioacumularse en los organismos, lo que significa que se acumula a lo largo de la cadena

alimentaria, afectando a especies superiores y potencialmente causando desequilibrios en los ecosistemas acuáticos.

[25]▶

Es importante tener en cuenta que la legislación ambiental y las normativas gubernamentales en muchos países han establecido límites máximos permisibles para la concentración de plomo en el agua residual. Estos límites se basan en investigaciones científicas que han demostrado los efectos perjudiciales del plomo en la salud humana y el ambiente.

[0]▶

El plomo, el cobre, el níquel y el zinc se encuentran entre los iones metálicos contaminantes más comunes en los efluentes industriales y también están asociados con problemas de toxicidad. Se han empleado diversas técnicas para el tratamiento de aguas residuales contaminadas con metales, incluidas la precipitación, la coagulación-floculación, la quelación, la biosorción, la adsorción, el intercambio iónico, la extracción con disolventes y la ósmosis inversa (OI) (Katsou, Malamis, & Haralambous, 2011).

[4]▶

El uso de adsorbentes para la remoción de metales pesados es un método rentable, siempre que los adsorbentes empleados sean materiales de bajo costo. La zeolita, la bentonita y la vermiculita son minerales de bajo costo que se han aplicado con éxito para la eliminación de metales pesados de las aguas residuales. Debido a su alta capacidad de adsorción e intercambio catiónico, estos minerales

pueden eliminar eficazmente los cationes de las soluciones (Katsou, Malamis, & Haralambous, 2011).

La eficiencia de eliminación del sistema depende del pH que controla la cantidad de especies metálicas que forman precipitados. El efecto del pH en la eliminación de iones Cu(II), Pb(II), Zn(II) y Ni(II) en soluciones multimetálicas mediante el sistema UF de soluciones acuosas se estudió en el rango de pH de 3–9 ; los niveles de metal en el permeado se muestran en la Fig. 1a. Se observa que a $\text{pH} \geq 6$ la remoción de Pb(II) y Cu(II) fue significativa debido al efecto integrado de la precipitación química y la UF (Katsou, Malamis, & Haralambous, 2011).

2.1.3. ^[3] Tratamiento de las aguas residuales

El tratamiento efectivo de las aguas residuales industriales contaminadas con plomo es de suma importancia para minimizar los efectos adversos tanto en la salud humana como en el medio ambiente.

^[0] Entre los diferentes métodos de tratamiento disponibles, los filtros de zeolita han demostrado ser una opción eficaz para la remoción de

^[0] plomo. Este ensayo analizará la aplicación de los filtros de zeolita en el tratamiento de agua residual industrial contaminada con plomo, destacando su eficiencia, mecanismos de remoción y ventajas.

Los filtros de zeolita son materiales porosos con una estructura cristalina que les confiere una alta capacidad de adsorción. ^[4] Estas

propiedades hacen que las zeolitas sean ideales para la remoción de iones de metales pesados, incluido el plomo, de las aguas residuales industriales.

La remoción del plomo por los filtros de zeolita se basa principalmente en procesos de intercambio iónico y adsorción química. La estructura porosa de las zeolitas permite la captura de los iones de plomo en sus cavidades, reemplazando iones de menor carga presentes en la zeolita. Este proceso de intercambio iónico resulta en una alta capacidad de adsorción y remoción eficiente del plomo.

Además, las zeolitas tienen la ventaja de ser selectivas en su capacidad de adsorción, lo que significa que pueden adsorber selectivamente iones de plomo sin afectar otros componentes importantes del agua residual. Esto es esencial para garantizar que el tratamiento no cause una degradación adicional de la calidad del agua.

Otra ventaja de los filtros de zeolita es su capacidad de regeneración. Después de un período de uso, la zeolita puede ser regenerada para recuperar su capacidad de adsorción mediante tratamientos químicos adecuados. Esto hace que los filtros de zeolita sean una opción sostenible y económicamente viable en comparación con otros métodos de tratamiento que requieren la disposición de materiales adsorbentes después de su uso.

2.1.4. Adsorción de plomo

La adsorción del plomo por parte de la zeolita es un proceso complejo que involucra interacciones fisicoquímicas entre la zeolita y los iones de plomo presentes en el agua residual. La estructura porosa de la zeolita, compuesta por canales y cavidades, permite que los iones de plomo se adhieran a su superficie.

Uno de los mecanismos principales de adsorción es el intercambio iónico. La zeolita tiene una carga negativa en su estructura y, por lo tanto, puede atraer y retener los iones de plomo, que generalmente tienen una carga positiva. Este intercambio ocurre cuando los iones de plomo se unen a los sitios de intercambio en la zeolita, reemplazando a los iones de menor carga presentes inicialmente en la estructura de la zeolita.

[14]▶

Además del intercambio iónico, también se produce una adsorción química en la superficie de la zeolita. Los iones de plomo pueden formar enlaces químicos con los grupos funcionales de la zeolita, como grupos hidroxilo (-OH) o silanol (-SiOH), a través de enlaces covalentes. Este proceso permite una adsorción más fuerte y estable del plomo en la zeolita.

