

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis

**Análisis de la eficiencia de un filtro cerámico bañado
con plata coloidal en la purificación de un acuífero en
el distrito de Chilca, Huancayo-2022**

Estreisi Allison Zarate Gamarra

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Ambiental

Huancayo, 2024

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

A : Felipe Nestor Gutarra Meza
Decano de la Facultad de Ingeniería

DE : Steve Dann Camargo Hinostraza
Asesor de trabajo de investigación

ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación

FECHA : 22 de Mayo de 2024

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para informar que, en mi condición de asesor del trabajo de investigación:

Título:

"ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA DE UN FILTRO CERÁMICO BAÑADO CON PLATA COLOIDAL EN LA PURIFICACIÓN DE UN ACUÍFERO EN EL DISTRITO DE CHILCA, HUANCAYO – 2022"

Autores:

1. ESTREISI ALLISON ZARATE GAMARRA – EAP. Ingeniería Ambiental

Se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 20 % de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- Filtro de exclusión de bibliografía SI NO
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores SI NO
Nº de palabras excluidas: 08
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI NO

En consecuencia, se determina que el trabajo de investigación constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad Continental.

Recae toda responsabilidad del contenido del trabajo de investigación sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos conducentes a Grados y Títulos – RENATI y en la normativa de la Universidad Continental.

Atentamente,

La firma del asesor obra en el archivo original
(No se muestra en este documento por estar expuesto a publicación)

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradezco a Dios por el don de la vida, por protegerme, ser mi refugio y llenarme de bendiciones.

A todos mis docentes quienes fueron parte de mi camino universitario, agradezco su paciencia, dedicación y por transmitirme sus conocimientos, experiencias de forma técnica y constante.

Agradezco a mi asesor de tesis, Mg. Steve Dann Camargo Hinostroza, por su guía, consejos y aportes profesionales, asimismo, gracias por su orientación, apoyo y ayuda en la realización de esta tesis.

Por último, agradecer a la Universidad Continental por la exigencia, su trabajo y su gestión educativa.

DEDICATORIA

A Dios

Por el don de la vida, la salud y el amor, por llenarme de sabiduría, felicidad e impulsarme a obtener todas mis metas.

A mis padres Amelita y Rolando

Por brindarme una excelente educación profesional, ser mi fortaleza en momentos de aflicción, brindarme aprendizajes, experiencias y felicidad.

A los ingenieros

Por impulsarme a ser cada día mejor, por entregarme conocimientos, transmitirme sus experiencias y contribuir a cumplir metas.

ÍNDICE

ÍNDICE	vi
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE GRÁFICOS	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
INTRODUCCIÓN	xii
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	14
1.1. Planteamiento y formulación del problema.....	14
1.2. Objetivos	15
1.3. Justificación e importancia.....	16
1.4. Hipótesis.....	16
1.5. Operacionalización de variables	17
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	16
2.1. Antecedentes de la investigación	16
2.2. Bases teóricas	24
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	33
3.1. Método y alcance de la investigación	33
3.2. Diseño de la investigación	33
3.3. Población y muestra.....	35
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	36
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	47
4.1. Presentación de resultados	47
4.1.1. Concentración de los parámetros fisicoquímicos de un acuífero en el distrito de Chilca, Huancayo - 2022.....	47
4.1.2. Resultados del filtro de cerámica a nivel bajo de concentración de plata coloidal, porcentaje de material y temperatura.....	47
4.1.3. Resultados del filtro de cerámica a nivel medio de concentración de plata coloidal, porcentaje de material y temperatura.....	48

4.1.4. Resultados del filtro de cerámica a nivel alto de concentración de plata coloidal, porcentaje de material y temperatura.....	48
4.1.5. Resultados de la eficiencia de un filtro cerámico bañado con plata coloidal en la purificación de un acuífero en el distrito de Chilca, Huancayo – 2022	49
4.2. Prueba de hipótesis	50
4.3. Discusión de resultados	53
CONCLUSIONES	56
RECOMENDACIONES	58
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59
ANEXOS	62

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de variables	17
Tabla 2. Parámetros en la efectividad de remoción de los filtros de cerámica.	30
Tabla 3. Diseño completamente al azar DCA	34
Tabla 4. Preparación de plata coloidal	42
Tabla 5. Parámetros iniciales	47
Tabla 6. Resultados de parámetros de agua tratada con filtro de cerámica (-1)	47
Tabla 7. Resultados de parámetros de agua tratada con filtro de cerámica (0).....	48
Tabla 8. Resultados de parámetros de agua tratada con filtro de cerámica (+1).....	48
Tabla 9. Análisis de varianza ANOVA para la dureza	52
Tabla 10. Análisis de varianza ANOVA para la STD	52
Tabla 11. Análisis de varianza ANOVA para el pH	53

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Figura 1. Disposición de la arcilla en el Perú	26
Figura 2. Las láminas de sílice (tetraedros de SiO ₄).....	27
Figura 3. Arcilla roja.....	28
Figura 4. Cantera de Arequipa.....	28
Figura 5. Porosidad del filtro	30
Figura 6. Diseño patrón del filtro.....	40
Figura 7. Diseño del molde.....	40
Figura 8. Armado del molde	41
Figura 9. Obtención del molde	41
Figura 10. Molde final	41
Figura 11. Representación de la actividad purificadora del filtro de arcilla.....	45
Figura 12. Diagrama de procesos de la parte experimental.....	46
Figura 13. Parámetros de calidad del agua de acuífero tratada	49
Figura 14. Prueba de normalidad.....	50
Figura 15. Prueba de normalidad de los sólidos disueltos totales	51
Figura 16. Prueba de normalidad para pH.....	51

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue analizar la eficiencia de un filtro cerámico bañado con plata coloidal en la purificación de un acuífero en el distrito de Chilca, Huancayo - 2022. Se trabajó con temperaturas de 850°C, 900°C y 950°C, proporción de materiales de 50% arcilla -17% aserrín - 33% agua, 60% arcilla -12% aserrín - 28% agua y 70% arcilla -8% aserrín - 22% agua y con una concentración de plata coloidal de 5 ppm, 10 ppm y 20 ppm. Se trabajó con un diseño completamente al azar (DCA) con 5 réplicas donde se evaluó la calidad del agua de acuífero tratada mediante los parámetros de dureza, sólidos disueltos totales y pH. En primer lugar, se realizó el monitoreo correspondiente del cual se obtuvo la muestra de agua de un pozo artesanal ubicado en el distrito de Chilca, se procedió a realizar la caracterización fisicoquímica de esta agua obteniendo como resultados 305 mg/L de dureza, 590 mg/L de sólidos disueltos totales y un pH de 6,68 los cuales fueron comparados con los LMA obteniendo que estos sobrepasan los límites establecidos. Posteriormente se elaboraron los filtros de arcilla utilizando un molde elaborado a base de yeso, se realizó 3 filtros cerámicos bañados con plata coloidal los cuales fueron usados como tratamiento hacia esta agua de acuífero. Finalmente los resultados mostraron que las mejores remociones de dureza, sólidos disueltos totales y pH fueron de 97,8 mg/L, 182 mg/L y 7,42 respectivamente, todos obtenidos en el tratamiento 3 el cual se dio a condiciones de 70% arcilla -8% aserrín - 22% agua, 20 ppm de plata coloidal y 950°C. Además, se determinó que estos parámetros cumplen con los LMA de la NTG 29001 encontrándose dentro de los límites establecidos.

Palabras claves: *Arcilla, filtro cerámico, plata coloidal, agua subterránea, fisicoquímico*

ABSTRACT

The objective of this study was to analyze the efficiency of a ceramic filter bathed with colloidal silver in the purification of an aquifer in the district of Chilca, Huancayo - 2022. We worked with temperatures of 850°C, 900°C and 950°C, proportion of materials of 50% clay -17% sawdust - 33% water, 60% clay -12% sawdust - 28% water and 70% clay -8% sawdust - 22% water and with a colloidal silver concentration of 5 ppm, 10 ppm and 20 ppm. A completely randomized design (DCA) was used with 5 replicates where the quality of the treated aquifer water was evaluated using the parameters of hardness, total dissolved solids and pH. Firstly, the corresponding monitoring was carried out, from which the water sample was obtained from an artisanal well located in the district of Chilca, the physicochemical characterization of this water was carried out, obtaining as results 305 mg/L of hardness, 590 mg /L of total dissolved solids and a pH of 6.68 which were compared with the LMA, obtaining that these exceed the established limits. Subsequently, the clay filters were made using a mold made from gypsum, 3 ceramic filters bathed with colloidal silver were made which were used as a treatment for this aquifer water. Finally, the results showed that the best removals of hardness, total dissolved solids and pH were 97.8 mg/L, 182 mg/L and 7.42 respectively, all obtained in treatment 3 which was given at 70% conditions. clay -8% sawdust - 22% water, 20 ppm colloidal silver and 950°C. Furthermore, it was determined that these parameters comply with the LMA of NTG 29001, being within the established limits.