La capacidad de adsorción de la zeolita para el plomo depende de varios factores, como el tamaño de los poros, la carga superficial de la zeolita, el pH del agua residual y la concentración inicial de plomo.

Estos factores pueden influir en la afinidad de la zeolita por el plomo y en su capacidad para retenerlo de manera efectiva.

Es importante destacar que el mecanismo de adsorción de la zeolita puede variar según el tipo específico de zeolita utilizado, ya que existen diferentes variantes de zeolitas con propiedades distintas. La selección adecuada de la zeolita en función de las características del agua residual y del contaminante objetivo, en este caso el plomo, es esencial para lograr una remoción efectiva.

2.1.5. Decreto supremo 004-2017-MINAM

Es una normativa importante en el contexto de la protección y gestión del ambiente en el Perú. El Decreto Supremo 004-2017-MINAM, emitido por el Ministerio del Ambiente del Perú, establece disposiciones para la gestión ambiental de las actividades minero-metalúrgicas.^{[0]▶} Esta normativa tiene como objetivo regular y promover una gestión ambiental adecuada en el sector minero, teniendo en cuenta la protección del medio ambiente y la salud de las personas (MINAM, 2017).

Una de las principales características del Decreto Supremo 004-2017-MINAM es su enfoque integral en la gestión ambiental de las actividades mineras.^{[5]▶} Establece lineamientos y requisitos específicos para la evaluación, prevención, control y remediación de los impactos ambientales generados por estas actividades.^{[5]▶} Además,

promueve la **participación y consulta** de la población afectada, así como la implementación de **medidas de prevención y mitigación de los impactos ambientales** (MINAM, 2017).

El Decreto Supremo 004-2017-MINAM también establece la obligación de las empresas mineras de contar con instrumentos de gestión ambiental, como el Estudio de Impacto Ambiental (EIA) y el Plan de Cierre de Minas. Estos instrumentos son fundamentales para evaluar y controlar los posibles impactos ambientales y sociales asociados a las actividades mineras, y garantizar la adecuada restauración de los sitios una vez que se ha concluido la actividad minera (MINAM, 2017).

2.1.6.^{[0] ▶} Decreto Supremo N° 001-2015-VIVIENDA

Se reformó el Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA, por el cual se establecen **los valores máximos admisibles (VMA) para la descarga de aguas residuales insalubres en los sistemas de alcantarillado sanitario**.^{[0] ▶} Los VMA se presenta en los Anexos 1 y 2, los cuales son parte integral de esta norma.^{[23] ▶} Los usuarios no domésticos cuyas emisiones excedan los valores del Anexo 1 deberán pagar tarifas adicionales por concentraciones excesivas de acuerdo con las normas de la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS), lo que se podrá lograr bajo ciertas condiciones (MINAM, 2015).

Regulaciones, incluyendo la terminación del servicio de alcantarillado sanitario.

Los parámetros establecidos en anexo 2 no deben ser excedidos. Exceder este parámetro resultará en la terminación del servicio al usuario.

2.1.7. ^{[0] ▶} Estándares de calidad ambiental (ECAS)

Los ECAS (estándares de calidad ambiental), son el nivel de concentración de elementos o sustancias físicas, químicas y biológicas, presentes en el aire, agua o suelo, los cuales no representan riesgo significativo para la salud de las personas ni para el medio ambiente (MINAM, 2017)

2.1.8. ^{[0] ▶} Definición de términos básicos

- Agua servida o residual: ^{[0]▶} Desecho líquido proveniente de las descargas por el uso de agua en actividades domésticas o de otra índole. (OEFA, 2014, pág. ^{[0]▶} 25)

- Aguas servidas tratadas o aguas residuales tratadas: ^{[0]▶} Aguas servidas o residuales procesadas en sistemas de tratamiento para satisfacer los requisitos de calidad señalados por la autoridad sanitaria, en relación con la clase de cuerpo receptor al que serán descargadas o a sus posibilidades de uso. (OEFA, 2014, p. 25)

HIPÓTESIS

^{[0]►}
Hi: El filtro de zeolita reduce la concentración de plomo del agua residual industrial – taller de planchado y pintura vehicular, Cajamarca 2023.

^{[0]►}
Ho: El filtro de zeolita no reduce la concentración de plomo del agua residual industrial – taller de planchado y pintura vehicular, Cajamarca 2023.^{[0]►}

Operacionalización de Variables

Tabla 1

Operacionalización de Variables

VARIABLE	DEFINICIÓN	INDICADORES
Dependiente		
Concentración de plomo en agua residual industrial	Cantidad de plomo presente en el agua residual industrial	mg/L
Dependiente		
Filtro de zeolita	Las zeolitas es su estructura abierta, similar a una jaula, y la forma en que pueden atrapar otras moléculas en su interior.	Capacidad de filtración y adsorción (NMP/100mL)

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO III: ^[0]▶ METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3. Metodología de investigación

3.1. ^[0 1]▶ Unidad de análisis, universo y muestra

Unidad de Análisis

La unidad de análisis son las aguas residuales industriales de un taller de planchado y pintura vehicular de Cajamarca. Nos centramos en las partículas de plomo en estas aguas residuales y evaluamos cómo el uso de filtros de zeolita afecta las concentraciones de plomo.