Keywords: Clay, ceramic filter, colloidal silver, groundwater, physicochemical

INTRODUCCIÓN

El agua, al igual que el oxígeno, es uno de los elementos más importantes para la supervivencia humana. Es el componente más abundante del cuerpo humano y representa entre el 65% y el 70% del peso corporal. Como parte del ciclo hidrológico, el agua se mueve a través de las rocas y el suelo, combinando en su camino materiales orgánicos e inorgánicos debido a su alta solvencia. Cuando una persona entra en contacto con el agua, también entra en contacto con sustancias transportadas por el agua. En ocasiones estos elementos pueden suponer un peligro para la salud (sustancias radiactivas, mercurio, plomo, arsénico, pesticidas u organismos patógenos como bacterias o protozoos que provocan diversas enfermedades) o, por el contrario, son compuestos esenciales para el organismo (sodio, calcio, cloro, fósforo, azufre, magnesio, potasio, hierro, etc.). Por tanto, se establece un vínculo directo entre geoquímica y salud a través de la cadena alimentaria. Es por ello que uno de los mayores problemas de la humanidad es el acceso al agua de calidad para el consumo humano. El control de las posibles consecuencias de la contaminación microbiana para la salud es tan importante que su control debe ser objetivo, primordial y nunca debe de comprometerse. La dificultad de acceso al agua potable y la mortalidad infantil, realidades del Perú, constituyen hoy en día la problemática que afecta la calidad de vida en países subdesarrollados. Es así que, para la Organización Panamericana de la Salud, la situación de las condiciones del medio ambiente en la región de América Latina es preocupante por lo cual la población que no tiene acceso a los servicios de agua potable se ve obligada a adoptar soluciones alternativas como fuentes públicas, pozos individuales, conexiones ilegales a la red de agua potable, colección de agua de lluvia o captación de agua de ríos o aguas subterráneas sin tratamiento previo, lo cual ocasiona que las personas consuman agua con una alta dureza, sólidos suspendidos, presencia de bacterias y hasta metales pesados.

Existe un precedente internacional en la literatura sobre la asociación entre la dureza del agua potable y varias enfermedades que afectan a los humanos. La Organización Mundial de la Salud (OMS) mencionó que existen varios estudios epidemiológicos, ecológicos y analíticos que muestran una relación inversa significativa entre la dureza y las enfermedades cardiovasculares, y también mencionó que el agua muy blanda puede tener efectos negativos en el cuerpo humano el equilibrio mineral del cuerpo.

En el distrito de Chilca gran parte de la población no cuenta con agua potable por lo que

en gran mayoría usan el agua de un acuífero para su uso diario el cual muchas veces llega a presentar características que a largo plazo afectan a la salud de los que consumen como las mencionadas por la OMS. Es por ello que en este trabajo se busca utilizar un filtro cerámico bañado con plata coloidal, con el fin de potabilizar este acuífero y poder garantizar el consumo de agua de calidad a la población

El capítulo I aborda la problemática de la falta de agua de calidad en gran parte del Perú debido a la falta de implementación de agua potable lo cual puede generar problemas en la salud de los pobladores, un gran ejemplo es el distrito de Chilca donde una parte de la población se abastece de agua obtenida de un acuífero sin previo tratamiento, adicionalmente observaremos el planteamiento de los problemas, objetivos e hipótesis trabajadas.

En el capítulo II se da a conocer el marco teórico, el cual involucra antecedentes internacionales, nacionales y regionales los cuales abordan el tema de investigación del análisis de la eficiencia de un filtro cerámico bañado con plata coloidal en la purificación de un acuífero, además se exponen los aspectos teóricos del tema.

En el capítulo III se aborda la metodología cuyo tipo de investigación fue aplicada y el diseño de la investigación fue un diseño de bloques completamente al azar con tres repeticiones. Los procedimientos metodológicos de nuestra investigación también son presentados en este capítulo, describiendo meticulosamente los materiales y métodos estandarizados.

Posteriormente se procedió con el capítulo IV, en el que se describen y discuten los resultados de nuestra investigación para concluir con la discusión de los resultados de los parámetros de calidad de agua del acuífero estudiado.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema

La Organización Mundial de la Salud indica que el acceso al agua potable es un derecho humano básico (1). A pesar de esto, en el mundo, dos mil cien millones de seres humanos no cuentan con el acceso al agua potable. Además, cientos de hogares, colegios y postas al no disponer de este servicio, provoca la generación de enfermedades infecciosas como la disentería, cólera, hepatitis A y la tifoidea (2).

En el Perú, la zona rural (asentamientos humanos, caseríos, centros poblados, etc.) es la que carece de agua potable, ya que el 27,8% de esta, consumen agua que provienen de los ríos, quebradas, manantiales, acequias, etc. (3) sin pasar por ningún tipo de tratamiento. En consecuencia, muchos niños de esta zona mueren debido a las enfermedades diarreicas agudas. La Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS) evaluó los sectores que no cuentan con los servicios básicos observado que el 5% de la población de las zonas rurales del distrito de Chilca, provincia de Huancayo, departamento de Junín no tienen agua potable (4). Los vecinos del lugar se abastecen del líquido elemento a través de acumulaciones de agua de lluvia, puquiales de la zona alta, y en su mayoría del agua subterránea obtenida de pozos artesanales (5). El agua subterránea obtenida de pozos artesanales transporta parásitos, bacterias coliformes y otras especies como *Pseudomona aeruginosa*, *Klebsiella*, *Enterococos*, mesófilos aerobios, entre otros, estos son una peligrosa fuente de infecciones gastrointestinales en la población consumidora de esta agua, además de qué parámetros fisicoquímicos pueden generar que esta población de bacteria se incremente constantemente (6). Considerando la situación en que se encuentra la población de Chilca, es fundamental analizar la calidad del agua de obtenida de los pozos y buscar procesos económicos, fáciles de implementar, y que se ajusten a las diferentes realidades de las distintas zonas rurales de nuestra región, además de que suministre agua potable para los habitantes de la comunidad (7). Los filtros caseros son una estrategia de producción de agua potable en el lugar de uso, sostenibles, accesibles y efectivos en la purificación de agua, su bajo costo de producción y mantenimiento hace que sea muy rentable para las familias de poca economía. La calidad del agua está ligada directamente con la salud de las personas, la mayoría de las personas que son de escasos recursos consumen el agua directamente de los abastecimientos sin medir los riesgos que traen consigo, mundialmente mueren miles de personas en su gran parte niños, por

el consumo del agua de mala calidad, provocando brotes de enfermedades como el cólera, diarrea, infecciones intestinales, entre otras. Según las pruebas realizadas es viable y factible recomendar el uso de la potabilización del agua de lluvia con los filtros cerámicos impregnados con plata coloidal como alternativa de potabilización del agua para consumo humano. Debido a esta circunstancia, la investigación plantea una idea viable e innovadora para acceder a los servicios de agua potable en las zonas que no cuentan con los recursos necesarios para un implantar sistemas de potabilización. Esta idea se centra en elaborar filtros a base de arcilla bañados con plata coloidal el cual disminuirá las bacterias presentes y regulará los parámetros fisicoquímicos logrando un agua de mejor calidad (8), estos filtros son fáciles de aplicar a la comunidad, debido a que se pueden instalar de manera sencilla en cualquier lugar y, son económicas a comparación de otros sistemas de potabilización.

1.1.1. Problema general

¿Cuál es la eficiencia de un filtro cerámico bañado con plata coloidal en la purificación de un acuífero en el distrito de Chilca, Huancayo - 2022?

1.1.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es la concentración de los parámetros fisicoquímicos de un acuífero en el distrito de Chilca, Huancayo - 2022?
- ¿Cuál es el efecto del filtro cerámico con niveles bajos de concentración de plata coloidal, porcentaje de material y temperatura en la purificación de un acuífero en el distrito de Chilca, Huancayo - 2022?
- ¿Cuál es el efecto del filtro cerámico con niveles medios de concentración de plata coloidal, porcentaje de material y temperatura en la purificación de un acuífero en el distrito de Chilca, Huancayo - 2022?
- ¿Cuál es el efecto del filtro cerámico con niveles altos de concentración de plata coloidal, porcentaje de material y temperatura en la purificación de un acuífero en el distrito de Chilca, Huancayo - 2022?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Analizar la eficiencia de un filtro cerámico bañado con plata coloidal en la purificación de un acuífero en el distrito de Chilca, Huancayo - 2022.

1.2.2. Objetivos específicos

- Determinar la concentración de los parámetros fisicoquímicos de un acuífero en el distrito de Chilca, Huancayo - 2022.
- Determinar el efecto del filtro cerámico con niveles bajos de concentración de plata coloidal, porcentaje de material y temperatura en la purificación de un acuífero en el distrito de Chilca, Huancayo - 2022.
- Determinar el efecto del filtro cerámico con niveles medios de concentración de plata coloidal, porcentaje de material y temperatura en la purificación de un acuífero en el distrito de Chilca, Huancayo - 2022.
- Determinar el efecto del filtro cerámico con niveles altos de concentración de plata coloidal, porcentaje de material y temperatura en la purificación de un acuífero en el distrito de Chilca, Huancayo - 2022.

1.3. Justificación e importancia

Actualmente la tasa de crecimiento poblacional en nuestro país ha ido en aumento, por lo que se genera una demanda de agua potable en las distintas zonas del país; sin embargo, la falta de recursos que se tiene para instalar sistemas de potabilización, especialmente en las zonas rurales crean una gran preocupación en los habitantes. La investigación plantea un sistema de potabilización barato y fácil de aplicar a las distintas comunidades de nuestra región, elaborando filtros a base de arcilla para la purificación del agua, se plantea este sistema de potabilización en vista de que los efectos del cambio climático como las lluvias y el aumento de temperatura traen consigo el incremento de microorganismos y de turbidez en las aguas esto trae consigo la propagación de enfermedades, sobre todo en comunidades que no cuentan recursos para instalar sistemas de potabilización, consumiendo agua de los ríos, pozos u otros cuerpos de agua, originando enfermedades en los pobladores de la comunidad ya que las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas del agua que consumen, no se encuentran dentro del rango permitido para consumo humano, en vista de esto los filtros de arcilla mejoraran la calidad de agua para que sean aptas para el consumo humano.