Universo

El alcance del estudio incluye todas las plantas de hierro y pintura automotriz de Cajamarca que generan aguas residuales industriales. Esto proporciona un contexto más amplio para generalizar los resultados a los residentes del taller con características similares.

Muestra

La muestra se selecciona de forma aleatoria estratificada, teniendo en cuenta la variabilidad de los procesos laborales. Se recolectan muestras representativas de aguas residuales antes y después de la filtración de zeolita. La muestra debe ser lo suficientemente grande como para proporcionar resultados significativos y generalizables.

Métodos de investigación

El método de investigación científica es fundamental para el avance del conocimiento en diversos campos y permite establecer bases sólidas para la toma de decisiones informadas en la sociedad. A través de su aplicación rigurosa, se busca generar un conocimiento válido, confiable y verificable que contribuya al progreso científico y al desarrollo de soluciones para problemas prácticos.

El método experimental y diseño transversal, se muestra como grupo experimental (con filtro de zeolita) y grupo control (sin filtro de zeolita).^{[0]▶} Este diseño permite una comparación directa de la eficacia del filtro para reducir las concentraciones de plomo en las aguas residuales.^{[0]▶} Se recolectan muestras de aguas residuales antes y después de la aplicación del filtro de zeolita en intervalos de tiempo específicos. Se realiza un análisis químico para cuantificar la concentración de plomo en cada muestra.

^{[0]▶}

El esquema propuesto es el siguiente:

^{[0]▶}
 $X \rightarrow Y \rightarrow Z$

Donde:

X = Concentración de plomo del agua residual industrial – taller de planchado y pintura vehicular, antes del tratamiento.

Y = Tratamiento (filtro de zeolita).

Z = Concentración de plomo del agua residual industrial – taller de planchado y pintura vehicular, después del tratamiento.

Técnicas de investigación

Las actividades que se realizaron durante el monitoreo, así mismo los procedimientos que se ejecutaron en el laboratorio utilizando zeolita, la cual sirvió para determinar si es eficiente en reducir concentraciones de plomo en aguas residual industrial procedentes de talleres de planchado y pintura vehicular, este estudio se ejecutó en el taller Clinicolor ubicado en el jirón Historia de la ciudad Cajamarca, en dicho estudio se logró obtener resultados emitidos con nombres de muestra cruda y las tratadas, con muestra 50 g de zeolita, muestra 100 g de zeolita y muestra 200 g de zeolita, con informe MA 2337244, de laboratorio de SGS del Perú SAC.

[0]▶

- Reconocimiento del lugar de muestreo.
- Punto monitoreado se realizó en el taller Clinicolor de la ciudad de Cajamarca.
- Para la toma de muestras se utilizó materiales nuevos, los cuales son óptimos para los análisis de metales totales, con el método EPA200-8,
- Toma de muestras y rotulado: Se tomó cinco litros de agua cruda, una se analizó sin ningún tratamiento a la cual se le codifico como Muestra Cruda. El resto de muestras llevaron la codificación de nombre Muestra 50, Muestra 100 y Muestra 200.
- Se procedió a la preparación del filtro, se pesó 5 gramos de algodón para cada filtro.

[0]▶

- Se pesó 50, 100 y 200 gramos de Zeolita para el tratamiento (en vasos diferentes debido a que la balanza no permite pesar más de 150 gramos).^{[0]▶}
- Se agregó 50, 100 y 200 gramos de Zeolita, a cada cono imhoff de sedimentación después se adicionó los 5 gramos de algodón.^{[0]▶}
- Se agitó la muestra cruda durante 30 minutos en el agitador magnético para obtener una mejor homogenización.
- Para tomar una medida exacta se mido con una probeta verificada para ensayos, tomando 500 mL de muestra cruda. para cada cono imhoff.^{[0]▶}
- Se agregó los 500 mL de la muestra cruda, a la muestra de 50, 100 y 200 gramos de Zeolita, en los conos imhoff de sedimentación, durante 24 horas.^{[0]▶}
- Finalmente se procedió abrir la válvula de paso, para obtener la alícuota que fue analizada en el laboratorio.
- Comparación entre los resultados de cada ensayo, con los Valores Máximos Admisibles (VMA) de las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario (D. S. N° 001-2015-VIVIENDA).