1.4. Hipótesis

Ho: El filtro cerámico bañado con plata coloidal no influye significativamente en la purificación de un acuífero en el distrito de Chilca, Huancayo – 2022.

Ha: El filtro cerámico bañado con plata coloidal influye significativamente en la purificación de un acuífero en el distrito de Chilca, Huancayo - 2022.

1.5. Operacionalización de variables

Tabla 1. Operacionalización de variables

VARIABLES		DESCRIPCIÓN CONCEPTUAL	DESCRIPCIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
VARIABLE INDEPENDIENTE	FILTRO CERÁMICO BAÑADO CON PLATA COLOIDAL	Está hecho con tecnologías simples, eficientes, de bajo costo y que fueran socialmente aceptables para la eliminación de contaminantes. La eficiencia del filtro depende de los materiales y temperatura a los cuales es elaborado.	El filtro de cerámica es elaborado a base de diferentes proporciones de arcilla: aserrín: agua, a diversas temperaturas para posteriormente ser bañado con diferentes concentraciones de plata coloidal lo cual ayudara a remover contaminantes del agua que es tratada, en este caso el agua del acuífero comparándolos con la NTG 29001 y determinando si es apta para el consumo humano.	Porcentaje de material Plata coloidal Temperatura	% aserrín % arcilla % agua Concentración de plata coloidal Temperatura	Porcentaje Ppm °C
VARIABLE DEPENDIENTE	CALIDAD DE AGUA DEL ACUIFERO	Está hecho con tecnologías simples, eficientes, de bajo costo y que fueran socialmente aceptables para la eliminación de contaminantes.	Fue medido acorde a los parámetros fisicoquímicos del agua después de pasar el agua de acuífero por el filtro de arcilla comparándolos con la NTG 29001 y determinando si es apta para el consumo humano.	Parámetros de agua	Dureza Sólidos disueltos totales pH	mg/L

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

En el artículo “Preparation of affordable and multifunctional clay-based ceramic filter matrix for treatment of drinking water” se menciona que se prepararon filtros de cerámica a base de arcilla con propiedades multifuncionales utilizando ingredientes de bajo costo y activos. Los resultados de la caracterización revelaron claramente la cristalinidad del pozo, elucidación estructural, porosidad extensa, mayor área de superficie, mayor estabilidad y durabilidad que aparentemente mejoran la eficiencia del tratamiento, lograron un importante potencial de eliminación mediante el filtro cerámico a base de arcilla con un 25% y un 30% de carbón activado junto con agentes activos. Los parámetros de calidad del agua potable deseados se lograron mediante la eliminación potencial de nitrito (98,5%), nitrato (80,5%), sólidos disueltos totales (62%), dureza total (55%), contaminantes orgánicos totales (89%) y microorganismos patógenos (100%) utilizando filtros cerámicos de corta duración, las notables eficiencias de purificación y desinfección se atribuyeron a la porosidad extensa ($0,202 \text{ cm}^3 \text{ g}^{-1}$), área de superficie ($124,61 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$), estabilidad y presencia de nanopartículas activas como Cu, TiO_2 y Ag dentro de la matriz porosa del filtro cerámico (9).

En el artículo “Development of Ceramic Candle Filters by Slip Casting Process” utilizaron tierra de diatomeas como agente formador de poros en un cuerpo cerámico a base de arcilla, usaron una variada de tierra de diatomeas con una proporción fija de arcilla china, bola de arcilla y piedra de cal. Radiografía, utilizaron espectroscopia de fluorescencia (XRF) para determinar la composición de las materias primas y el cuerpo final del filtro sinterizado. En términos de porosidad y caudal, un 25% de tierra de diatomeas muestran mejores propiedades de filtración. Se encontró que la porosidad total aumentó al disminuir el tiempo de molienda. Como la temperatura de cocción aumentó, la porosidad disminuyó rápidamente después de $1100 \text{ }^\circ\text{C}$. Sin embargo, el cambio de porosidad en el rango de cocción de $1000 \text{ }^\circ\text{C}$ a $1100 \text{ }^\circ\text{C}$ se encontró muy pequeño. El poro simetría de intrusión de mercurio se utilizó para medir el tamaño de los poros y su distribución, identificaron unos poros efectivos dentro

de las partículas en un rango de 0,2 μm - 0,5 μm , observaron poros entre partículas y entre partículas utilizando un microscopio electrónico de barrido (SEM), midieron la capacidad de eliminación microbiana del 99,99%, mientras que la tasa de flujo de agua se encontró en un rango de 200 mL/hora - 700 mL/hora.

En el artículo “Ceramic Water Filters: A Point-of-Use Water Treatment Technology to Remove Bacteria from Drinking Water in Longhai City, Fujian Province, China” estudiaron las diferencias significativas entre el rendimiento de los CWF en el laboratorio y en las aplicaciones de campo. Los CWF empleados en este estudio (campo y laboratorio) tienen una fracción de 21,0 % a 22,4% y un máximo promedio de 5,7 μm a 15,2 μm . Durante las pruebas de campo, los CWF demostraron una eficiencia de remoción promedio de 94,7%, con valores que van desde 75% a 100%, mientras que, en estudios de laboratorio, se determinó que la eficiencia promedio de eliminación era del 99,5%, con valores que oscilan entre 97,7% y 99,9%. Las diferencias entre el laboratorio y las eficiencias de eliminación en el campo se atribuyen a la contaminación del elemento de filtro y el receptáculo por parte de los aldeanos durante la utilización y limpieza del campo (10).

En el artículo “Performance Evaluation of Clay-Sawdust Composite Filter for Point of Use Water Treatment” exploraron la posibilidad de mejorar la calidad del agua y eliminar la posibilidad de descontaminación mediante el uso de filtros de agua de punto de uso (POU) hechos de materiales baratos disponibles localmente, investigaron el rendimiento de los filtros de agua POU para la purificación de agua obtenida de varias fuentes, el aserrín se usó como material de desgaste para mejorar la tasa de filtración, la arcilla se caracterizó primero y luego varias proporciones (5%, 10%, 20%, 30% y 50% en peso) de aserrín se mezclaron con la arcilla para la producción del filtro, encontraron que la arcilla tenía una gravedad específica de 2,4; un alto límite de líquido de 81,6% y un límite de plástico medio de 48,54%. Los caudales de los filtros oscilaron entre 0,0005 litros / hora para el filtro con un 5% de aserrín y 0,8 litros/hora para el filtro con un 50% de aserrín, la eliminación promedio de sólidos suspendidos (SS) y la demanda de oxígeno bioquímico (DBO) fue de 98,6% y 33% respectivamente, mientras que la reducción media de Log10 en el recuento total

(TC) fue de 93,1%. El resultado del análisis de varianza mostró que no hubo diferencias significativas entre los rendimientos de los filtros. Sin embargo, hubo una diferencia significativa entre los caudales con $F(18,71) > F_{\text{crítico}}(5,14)$. Esto implica que, si bien los materiales de combustión mejoran la calidad del agua, aumentar los materiales de combustión en filtros de arcilla más allá del 50% no afecta significativamente el rendimiento del filtro con respecto a la calidad del efluente, pero con respecto al caudal (11).

En el artículo “Indonesia’s Local Material Effect in Clay-Based Ceramic Filter Fabrication as an Alternative for Liquid Radioactive Waste Processing Material” estudiaron la producción de un filtro de cerámica a partir de arcilla local y probaron su rendimiento. El rendimiento del filtro viene dado por su flujo, resistencia a la compresión, factor de descontaminación (DF) y eficiencia de adsorción. Los resultados mostraron que casi no hay efectos de la presión de colada sobre el flujo y la resistencia a la compresión del filtro cerámico, pero la adición de zeolita produce un efecto diferente. La mayor concentración de zeolita disminuyó el flujo del filtro y aumentó la resistencia a la compresión del filtro. La composición óptima de esta investigación es 70% w/o arcilla-25% w/o zeolita-5% w/o carbón, tuvo una eficiencia de adsorción (60,36) y factor de descontaminación (2,52), además, la concentración de Sr después de la filtración fue más alta que la norma ambiental para Sr-90 y aún se necesitan más estudios (12).

En el artículo “Clayey-sand filter for the removal of pharmaceuticals from wastewater effluent: Percolation experiments” se utilizó un filtro de arcilla-arena en un experimento de absorción dinámica, el adsorbente elegido debe tener propiedades químicas adecuadas para la eliminación de los agentes contaminantes, probaron el impacto de los cationes interfoliar (Ca^{2+} o Na^{+}) intercalados en montmorillonita natural (Swy2) utilizando diferentes proporciones de arcilla-arena (de 0% a 100% de minerales de arcilla), solo Ca-Swy2 mostró una conductividad hidráulica constante para la aplicación encampo con un valor de $4,78 \times 10^{-8} \text{ m s}^{-1}$ para una relación de arcilla/arena de 5% / 95%, investigaron la absorción de PhAC utilizando células de $\frac{1}{2}$ metro variando dos parámetros: la matriz de la solución (agua ultrapura o efluente natural) y la presión de inyección (0,1 MPa y 0,2 MPa). Los PhAC se

adsorbieron efectivamente en el filtro para cada experimento en diferentes niveles. La caída en la presión de inyección fue un factor favorable para la sorción, independientemente de la matriz, con una eliminación global media de ~45% a 0,2 MPa y ~75% a 0,1 MPa, el efecto de la matriz exhibió dos tendencias diferentes en función de la carga molecular de cada PhAC; mientras que los compuestos catiónicos se absorbieron de manera más efectiva en la matriz de agua ultrapura que en la matriz de efluentes, la absorción de PhAC aniónicos fue más efectiva en la matriz de efluentes que en agua ultrapura. Esto indicó que la carga del contaminante fue un parámetro clave para controlar la eficiencia del adsorbente, a pesar de estas variaciones de eliminación, el filtro exhibió una capacidad de absorción significativa, especialmente a 0,1 MPa, por lo tanto, puede ser una solución eficiente para la eliminación de PhAC por filtración terciaria (13).

En el artículo “Bacteria and virus removal effectiveness of ceramic pot filters with different silver applications in a long term experiment” se tuvo como objetivo determinar el papel de la plata durante la filtración y el almacenamiento posterior. Veintidós CPFs con tres aplicaciones diferentes de plata (no, solo fuera y ambos lados) se compararon en un experimento de carga a largo plazo con *Escherichia coli* (K12 y WR1) y bacteriófagos MS2 en agua de exposición natural bajo circunstancias de laboratorio altamente controladas, no encontraron diferencias significativas en los valores de eliminación de registros entre los filtros con diferentes aplicaciones de plata, los resultados mostraron que el tiempo de almacenamiento en el recipiente, es el parámetro dominante para alcanzar la inactivación de *E. coli* con plata, y no el tiempo de contacto durante la fase de filtración (14).

En el artículo “Application of clay ceramics and nanotechnology in water treatment: A review” mencionan que debido a la creciente demanda de proporcionar agua limpia para beber ha puesto de relieve la importancia de buscar otros materiales con la capacidad o efecto combinado con otros materiales para purificar el agua. Las cerámicas de arcilla son conocidas por ser materiales naturales y también fáciles de diseñar de estructura porosa. Los artículos de revisión sobre filtración de agua en la última década han sido sobre mecanismos o tecnologías específicas, en este artículo presentaron una plataforma única que

proporciona información que resume todas estas tecnologías, destacaron los contaminantes del agua y sus diversas tecnologías de tratamiento, evaluaron la efectividad de estas tecnologías a través de documentos revisados por expertos académicos; además, las discusiones se intercalaron con el estándar de la Organización Mundial de la Salud (OMS) para varios contaminantes, junto con la exploración de la eficiencia de los minerales de arcilla como material de filtración de agua potable. Finalmente, destacaron las tendencias actuales en la aplicación de la nanotecnología en los sistemas de purificación de agua, estas tecnologías incluyen la adsorción, la desinfección microbiana y la fotocatalisis (15).

En el artículo “Development of Ceramic Filters for Household Water Treatment in Nigeria” desarrollaron un filtro de cerámica que pudiera tratar cierta contaminación química en el agua a nivel doméstico, los cuerpos cerámicos porosos fueron formulados y constituidos a partir de diversos materiales tales como caolín, laterita y carbón vegetal, agregaron la carbonización ósea como un agente de desfluorización, mientras que el carbón se duplicó como el material combustible que creó los poros y como un medio de carbón activado en el cuerpo cerámico para la adsorción de metales del agua, los cuerpos cerámicos formulados se conformaron en filtros (olla) utilizando la técnica de fundición por deslizamiento y bisque cocido (850°C - 900°C), las muestras de filtro desarrolladas se sometieron a pruebas de propiedades físicas, mientras que el análisis de los parámetros microbianos y fisicoquímicos de las muestras de agua tratadas con filtro se compararon con las muestras de agua cruda. Los resultados indicaron que los filtros desarrollados fueron efectivos en el tratamiento de contaminantes químicos detectados en las muestras de agua cruda; con reducciones significativas en los niveles de fluoruro, plomo y sulfato, entre otros. Las muestras de filtro resultantes también mostraron viabilidad en la fuerza de manejo físico y la tasa de flujo; la técnica utilizada, constituyó un buen caso económico para la producción de los filtros desarrollados (16).

2.1.2. Antecedentes nacionales

En el artículo “Desinfección del agua para consumo humano mediante el uso de filtro de arcilla y plata coloidal en sector urbano de Lurigancho-Chosica” se evaluó la desinfección del agua en un sector de Carapongo (Lurigancho-

Chosica) con el uso del filtro de arcilla con aserrín y plata coloidal. Se elaboraron modelos de filtro de arcilla prototipo de distintos tamaños con aserrín a un 50%, después se le añadió plata coloidal. En total, se diseñaron 5 filtros de diferentes tamaños y grosores, utilizando en 3 de ellas arcilla de cerámica y en 2 arcilla natural, para aumentar el poder de filtración se impregnó solución de plata coloidal, esta última para inhibir el paso de bacterias. Los resultados de las muestras de agua analizadas se compararon con los ECA y los análisis estadísticos mostraron resultados favorables y evidenciaron que el filtro mejoró la temperatura en 2 °C, favoreció el aumento el pH en 0,15 unidades, ayudó a disminuir de 1979,44 mg/L a 1333,55 mg/L los sólidos disueltos totales (disminuyendo el nivel de turbiedad del agua), y los coliformes totales y *Escherichia coli* (E.C) (17).

En la tesis “Eficiencia del filtro a base de arcilla y plata coloidal en la potabilización de agua, medidas por pruebas fisicoquímicas y microbiológicas en el río Casca del distrito de Independencia-Huaraz-Ancash” se tuvo como finalidad realizar el tratamiento del agua del río Casca por medio de los filtros de arcilla mezclados con aserrín y plata coloidal. Se realizaron 04 filtros de arcilla, 01 filtro de arcilla y aserrín y 03 filtros de arcilla con plata coloidal (10 ppm, 20ppm y 30 ppm). Posteriormente, se realizó la comparación inicial y final del agua verificando que se cumpla el D.S. N°031-2010-SA. Se observó variación en la remoción de turbiedad y en la remoción de coliformes fecales y totales entre 99,09% al 100% de remoción, obteniendo en mayor remoción el filtro de arcilla mezclados con aserrín y plata coloidal de 30 ppm, y el filtro de arcilla sin plata coloidal removieron el 96,43% (18).

En el artículo “Filtros de arcilla y residuos orgánicos revestidos con plata coloidal para potabilizar del agua en poblaciones rurales” se buscó desarrollar una evaluación sobre la eficiencia de filtros de arcilla y residuos orgánicos, bañados con plata coloidal para potabilizar del agua en poblaciones rurales. Los filtros fueron elaborados con la proporción de materiales de 80% de arcilla, 15% de aserrín y 5% de cascarilla de arroz. Posteriormente se procedió a revestir cada filtro con la solución de plata coloidal con dosis de 15 mg/L y 25 mg/L. Los parámetros de calidad del agua de consumo a evaluación fueron coliformes totales, coliformes termotolerantes, sólidos suspendidos totales, turbidez y pH.

Se concluyó que el filtro de arcilla y residuos orgánicos, bañado con plata coloidal, es un método eficiente en el tratamiento de agua destinada a consumo humano, en zonas rurales. Aunque no logra remover el 100% de los coliformes, logra disminuir la concentración a 1 UFC/100 mL, siendo este un valor próximo del límite máximo permisible del LMP del DS N° 031-2010-SA. No se observó diferencias en la disminución de contaminantes ambas concentraciones de plata coloidal (19).

En la tesis “Potabilización del agua de lluvia a través del filtro cerámico plata coloidal, para favorecer a la economía de los pobladores del centro poblado de la Quínuia-Pasco-2018” se tuvo como objetivo identificar y determinar el grado de viabilidad y efectividad de la potabilización del agua de lluvia a través del filtro cerámico con plata coloidal, para favorecer la economía de los pobladores del Centro Poblado de La Quínuia – Pasco, el estudio tuvo un alcance investigativo de gran importancia para la zona de estudio, ya que busca métodos eco amigables y accesibles para tratar el agua favoreciendo la economía de los pobladores del lugar. El método de investigación utilizado fue cuasi experimental prospectivo. Para la recolección de los datos se utilizaron las siguientes técnicas: Observación, captación de la muestra, elaboración de plata coloidal y fabricación del filtro cerámico y resultados del monitoreo de agua de lluvia con y sin tratamiento por el método de filtro cerámico con plata coloidal. En conclusión, los filtros caseros eliminan microorganismos por encima del 90%, constituyendo una fuente de tratamiento de agua segura y de bajo costo, siendo una alternativa para mejorar la calidad de vida de las comunidades rurales que no tienen acceso a agua potable (20).

En la tesis “Eficiencia de filtro de cerámica con plata coloidal en el tratamiento de agua de cisterna para el consumo humano” tuvo como objetivo evaluar la eficiencia de filtros con 3 tipos de cerámica con plata coloidal en el tratamiento de agua de cisterna para el consumo humano en la localidad de Carapongo, Lurigancho- Chosica. El análisis estadístico se realizó con el software R para un diseño experimental completamente aleatorizado (DCA), con un factor constante (plata coloidal), para 3 diferentes tratamientos (arcillas) y con 3 repeticiones. Los resultados obtenidos de los parámetros analizados fueron: Temperatura: Acasa 29,10 °C; Acomercial 29,13 °C y Aroja 27,9 °C; Turbiedad:

Acasa 75,40 UNT, Acomercial 75,40 UNT y Aroja 83,60 UNT en remoción; Sólidos Disueltos Totales: Acasa 92,04 % de remoción, Acomercial 92,04 % remoción y Aroja 92,66 % de remoción; pH: Acasa 6,5; Acomercial 6,5; Aroja 6,6; Coliformes Totales: Acasa 99% de remoción, Acomercial 100 % de remoción y Aroja 100 % de remoción; Coliformes Termo tolerantes: Acasa 98 % de remoción, Acomercial 100 % de remoción y Aroja 100 % de remoción) se utilizó una dosis de 20 ppm de plata coloidal para el estudio. En conclusión, se logró mayor acción con la arcilla roja, a diferencia de las demás arcillas de casa y comercial que tuvieron baja eficiencia, considerados en la mayoría de los parámetros estudiados (21).