Instrumentos

- Frascos de muestreo
- Libreta
- Etiquetas para la identificación de frascos
- Plumón indeleble
- GPS
- Cadena de custodia

- Cooler
- Cámara fotográfica
- Guantes
- Conos Imhoff.
- Probeta.^{[0]▶}

Técnicas de análisis de datos

Se realizó mediante el enfoque cuantitativo, y a su vez se usarán los datos brindados por los Valores Máximos Admisibles (VMA) de las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario (D. S. N° 001-2015-VIVIENDA), para poder realizar una comparación de resultados.

^{[0]▶}

Posteriormente, el análisis estadístico para la contrastación de la hipótesis en la presente investigación se realizó mediante el análisis de varianza (ANOVA), pues cumplen el supuesto de distribución normal (normalidad).

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4. Presentación de resultados

El desarrollo de este estudio implicó recolectar muestras de aguas residuales de un taller de planchado y pintura automotriz en Cajamarca y luego preparar filtros de zeolita agregando 50, 100 y 200 gramos de zeolita. Se ha instalado un soporte de algodón en cada cono Imhoff. Las muestras crudas se homogenizaron en un cono de sedimentación Imhoff y luego se agitaron con un agitador magnético por 30 minutos. Para garantizar la precisión, se midió el peso en un tubo de ensayo modificado y se retiraron 500 mL de cada cono Imhoff.

Las muestras crudas se enriquecieron durante 24 horas y finalmente se analizaron utilizando el método SMEWW-APHA-AWW-WEF parte 9221 antes que transcurrieran las 24 horas requeridas. 23ª edición, 2017.

[0]▶

La contrastación de hipótesis se realizó mediante el análisis de varianza (ANOVA), pues cumplen el supuesto de distribución normal (normalidad).

4.1. Parámetro: plomo

Los valores y resultados de las concentraciones de plomo en el agua residual de un taller de planchado y pintura vehicular, tanto antes y después del tratamiento con el filtro de zeolita, son los siguientes:

[0]▶

Tabla 2

Concentraciones de Plomo antes y después del tratamiento

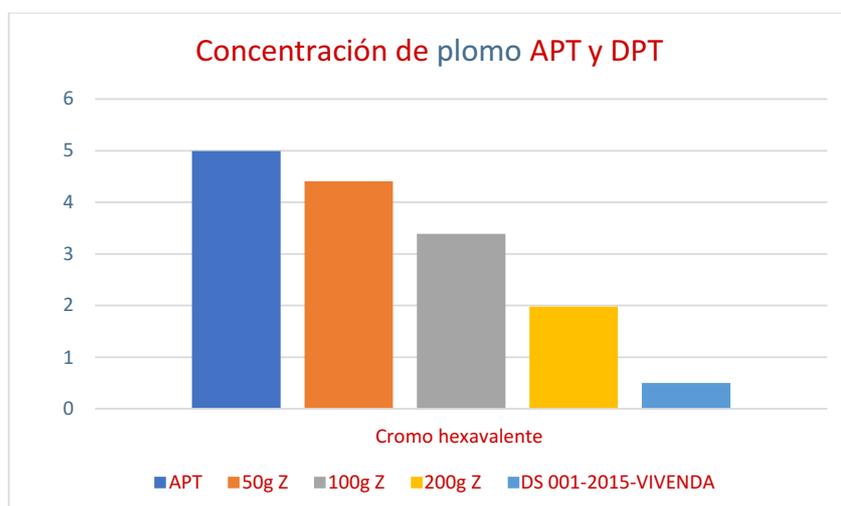
ORDEN	MA2337244					
FECHA DE MUESTREO	31 – 10 - 23					
HORA DE MUESTREO	06:20h a 06:40h ^{[0]▶}			RESULTADO		D.S N° 001- 2015- VIVIENDA ^{[0]▶}
PARÁMETRO	UNIDAD	APT	DPT			
			50g Z	100g Z	200g Z	
Plomo	mg/L	4.9956	4.4072	3.3975	1.9862	0.50 ^{[0]▶}

En la tabla 2 se presenta valores obtenidos en el análisis de las concentraciones de plomo, en un período de 24 horas, se trabajó con filtros de 50 g, 100 g y 200 g de zeolita. Estos resultados demuestran la efectividad del filtro de zeolita. No obstante, ninguno de los tratamientos se alineó con las prescripciones de D. S. N° 001-2015 – VIVIENDA.

[0]▶

Figura 1

Concentraciones de plomo antes y después del tratamiento



Para ayudar a comprender los resultados de laboratorio, en la Figura 1 se muestran los valores que se presentan en la Tabla 2, los resultados de los análisis de laboratorio para el plomo presente en las aguas residuales de los talleres mecánicos de Cajamarca en el año 2023. Además, se realizó el filtrado con filtros de 50 g, 100 g y 200 g de zeolita. Estos resultados demuestran la eficacia del filtro de zeolita. Sin embargo, no existe un tratamiento para alcanzar lo dispuesto en el D. S. N° 001-2015 – VIVIENDA.

Análisis estadístico:

[0]► En esta investigación se desarrolló análisis descriptivos, pruebas de normalidad y pruebas de contrastación de hipótesis.