En la tesis “Eficiencia de filtros a diferentes concentraciones tipo 1 y 2 de arcilla, aserrín y plata coloidal en aguas del canal de regadío Chuquitanta para recuperar agua categoría 3” se basa en evaluar la eficiencia de filtros para la recuperación de agua que a diferencia de otros métodos, esta es de bajo costo y sin empleo de tecnología a gran escala ya que se necesita sólo de materiales que son de fácil acceso como el aserrín, la arcilla y plata coloidal obtenida por electrolisis, que en una concentración de 80% con 20% de arcilla y aserrín respectivamente más la aplicación de plata coloidal a 25,6 ppm genera excelentes resultados en la recuperación de aguas del canal de regadío de Chuquitanta, reduciendo a gran escala la turbidez, DQO, DBO₅, metales como Cd, Mn y Coliformes totales los cuales son parámetros que evalúan la calidad del agua para categoría 3. Finalmente, los filtros logran recuperar aguas contaminadas la cual se podrían aplicar en otros sectores donde requieran aguas recuperadas para sus procesos como mecanismos de producción ecoeficiente (21).

2.1.3. Antecedentes regionales y locales

En la tesis titulada “Efecto de la composición y la temperatura de cocción en la tasa de filtración de un filtro cerámico para el tratamiento de agua de consumo humano” se evaluó el efecto de la composición de arcilla/aserrín (77/23, 85/15 y 93/7) y la temperatura de cocción (900 °C, 1000 °C y 1100 °C) en la tasa de filtración de un filtro cerámico para el tratamiento de agua de consumo humano. La materia para la fabricación de los filtros fue arcilla roja recolectada del distrito de Chupuro. Los resultados fueron que los filtros 3, 4 y 6 obtuvieron la mayor tasa de filtración con 66 mL/h, 70 mL/h y 82 mL/h respectivamente. El

filtro 3 (arcilla/aserrín: 77/23), quemado a una temperatura de 1100 °C y una tasa de filtración de 66 mL/h, trato mejor el agua colectada del río Mantaro – sector Buenos Aires, Pilcomayo, con el que se obtuvo una dureza total de 315 mg/L, 23,78 mg/L de cloruros, una conductividad de 617,5 uS/cm, 370,5 mg/L de sólidos disueltos totales, un pH de 7,68, 5,65 mg/L de oxígeno disuelto y 3,45 NTU de turbidez, en el agua después del tratamiento, valores que no sobrepasan los ECAs (22).

En el trabajo de investigación “Procesamiento de aguas jabonosas para su reutilización con el sistema de filtro cerámico en viviendas” se tuvo como objetivo determinar como el sistema de filtro cerámico influye en el proceso de reutilización de aguas jabonosas en viviendas en el centro poblado de Saños Chico del distrito El Tambo. La investigación fue de tipo aplicada, así mismo el nivel de investigación fue el descriptivo – explicativo y el diseño de investigación fue el experimental, se delimitó como población a las aguas jabonosas en el centro poblado de Saños Chico del distrito El Tambo, la muestra de esta investigación fueron las aguas jabonosas en una vivienda ubicada en el centro poblado de Saños Chico del distrito El Tambo. Se llegó a la conclusión que el sistema de filtro cerámico tiene una influencia significativa en el proceso de reutilización de aguas jabonosas en las viviendas de Saños Chico (23).

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Calidad del agua

El agua de calidad no representa ningún riesgo para la salud ya que no contiene altas cantidades de agentes contaminantes como los microorganismos; la mayoría de los casos cuando el agua presenta estos agentes, se debe a los excrementos de los animales o humanos, además, de las aves (24).

Normalmente, el agua apta para consumo humano posee una buena calidad ya que, no debe provocar ninguna enfermedad en los habitantes de la zona. Hoy en día todos los cuerpos de agua deben pasar por un sistema potabilización o por algún método casero para eliminar cualquier tipo de agente contaminante que pueda causar daño a la salud humana (25).

Aparte de que una población posea calidad de agua, pues también debería tener continuidad y cobertura debido a que son de suma importancia para que el ser humano se encuentre libre de enfermedades de origen hídrico (25).

2.2.2. Agua subterránea

Agua encontrada bajo la superficie del suelo la cual puede ser extraída mediante perforaciones, el origen de estas aguas son las lluvias y fuentes de agua como ríos, la cantidad del agua subterránea es aproximadamente 70 veces mayor que la de ríos, sin embargo es encontrada a diversas profundidades y en algunas ocasiones es afectada por filtraciones de agua contaminada las cuales no garantizan su pureza (26).

2.2.3. Pozos artesanales

Son excavaciones en suelos que alcanzan al agua subterránea mediante la utilización de herramientas manuales. La profundidad de estos pozos artesanales garantiza el nivel freático a alcanzar (26).

2.2.4. Norma Técnica Guatemalteca (NTG) 29001

Esta norma establece los valores de las características que definen la calidad del agua apta para consumo humano. Esta norma se aplica a toda agua para consumo humano, destinada para alimentación y uso doméstico, que provenga de fuentes como: pozos, nacimientos, ríos, etc. El agua podrá estar ubicada en una red de distribución, en reservorios o depósitos. Esta norma establece los límites máximos aceptables (LMA) y los límites máximos permisibles (LMP) (36).

2.2.5. La arcilla

Se forma gracias a la descomposición de las rocas ígneas primarias como son los pegmatitos, fedelpastos o granitos, que son alterados a través del tiempo gracias a los agentes atmosféricos; formando diferentes tipos de arcilla de acuerdo a la intemperización y hasta llegar a un tamaño menor de 0,002 mm (27). Las arcillas están compuestas por pequeñas partículas que poseen un tamaño menor a 4 μ . Están compuestas principalmente por silicatos de aluminio hidratados.

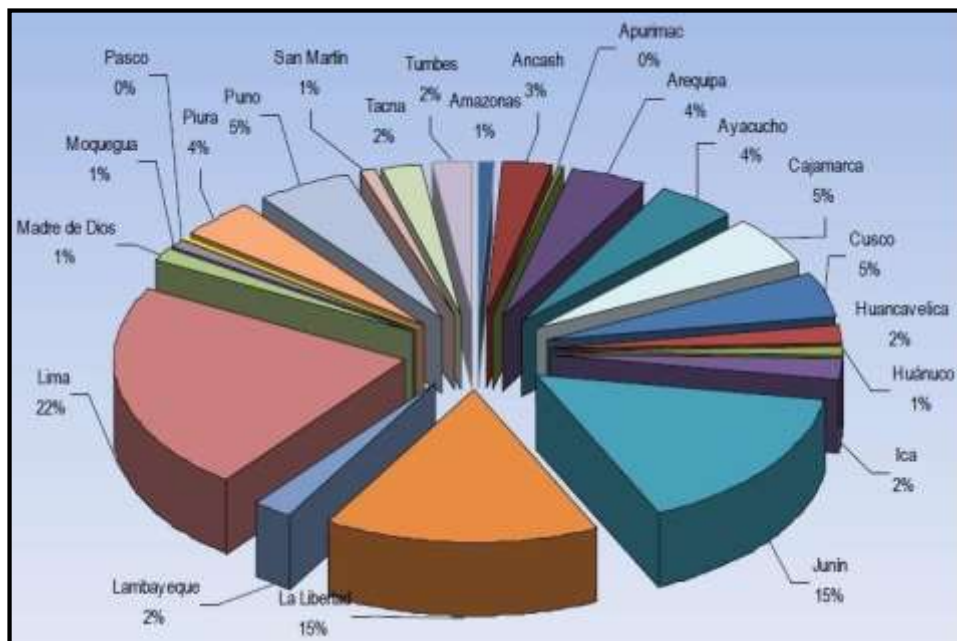


Figura 1. Disposición de la arcilla en el Perú

Fuente: (27)

2.2.6. Estructura de la arcilla

La estructura, la química de los cristales, la mineralogía y la química de la superficie de las arcillas son responsables de su importante papel en los entornos naturales; y sus útiles aplicaciones ambientales e industriales. Introdujo la cristalinidad en las estructuras de los minerales de arcilla. La mayoría de los minerales de arcilla, compuestos principalmente de capas que contienen sílice y láminas de alúmina, que pertenecen a la clase de silicatos de capas o grupos de filosilicatos. Estos grupos se pueden subdividir según el tipo de estructura de capa. Las arcillas consisten en una lámina de silicatos interconectados combinada con una segunda lámina similar a la agrupación de átomos metálicos, oxígeno e hidroxilo. Las unidades de estructura básica se dividen en hojas de sílice y hojas de brucita. (28).

Los octaedros consisten en dos planos de iones hidroxilo, entre los cuales se encuentra un plano de iones de magnesio o aluminio, que normalmente está coordinado por láminas de hidroxilo en forma octaedros. Estos octaedros también están dispuestos en un patrón hexagonal que se llama láminas octaédricas (28).

Los silicatos consisten en dos láminas tetraédricas de sílice, entre las cuales se encuentra una lámina octaédrica. Los minerales de arcilla incluyen los grupos de mica y esmética, que son los más abundantes entre los minerales de arcilla. El

grupo serpentina y mica se subdivide en base a los tipos dioctaédricos y trioctaédricos (28).