[0]►

Tabla 3

Resultado del procesamiento de datos

	Resumen de procesamiento de casos					
	Válido		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
APT	3	50,0%	3	50,0%	6	100,0%
DPT	3	50,0%	3	50,0%	6	100,0%

En la Tabla 3 se presentan el resultado del procesamiento de datos de las concentraciones de plomo en el agua residual de los talleres de planchado y pintado vehicular, Cajamarca 2023. Se rechaza el 50% de datos porque son constantes y el otro 50% de eventos son válidos.

[0]►

Tabla 4

Descriptivos estadísticos

		Descriptivos ^a	
		Estadístico	Error típ. ¹⁰
	Media	3,2600	,70449
	Límite inferior	,2288	
	Límite superior	6,2912	
	Intervalo de confianza para la media al 95%		
	Media recortada al 5%	.	
	Mediana	3,3900	
DPT	Varianza	1,489	
	Desv. típ.	1,22020	
	Mínimo	1,98	
	Máximo	4,41	
	Rango	2,43	
	Amplitud intercuartil	.	
	Asimetría	-,474	1,225
	Curtosis	.	.

¹⁰ a. APT es una constante y se ha desestimado. ¹⁰

En la Tabla 4 se muestran los resultados del análisis estadístico descriptivo de la concentración de plomo en las aguas residuales de los talleres de pintura y planchado automotriz de Cajamarca 2023, luego de haber pasado por el proceso de purificación mediante los filtros de zeolitas. Es importante señalar que los valores característicos de APT (antes del procesamiento), no se muestran porque son constantes y rechazados.

Se muestran valores como media, mediana, varianza y desviación estándar. ¹⁰

Tabla 5

Prueba de normalidad

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig. ^{***}
DPT	,209	3	,000	,991	3	,824

* APT es una constante y se ha desestimado.

a. Corrección de significación de Lilliefors

En la Tabla 5 se muestra la significancia de la prueba de normalidad (Sig), es decir, el valor de significancia de Shapiro-Wilk (0,824) es mayor a 0,05 (α 0,05).^{[0]►} Por lo tanto, en el caso de la distribución normal (datos paramétricos), se deben utilizar pruebas paramétricas para un análisis estadístico adecuado de la prueba de hipótesis, y el valor p de Kolmogorov-Smirnov no está permitido porque solo se considera para dimensiones grandes. Muestras (50 o más).

Contratación o prueba de hipótesis:

^{[0]►} Para los fines de esta investigación, debido al tamaño de la muestra y la naturaleza experimental del estudio, los resultados obtenidos por la prueba de normalidad se realizaron mediante análisis de varianza (ANOVA), un análisis estadístico que compara hipótesis.^{[0]►} Prueba que examina el efecto de uno o más factores sobre el valor medio de una variable.

Análisis de varianza (ANOVA).

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k$$

$$H_1 : \text{No todas las } \mu_1 \text{ son iguales.}$$

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F
Entre las muestras	$SC_{Trat} = \sum_{i=1}^k n_i (\bar{x}_i - \bar{x}_{..})^2$	$k - 1$	$CM_{Trat} = \frac{SC_{Trat}}{k - 1}$	$F = \frac{CM_{Trat}}{CM_{Error}}$
Dentro de las muestras	$SC_{Error} = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (x_{ij} - \bar{x}_i)^2$	$N - k$	$CM_{Error} = \frac{SC_{Error}}{N - k}$	
Total	$SC_{Total} = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (x_{ij} - \bar{x}_{..})^2$	$N - 1$		

$$SC_{Trat} = \sum_{i=1}^k \frac{1}{n_i} x_{i.}^2 - \frac{x_{..}^2}{N}$$

$$SC_{Error} = SC_T - SC_{Trat}$$

$$SC_T = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} x_{ij}^2 - \frac{x_{..}^2}{N}$$

Donde:

$$\text{Suma}(x_{i.}) = \text{Suma para cada grupo.}$$

Media = Promedios de grupo.

$$\text{Suma total (x)} = \text{Suma total de las pruebas.}$$

$$n_i = \text{Elementos de cada grupo.}$$

N = Total de elementos de todos los grupos.

$$K = \text{Número de muestras.}$$

$$SC_{Trat} = \text{Suma de cuadrados del tratamiento.}$$

$SC_{Total} =$ Suma de cuadrados del total.^{[0]▶}

$SC_{Error} =$ Suma de cuadrados del error.^{[0]▶}

Tabla 6

Resultados de los ensayos y réplicas

Número de prueba y réplica	50g de zeolita	100g de zeolita	200g de zeolita
1	4.4072	3.3975	1.9862
2	4.4101	3.3804	1.99
3	4.399	3.405	1.9799
4	4.396	3.3991	1.88

Suma(x_i)=	17.6123	13.582	7.8362
Media=	4.4	3.4	2.0
Suma total($x_{..}$)=	39.0304 ^{[0]▶}		
n_i =	4	4	4
N =	12	k =	3
SC_{Trat} =	12.0693976		
SC_{Total} =	12.1		
SC_{Error} =	0.0 ^{[0]▶}		