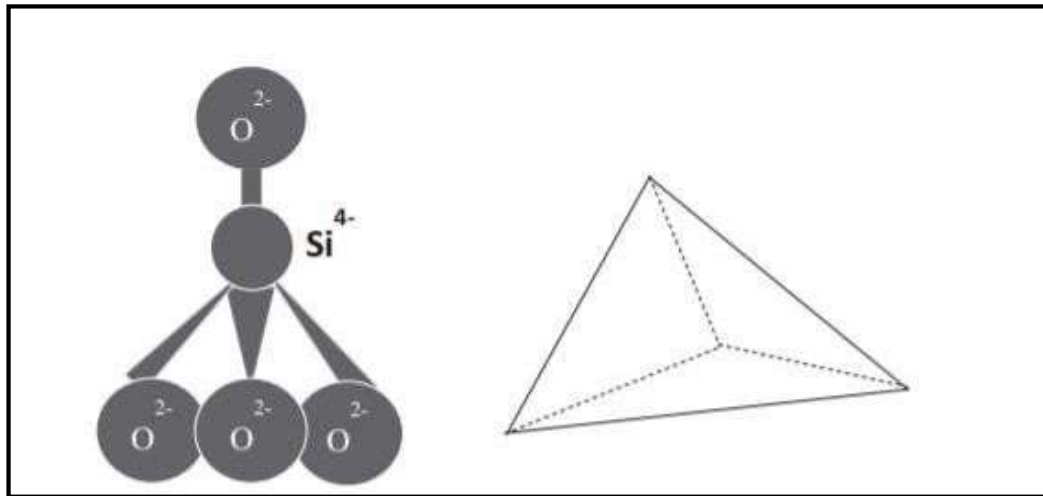


Figura 2. Las láminas de sílice (tetraedros de SiO₄)

Fuente: (28)

2.2.7. Propiedades de la arcilla

- Plasticidad:

Es una propiedad que posee la arcilla, cuando se mezcla con agua es flexible, ya que se podrá manipular de acuerdo con lo que se desee, esta propiedad va a depender directamente de la cantidad de agua que contenga.

- Límite plástico:

Es cuando la arcilla no contiene una elevada cantidad de agua. Por la cual, deja de ser una masa plástica y pasa a comportarse como un material que puede disgregarse.

- Índice plástico:

Es el límite que existe entre límite plástico y líquido.

- Porosidad y adsorción:

Esta propiedad dependerá de los compuestos que posean para que sean impermeables.

- Aglutinación:

Es cuando las arcillas se juntan y forman una masa.

- Vitricación:

A una temperatura alta las arcillas se vuelven duras y más sonora.



Figura 3. Arcilla roja

Fuente:(29)

2.2.8. Canteras de arcilla

Las canteras son conocidas como barreros, es la zona en la que extraen materiales, ya sea después de la transformación o antes. Los materiales pueden ser aplicados a temas de ingeniería como obras de contención, terraplenes, etc. Las arcillas son extraídas utilizando medio mecánicos simples debido a que la arcilla es considerada una roca disgregada, pero si la roca está húmeda será más difícil la extracción. En el proceso de explotación para extraer la arcilla se tiene que desechar aproximadamente una capa regular de arcilla debido a que ya no se encuentra en buen estado para que pueda ser utilizado.



Figura 4. Cantera de Arequipa

Fuente:(27)

2.2.9. La arcilla en la eliminación de contaminantes

Existen minerales arcillosos conocidos que se emplean específicamente para eliminar contaminantes específicos a través de diversos mecanismos. De hecho, la combinación o formas modificadas de cualquiera de los minerales arcillosos

también han demostrado ser efectivas en la adsorción de ciertos contaminantes del agua potable y aguas residuales. Las arcillas son ubicuas y, en gran parte culturalmente aceptables y, por lo tanto, la modificación con materiales funcionales inorgánicos o modernos no se considera un problema de aceptación. Las siguientes subsecciones brindan detalles sobre la clasificación de las arcillas, la remoción o adsorción de metales pesados. Es importante conocer las composiciones químicas de las arcillas para comprender el mecanismo (15).

2.2.10. Filtros a base de arcilla

Son filtros que son utilizados para tratar agua caseramente, normalmente se puede tratar aguas residuales y aguas potabilizadas. Los filtros de arcilla como es el caso de la cerámica utilizan diferentes tamaños de poros, el tamaño va a depender de que es lo que se quiere eliminar. Si se quisiera eliminar partículas en suspensión, huevos de helminto se requiere de un poro de grano grueso.

La filtración de cerámica es el uso de cerámica porosa (arcilla cocida) para filtrar microbios u otros contaminantes del agua potable. Hoy en día, los tamaños de los poros se pueden hacer lo suficientemente pequeños para eliminar prácticamente todas las bacterias y protozoos por exclusión de tamaño, hasta 0,2 μm , en el rango denominado microfiltración. Los filtros de cerámica a menudo también se mejoran con una variedad de enmiendas microbicidas que contienen plata que se pintan en la superficie, se impregnan en la matriz cerámica antes o después de la cocción, o se aplican para filtrar elementos de otras maneras (30).

A. Porosidad:

Las cerámicas porosas son componentes de filtración útiles en varias aplicaciones, y están diseñadas para eliminar contaminantes que tienen tamaños de varios micrómetros hasta el rango de nanómetros de varios fluidos. Si bien existen muchas otras aplicaciones para los filtros porosos, esta sección de revisión se centrará específicamente en las aplicaciones de los filtros de cerámica porosos.

Para agua, gas caliente, y filtración de metales fundidos, las técnicas de procesamiento, capaces de producir un filtro efectivo, para la aplicación en cuestión, se discutirán en términos de la microestructura deseada y las propiedades correspondientes.

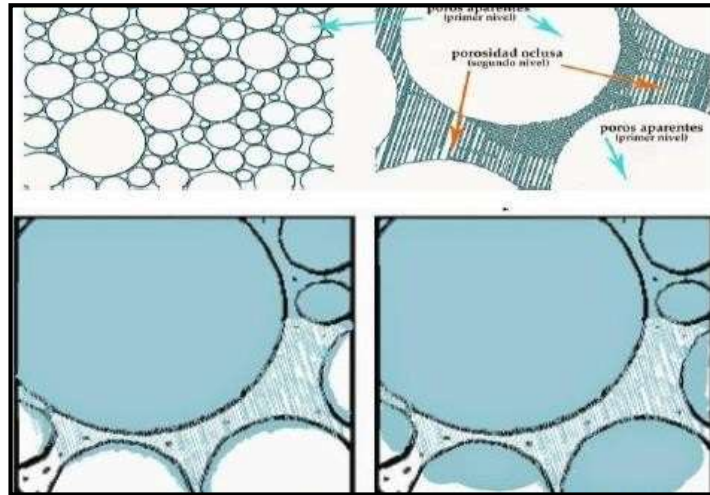


Figura 5. Porosidad del filtro

Fuente: (14)

B. Funcionamiento del filtro:

Se conocen dos maneras de funcionamiento y son por:

- Filtración: Los microorganismos como son protozoos, bacterias, virus, etc. son retenidos en los poros del filtro.
- Efecto microbicida: La plata coloidal inactiva a las bacterias.

C. Parámetros que pueden influir en la remoción:

Tabla 2. *Parámetros en la efectividad de remoción de los filtros de cerámica*

Parámetros de influencia	
Materias primas	Arcilla, cantidad y tamaño de partícula usada para los poros, laterita.
Producción proceso	Temperatura, lugar en horno, estación seca o húmeda, presión.
Utilizar	Calidad del agua (turbidez, pH, temperatura, concentración de bacterias, virus), frecuencia y protocolo de limpieza, rendimiento, edad
Configuración de la investigación y el procedimiento	<i>E. coli</i> y tipo de virus, concentración. de agua

Fuente: (14)

2.2.11. Plata coloidal

La plata coloidal es utilizada como un agente desinfectante o germicida debido a que posee partículas microscópicas de plata (31).

Se denomina coloidal a las partículas que se encuentran suspendidas en un

líquido. La plata es convertida a coloidal debido a una corriente de electricidad.

D. Mecanismo de acción antimicrobiana:

El uso empírico temprano y los estudios científicos realizados durante la última década del siglo XIX demostraron que la plata era una biosida extremadamente activa en las concentraciones de iones de plata (Ag^+) en concentraciones de aproximadamente de 10^{-9}M a 10^{-6}M . A partir de esto, surge la pregunta de cómo o mediante qué mecanismo el ion de plata mata a los microorganismos. Al igual que con muchos medicamentos antimicrobianos, el término "veneno general protoplasmático" se aplicó a la actividad de la plata. De igual manera, al aumentar el conocimiento del metabolismo celular y la fisiología y estructura de las células, y con las técnicas cada vez más elaboradas para probar los mecanismos celulares, se encontró que esta conclusión era una simplificación excesiva. Si bien es cierto que el protoplasma está efectivamente "envenenado", hay mucho que aprender sobre cómo puede ocurrir esto. El siguiente desarrollo fue darse cuenta de que la plata reaccionó fuertemente con los grupos tiol, en la célula bacteriana, ya sea en proteínas estructurales o funcionales (enzimáticas). Finalmente, se demostró que la plata produce cambios estructurales en las células bacterianas e interactúa con el ácido nucleico (32).

2.2.12. Mecanismo de filtración del agua

Es provocado cuando un fluido líquido que contiene partículas sólidas se separa mediante un filtro, donde ingresa el fluido y retiene las partículas sólidas. Cuando el líquido pasa por un medio poroso el cual retiene las partículas sólidas, dejando pasar el líquido fácilmente. Este filtro puede poseer granulometrías diferentes y materiales diferentes. Cabe resaltar que los filtros se deben limpiar cada cierto periodo con el propósito de que trate bien el recurso sin contaminarlo (32).