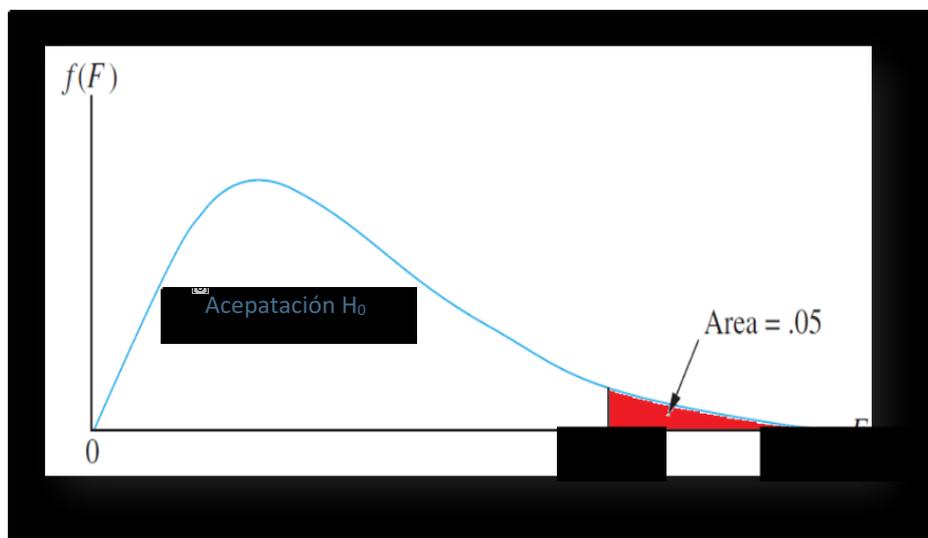
Tabla 7

Tabla ANOVA

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F
Entre las muestras	12.06939761	2	6.03469881	6139.13574 ^{[0]▶}
Dentro de las muestras	0.0	9	0.00098299	
Total	12.1 ^{[0]▶}	11		

(Valor crítico) $F_{\alpha, k-1, N-k} = 4.256494729$

p-valor = $7.79008E-15$



Por teoría, se rechazará la H_0 y concluir que hay diferencias en las medias de los tratamientos sí: $F_0 > F_{\alpha, k-1, N-k}$ es decir que el F_0 (F calculado) es mayor que el valor crítico (6139.14 4.256494), sigue una distribución F con $K - 1$ y $N - K$ grados de libertad.

Interpretación: 6139.14 4.26; con estos datos debemos rechazar la H_0 , además, se observa que el F_0 se encuentra en la zona de rechazo de la H_0 ; es decir, que debemos rechazar la premisa: El filtro de zeolita no reduce la concentración de plomo del agua residual industrial – taller de planchado y pintura vehicular, Cajamarca 2023. Sin embargo, se debe considerar aceptar la H_1 , es decir, el filtro de zeolita reduce la concentración de plomo del agua residual industrial – taller de planchado y pintura vehicular, Cajamarca 2023.

Método de Tukey

$$T_{\alpha} = q_{\alpha}(k, N - k) \sqrt{CM_E/n_i}$$

k=	3
N-k=	9
CM _E =	0.0 ^{[0]▶}
n _i =	4
q _α (k,N-k)=	3.95
T _α =	0.06 ^{[0]▶}

Tabla 8

Diferencias entre pares de muestras

Diferencia poblacional	Diferencia muestral	Decisión
μ _A - μ _B	1.01	SIGNIFICATIVA
μ _A - μ _C	2.44 ^{[0]▶}	SIGNIFICATIVA
μ _B - μ _C	1.44 ^{[0]▶}	SIGNIFICATIVA

Todos los valores de las diferencias muestrales se presentan mayores al valor de Tukey calculado (0.06)^{[0]▶}, es decir, que existen diferencias significativas entre los pares de muestras; pues existe diferencias en las concentraciones de plomo en el tratamiento de acuerdo a la masa de los filtros de zeolita.

4.2. Discusión:^{[0]▶}

La presente investigación ha demostrado la eficacia de los filtros de zeolita para adsorber y consecuentemente disminuir la concentración de plomo en el agua residual de un taller de planchado y pintado vehicular, lo que se condice con Abdul-Hameed & Salleh (2015), quienes investigaron la

capacidad de una zeolita natural para adsorber iones de plomo en agua residual industrial. Realizaron experimentos de adsorción y evaluaron la influencia de diferentes parámetros, como el tiempo de contacto, la concentración inicial de plomo y el pH. Los resultados demostraron que la zeolita natural tenía una alta capacidad de adsorción de plomo, logrando una reducción significativa en las concentraciones de plomo en el agua residual. Este estudio destaca la eficacia de la zeolita natural como un material prometedor para el tratamiento de aguas residuales contaminadas con plomo. Lo mismo que con Zhang, Wang y Wang (2014), quienes realizaron experimentos de adsorción utilizando zeolitas y analizaron los efectos de diversas variables, incluida la concentración inicial de plomo y el pH del efluente. Los resultados mostraron que la zeolita sintetizada tiene una alta capacidad de adsorción de plomo, reduciendo significativamente la concentración de este metal en aguas residuales industriales. Este estudio demuestra el potencial de las zeolitas como material eficaz para el tratamiento de aguas residuales contaminadas con plomo.

Los resultados muestran que los filtros de zeolitas puede ser una alternativa para el tratamiento y control de los efectos del plomo presente en agua residual para la salud ambiental y salud pública, lo que se condice con Chen y Ma (2013) proporcionaron una revisión exhaustiva de la investigación sobre la eliminación de plomo y otros metales pesados del agua utilizando zeolitas porosas. Analizaron diferentes métodos de preparación y caracterización de zeolitas y evaluaron la eficiencia de la adsorción de plomo. Varios estudios han demostrado que las zeolitas porosas tienen una alta

capacidad de adsorción y selectividad por el plomo, lo que las convierte en una opción prometedora para el tratamiento de aguas residuales industriales contaminadas con este metal tóxico. Este estudio proporciona una revisión exhaustiva del uso de zeolitas porosas para reducir las concentraciones de plomo en aguas residuales industriales. Además, Ramteke & Wate (2009) evaluaron la capacidad de varios adsorbentes naturales, incluidas las zeolitas, para eliminar el plomo de las aguas residuales. Realizaron experimentos de adsorción y compararon la eficiencia de diferentes adsorbentes. Los resultados demostraron que la zeolita tiene una alta capacidad de adsorción de plomo, reduciendo significativamente la concentración de este metal tóxico en las aguas residuales.^{[3]▶} Este estudio demuestra la utilidad de las zeolitas como adsorbentes naturales eficaces para el tratamiento de aguas residuales industriales contaminadas con plomo.^{[8]▶}

La capacidad adsorptiva de la zeolita (filtros), para metales tóxicos se presenta como una opción económicamente viable para el tratamiento y gestión adecuada para las aguas residuales industriales con cargas metálicas altas, lo que coincide con El-Kamash (2006) quien investigó la eficacia de las zeolitas para eliminar el plomo y el zinc de las aguas residuales. Realizó experimentos de adsorción y evaluó la influencia de variables como el tiempo de contacto y la concentración inicial del metal. Los resultados mostraron que las rocas zeolíticas tienen una alta capacidad de adsorción de plomo, reduciendo significativamente la concentración de este metal en las aguas residuales. Este estudio demuestra la viabilidad de utilizar rocas zeolíticas como un medio eficaz y rentable para tratar aguas residuales industriales

contaminadas con plomo y zinc. De igual manera, Bailey, Olin, Bricka y Adrian (1999) revisaron varios adsorbentes económicos para la eliminación de metales pesados, incluidas las zeolitas.^[17] Se evaluó la capacidad de adsorción de las zeolitas y su potencial para reducir las concentraciones de plomo en aguas residuales. El resultado muestra que el plomo puede ser muy efectivo para la adsorción y puede ser una opción efectiva para procesar el agua industrial contaminada con un metal tóxico.

Además, la zeolita tiene capacidad adsorbente de otros compuestos tóxicos de carácter no metálico tal como lo respalda las investigaciones de Crini y Badot (2008) revisaron la literatura reciente sobre el uso de quitosano, un aminopolisacárido natural, como adsorbente para la eliminación de colorantes de soluciones acuosas. Aunque el principal foco de investigación es el uso del quitosano para la eliminación de tintes, también se ha informado de su eficacia para absorber metales tóxicos como el plomo. Los estudios han demostrado que los adsorbentes a base de quitosano que contienen zeolitas tienen una alta capacidad para adsorber plomo, lo que los convierte en una opción prometedora para el tratamiento de aguas residuales industriales contaminadas con este metal.

[8]

Finalmente, los resultados encontrados en la presente investigación confirma la efectividad adsortiva de la zeolita para metales tóxicos como el plomo y otros compuestos tóxicos presentes en las aguas residuales industriales, lo que es una opción ecomómicamente viable para la protección de la salud ambiental y salud pública tal como lo mencionan Ghorbani et al.

(2008), quienes utilizaron métodos de superficie de respuesta para optimizar la biosorción de plomo a partir de soluciones acuosas utilizando el hongo filamentoso *Aspergillus niger*.^{[11]▶} Aunque la atención se centra en la biosorción, las zeolitas también se han evaluado como adsorbentes eficaces para la eliminación de plomo de aguas residuales industriales.^{[0]▶} Este estudio destacó la capacidad de las zeolitas para adsorber plomo y su aplicación en el tratamiento de aguas residuales contaminadas; hallazgos reafirmados por Genc-Fuhrman & Daprato (2004) estudiaron la adsorción de metales pesados en arcillas naturales que contienen zeolitas.^{[7]▶} Se realizaron experimentos de adsorción en varias arcillas y se evaluó su capacidad para eliminar plomo y otros metales pesados de las aguas residuales.^{[0]▶} Los resultados demostraron que la zeolita tiene una alta capacidad de adsorber plomo, lo que la convierte en un material prometedor para el tratamiento de aguas residuales industriales contaminadas con este metal tóxico.