2.3. Definición de términos básicos

- a) Calidad del agua: "Término que describe las características químicas, físicas y biológicas del agua dependiendo del uso que se le va a dar. El agua apta para consumo humano posee una buena calidad de agua ya que, no debe provocar ninguna enfermedad en los habitantes de la zona" (25).

- b) Agua subterránea: Agua encontrada bajo la superficie del suelo la cual puede ser extraída mediante perforaciones, la cantidad del agua en acuíferos es aproximadamente 70 veces mayor que la de ríos, sin embargo, es encontrada a diversas profundidades y en algunas ocasiones es afectada por filtraciones de agua contaminada las cuales no garantizan su pureza (26).
- c) LMA: Es el valor de la concentración de cualquier característica del agua, arriba de la cual estas características son percibidas por los consumidores desde el punto de vista sensorial, pero sin que implique un daño a la salud del consumidor (36).
- d) Arcilla: Se forma por la descomposición de rocas ígneas primarias, son hasta un tamaño menor de 0,002 mm (27). Estos minerales arcillosos demostraron eficiencia en la adsorción de contaminantes del agua potable y aguas residuales. Las arcillas son ubicuas, por lo tanto, la modificación con materiales funcionales no es un problema de aceptación (15).
- e) Filtro cerámico: Utilizan diferentes tamaños de poros, el tamaño va a depender de que es lo que se quiere eliminar. Los filtros de cerámica a menudo se mejoran con una variedad de enmiendas microbidas que contienen plata que se impregnan en la matriz cerámica antes o después de la cocción (17).
- f) Plata coloidal: La plata coloidal es utilizada como un agente desinfectante o germicida debido a que posee partículas microscópicas de plata (31). Se demostró que la plata era una biocida extremadamente activa en las concentraciones de iones de plata (Ag^+) en concentraciones de aproximadamente de $10^{-9}M$ a $10^{-6}M$ (27)
- g) Filtración: Es provocado cuando un fluido líquido que contiene partículas sólidas se separa mediante un filtro, donde ingresa el fluido y retiene las partículas sólidas. Cuando el líquido pasa por un medio poroso el cual retiene las partículas sólidas, dejando pasar el líquido fácilmente (32).

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. Método y alcance de la investigación

3.1.1. Método general

Para esta investigación se empleó el método científico debido a que manejaremos nuestras variables deliberadamente, con el fin de lograr nuestro objetivo de investigación logrando así nuevos conocimientos (33).

3.1.2. Método específico

El método específico para el desarrollo del trabajo de investigación fue el método hipotético - deductivo, dado que se basa en responder nuestras hipótesis planteadas deduciendo nuestros resultados obtenidos en cada tratamiento dado (33).

3.1.3. Tipo de investigación

El tipo de investigación fue aplicada en vista de que se tuvo establecida la problemática y se realizó una resolución práctica que pudieron ser aplicados en el trabajo de investigación (33).

3.1.4. Nivel de investigación

El nivel metodológico que se empleó fue el explicativo porque se conocía las causas que generaron el problema buscando así una explicación objetiva de solución (33).

3.2. Diseño de la investigación

La investigación presentó el siguiente diseño experimental puro utilizando un diseño completamente al azar (DCA) debido a que se basa en el análisis de varianza, en donde la varianza total se descompone en la varianza de los tratamientos y la varianza de error. Se trabajó con 3 tratamientos diferentes en los cuales se varia la composición del filtro de cerámica bañado en plata coloidal en los porcentajes de materiales a usar

Tabla 3. *Diseño completamente al azar DCA*

Filtro de cerámica bañado en plata coloidal	Variables	Repetición					Totales	Medias
		1	2	3	4	5	$\sum Y_{ij}$	$\sum Y_{ij}/n$
T1	V11	Y ₁₁	Y ₁₂	Y ₁₃	Y ₁₄	Y ₁₅	Y _{1.}	\bar{Y}_1
	V21							
	V31							
T2	V12	Y ₂₁	Y ₂₂	Y ₂₃	Y ₂₄	Y ₂₅	Y _{2.}	\bar{Y}_2
	V22							
	V32							
T3	V13	Y ₃₁	Y ₃₂	Y ₃₃	Y ₃₄	Y ₃₅	Y _{3.}	\bar{Y}_3
	V23							
	V33							

Fuente: Elaboración propia

Donde:

Y: Concentración final de dureza, sólidos disueltos totales y pH.

V1: Temperatura (1: 850°C, 2: 900°C y 3: 950°C)

V2: Proporción de material (1: 50% arcilla -17% aserrín - 33% agua, 2: 50% arcilla -17% aserrín - 33% agua y 3: 70% arcilla -8% aserrín - 22% agua)

V3: Concentración de plata coloidal (1: 5 ppm, 2: 10 ppm y 3: 20 ppm)

A partir de los diferentes niveles de cada variable se determinó aleatoriamente los tratamientos

- Tratamiento 1 (nivel bajo (-1)): El filtro de cerámica bañado con plata coloidal fue elaborado a 850 °C, concentración de plata coloidal de 5 ppm y proporción de materiales 50% arcilla -17% aserrín - 33% agua (7 kg de arcilla, 1,2 kg de aserrín y 3 L de agua).
- Tratamiento 2 (nivel medio (0)): El filtro de cerámica bañado con plata coloidal fue elaborado a una temperatura de 900 °C, concentración de plata coloidal de 10 ppm y proporción de materiales 60% arcilla -12% aserrín - 28% agua (8,4 kg de arcilla, 0,85 kg de aserrín y 2,55 L de agua).
- Tratamiento 3 (nivel alto (+1)): El filtro de cerámica bañado con plata coloidal fue elaborado a una temperatura de 950 °C, concentración de plata

coloidal de 20 ppm y proporción de materiales 70% arcilla -8% aserrín - 22% agua (9,8 kg de arcilla, 0,56 kg de aserrín y 2,1 L de agua).

En base a la tabla 3 se determina que se trabajó con un DCA, ya que los factores que trabajan en el proceso (proporción de materiales, plata coloidal y temperatura de cocción) de la elaboración de los filtros son controlados en su totalidad además que se busca conocer el efecto de estos tratamientos en un solo factor (la eficiencia del filtro). Por lo cual, se consideró un total de 3 tratamientos, cada uno con 5 repeticiones obteniendo así un total de 15 corridas experimentales.

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

La población con la que se trabajó fue el agua obtenida de pozos artesanales utilizada para consumo humano de Chilca.

3.3.2. Muestra

La muestra fue obtenida de la muestra de un pozo artesanal utilizado para consumo humano de pobladores de Chilca de las cuales 50 litros son usados para por los pobladores diariamente. Para el cálculo de muestra se utiliza el modelo matemático “cálculo de la muestra de poblaciones finitas” (32):

$$n = \frac{N \times Z^2 \times p \times q}{d^2 \times (N - 1) + Z^2 \times p \times q}$$

N=Total de la población 50L

n: Tamaño de muestra aproximado

Z: 1,96 al cuadrado (si la seguridad es del 95%) según Aguilar Barojas, 2005, p. 4.

p = proporción esperada (en este caso 5% = 0,05) según Aguilar Barojas, 2005, p. 4.

q = 1 – p (en este caso 1-0,05 = 0,95) según Aguilar Barojas, 2005, p. 5.

d = precisión (en su investigación use un 5%). según Aguilar Barojas, 2005, p. 5.

$$n = \frac{50 \times 1,96^2 \times 0,05 \times 0,95}{0,05^2 \times (50 - 1) + 1,96^2 \times 0,05 \times 0,95}$$

$$n = 29,91 L$$

El tamaño de muestra requerido para las pruebas experimentales para la purificación de agua de pozo artesanal de Chilca fue de 30 litros. Esta fue

distribuida en 2 litros para cada corrida experimental (15). Cabe mencionar que adicionalmente se tomó 1L de agua para su caracterización, este volumen está basado en el volumen de agua requerido para analizar los parámetros fisicoquímicos correspondientes.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Técnicas

- Técnica de observación
- Muestreo de agua de acuíferos
- Análisis de parámetros fisicoquímicos del agua

3.4.2. Instrumentos

- Hoja de toma de datos
- Procedimiento de muestreo de acuerdo con el protocolo para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos.
- Reportes del laboratorio sobre las características del agua subterránea recolectada de pozos artesanales para consumo de la población de Chilca.
- El horno y su manual de uso
- Tamices y balanza
- Cronometro
- Reportes del laboratorio para determinar las características del agua de consumo de la comunidad de Chilca, que fueron tratados por los filtros cerámicos.
- NTG 29001 que serán comparados con nuestros parámetros antes y después de analizar.

3.4.3. Materiales

- Yeso
- Aserrín
- Plata coloidal
- Arcilla
- Balde
- EPPS (guardapolvo, guantes, mascarilla)
- Molienda
- Tamiz N.º 20
- Batidora

- Rodillo
- Horno
- Brocha

3.4.4. Procedimientos

3.4.4.1. Etapa de pre-campo

- Seguimos el protocolo para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos (35).
- Se contó con los equipos de protección personal para el respectivo muestreo (guardapolvo, guantes de látex, cofia, mascarilla).
- Se tomó dos muestras del agua de los pozos artesanales destinada al consumo de la población de Chilca, la primera muestra de 1 litro fue para la caracterización del agua subterránea de pozo artesanal para consumo de la comunidad de Chilca y la segunda muestra fue de 30 L para las pruebas experimentales con el filtro de arcilla.
- Se preparó un frasco de plástico de polipropileno 1 L, recipiente de 30 L, cooler y refrigerante (hielo) para conservar las muestras hasta la llegada al laboratorio, balde esterilizado.
- Se esterilizó el recipiente de 30 L siguiendo los pasos: recepción, remojo con detergente, lavado, enjuague con agua, enjuague con alcohol y secado; especificados en el manual de esterilización (35).
- El frasco para la caracterización estaba rotulado especificando el lugar, fecha y hora de toma de muestra, el rótulo fue cubierto con cinta adhesiva transparente.