CAPÍTULO V: ^{[0]▶} CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones: ^{[0]▶}

- Se logró determinar el efecto del filtro de zeolita sobre la concentración de plomo en agua residual industrial - taller de planchado y pintura vehicular, Cajamarca 2023; ^{[0]▶} disminuyendo la concentración de plomo.
- ^{[0]▶} - Se detectó concentración de plomo en agua residual industrial - taller de planchado y pintura vehicular, Cajamarca 2023; ^{[0]▶} antes del tratamiento que fue de 4.9956 mg/L.
- Se detectó concentración de plomo en agua residual industrial – taller de planchado y pintado vehicular, Cajamarca 2023; después del tratamiento que fueron los siguientes resultados: con un filtro de 50g de zeolita se identificó el valor de 4.4072 mg/L de Pb, 100g de zeolita se obtuvo 3.3975 mg/L de Pb y 200g de zeolita se determinó la concentración de 1.9862 mg/L de Pb. Y de acuerdo con el análisis estadístico realizado, mediante el ANOVA, se determinó que $F_0 > F_{\alpha, k-1, N-k}$ entonces (6139.14 > 4.26); con lo que debemos rechazar la H_0 .
- Al comparar y analizar los resultados obtenidos del tratamiento con el filtro de zeolita sobre la concentración de plomo en agua residual industrial – taller de planchado y pintado vehicular con lo establecido en el D.S. N° 001-2015-VIVIENDA; es evidente que no se cumple con la norma antes mencionada.

Recomendaciones: ^{[0]▶}

- Ampliar las investigaciones con la utilización de otros materiales naturales y económicamente viables con capacidad adsorbtiva.

REFERENCIAS

- Abdul-Hameed, M., & Salleh, M. (2015). Adsorption of lead ions from industrial wastewater using natural zeolite. ^[19] *Arabian Journal of Chemistry*. 8(6), 826-832.
- Bailey, S., Olin, T., Bricka, R., & Adrian, D. (1999). A review of potentially low-cost sorbents for heavy metals. *Water Research*. 33(11), 2469-2479.
- Chen, Z., & Ma, W. (2013). Removal of lead and other heavy metals from water by porous zeolite: A review. *Environmental Pollution*.
- Crini, G., & Badot, P. (2008). ^[19] *Application of chitosan, a natural aminopolysaccharide, for dye removal from aqueous solutions by adsorption processes using batch studies: A review of recent literature*. *Progress in Polymer Science*. 33(4), 399-447.
- El-Kamash, A. (2006). Utilization of zeolitic rocks for treatment of wastewater containing lead and zinc. *Journal of Hazardous Materials*. 137(3), 1476-1482.
- Genc-Fuhrman, H., & Daprato, R. (2004). Adsorption of heavy metals onto natural clay. *Environmental Science & Technology*. 38(13), 3619-3628.
- Ghorbani, F., Younesi, H., Ghasempouri, S., Zinatizadeh, A., Amini, M., Daneshi, A., & Sohrabi, M. (2008). Application of response surface methodology for optimization of lead biosorption in an aqueous solution by *Aspergillus niger*. *Chemical Engineering Journal*. 145(2), 267-275.
- Katsou, E., Malamis, S., & Haralambous, K. (2011). Pretratamiento de aguas residuales industriales para la reducción de metales pesados mediante el empleo de un sistema de ultrafiltración asistido por sorbente. *Quimiosfera*, 557-564.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2010.10.022>
- MINAM. (2017). ^[0] *Estándares de calidad ambiental para agua*. Lima - Perú: El Peruano.

OEFA.^{[0]▶} (03 de junio de 2014).^{[0]▶} **Fiscalización Ambiental en Aguas Residuales**. Obtenido de https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827

PNUMA-IF. (2007). Half Full or Half Empty? A Set of Indicative Guidelines for Water-Related Risks and an Overview.

Ramteke, D., & Wate, S. (2009). Lead removal from wastewater using natural adsorbents. *Environmental Monitoring and Assessment*. 152(1-4), 1-13.

WWAP.^{[0]▶} (2017). **Informe Mundial sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas 2017**. Colombella, Perugia - Italia: UNESCO.

Yu, B., Xu, J., Jin, Y., & Li, F. (2012). Adsorption behavior of heavy metals on inorganic–organic zeolites. *Journal of Environmental Sciences*.

Zhang, J., Wang, Y., & Wang, W. (2014). Removal of lead ions from wastewater by zeolite synthesized from fly ash. *Environmental Science and Pollution Research*.