3.4.4.2. Análisis de parámetros fisicoquímicos

A. Análisis de pH

Según el método pH: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part4500-H+ B, 24th Ed. 2023. pH Value. Electrometric Method.

- Antes del uso se extrajo los electrodos se lavó y secó con un paño suave.
- Se calibró el sistema de electrodos frente a soluciones tampón estándar según de 4.0, 7.0 y 11.0.
- Se tomó una muestra de 100 mL del agua de acuífero y se

mantuvo en agitación constantes para asegurar homogeneidad con ayuda de un agitador.

- Se puso en equilibrio los electrodos dentro de la muestra de agua y se procedió a lecturar.

B. Análisis de STD

Según el método STD: SMEWW-APHA-AWWAWEF Part 2540 C, 24th Ed. 2023- TDS

- Se secó el material filtrante y el plato a 180°C en la mufla durante 1 hora, después se almacenó en el desecador al salir de la mufla hasta su uso.
- Se pesó inmediatamente antes de su uso.
- Se agitó la muestra con un agitador magnético para tener una muestra homogénea, seguidamente se colocó el filtro en el equipo de vacío y se lavó con tres volúmenes sucesivos de 10 mL de agua de analizar, permitiendo un drenaje completo entre lavados y continuar la succión durante aproximadamente 3 minutos.
- Después de completar la filtración se transfirió el filtro a un plato de evaporación pesado previamente y se puso a secar la muestra evaporada durante al menos 1 h en una mufla a 180 °C.
- Una vez culminado el tiempo en la mufla enfriar en un desecador para equilibrar la temperatura y pesar. Repita el ciclo de secado, enfriado, desecar y pesar hasta obtener un peso constante.
- Cuando se obtengan los resultados se aplica la siguiente fórmula:

$$mgSTD/L = \frac{(A - B) \times 1000}{mL \text{ de muestra}}$$

A: peso del plato de residuos seco con filtro+ muestra

B: peso del plato de residuo seco con filtro

C. Análisis de dureza

Según el método Dureza: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part2340-C B, 24th Ed. 2023.EDTA Titrimetric Method.

- Se enjuagó el vaso con la muestra de agua, se procedió a llenar con 5 mL de muestra.
- Se añadió 5 gotas de Buffer de dureza y mezcló con cuidado girando el vaso en pequeños círculos.
- Se añadió 1 gota de indicador calmagita y mezcló como en el punto anterior, la solución se tornó de un color rojo-violeta.
- Después se tomó con la jeringa de medición la solución de EDTA hasta que la parte inferior del cierre marque 0 de la jeringa.
- Se puso la punta de la jeringa cerca del vaso de plástico y se añadió la solución de medición gota a gota, agitando el recipiente lentamente tras cada gota. Se continuó añadiendo la solución de medición hasta que la mezcla se vuelva morada, entonces mezclé durante 15seg tras cada gota adicional hasta que la solución se vuelva azul.
- Una vez se obtuvo el gasto se multiplicó por 300 para obtener el resultado de dureza total en mg/L.

3.4.4.3. Etapa de campo

Se tomó la muestra de la zona de donde se obtiene el agua para consumo de la población de Chilca.

- Para la caracterización del agua de pozos artesanales para consumo de la población de Chilca.
 - Se colocó los equipos de protección personal.
 - Se enjuagó 3 veces el frasco antes de tomar la muestra.
 - Se tomó la muestra hasta el ras del frasco.
 - Se colocó los frascos sellados en el cooler con los refrigerantes (hielo) mientras duró el muestreo y transporte al laboratorio.
- Para la experimentación con los filtros de arcilla
 - Se enjuagó 3 veces el recipiente antes de tomar la muestra
 - Se tomó la muestra y colocó los 30 L de muestra en el balde esterilizado.

- Se revisó si las muestras estaban correctamente cerradas.
- Se transportó las muestras al laboratorio. Las muestras se llevaron al laboratorio lo más antes posible después de recolectadas.

3.4.4.4. Etapa de obtención de molde para filtros

- Se elaboró un patrón a base de barbotina (5 kg arcilla + 2 L agua) impregnándola en un balde.

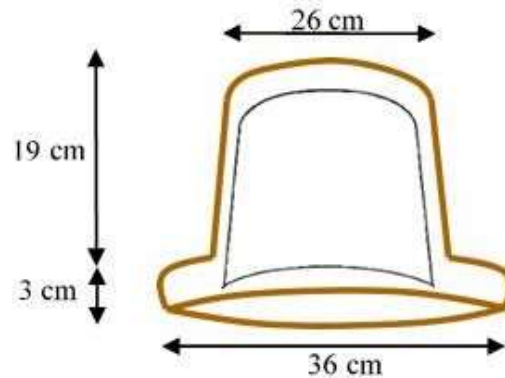


Figura 6. Diseño patrón del filtro

- Se dejó secar el patrón diseñado.
- Para la preparación del yeso se mezcló en un recipiente 5 kg yeso en 5 L de agua. El yeso fue echado en el recipiente en forma de lluvia poco a poco mientras este era mezclado. Este se mezcló hasta que no hubo grumos.
- Con ayuda de 4 trozos de madera de 46 cm x 30 cm se formó un cuadrado. Con ayuda de ladrillos mantuvo los 4 trozos de madera en su lugar. Colocar en el base plástico.

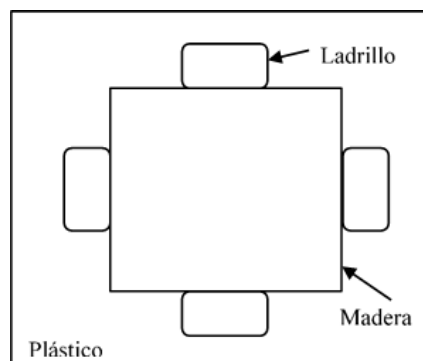


Figura 7. Diseño del molde

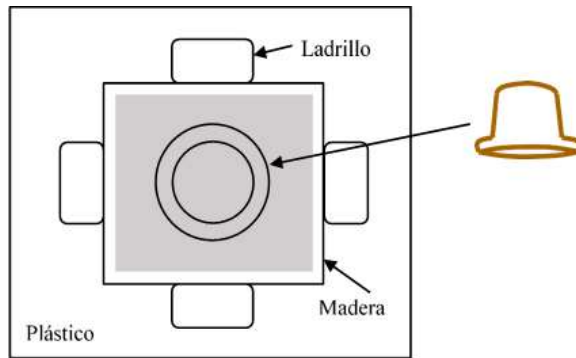


Figura 9. Armado del molde

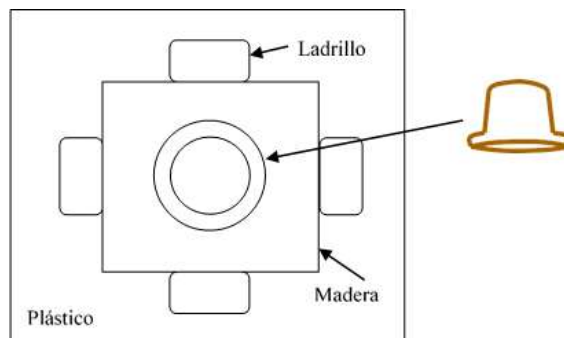


Figura 8. Obtención del molde

- Se bañó la parte exterior del patrón con aceite, luego este fue colocado al medio del diseño de madera.
- Se vació el yeso encima del patrón diseñado. El yeso cubrió el patrón hasta 3 cm arriba.
- Se dejó reposar aproximadamente 15 minutos hasta que el yeso se secó. Posteriormente se retiró las tablas de madera y el patrón.
- Finalmente se obtuvo el molde para los filtros de arcilla a preparar posteriormente.

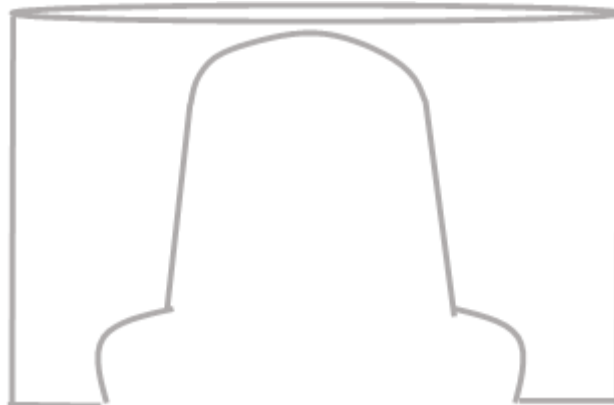


Figura 10. Molde final

3.4.4.5. Preparación de los filtros de arcilla

Se tomó como referencia el estudio de Soriano, (2014)

- Preparación de las diferentes concentraciones de plata coloidal.
 - La cantidad de plata coloidal que se requirió para bañar cada filtro (3) es de 250 mL, las concentraciones de la plata coloidal fueron 5 ppm, 10 ppm y 20 ppm por lo cual se tuvo que realizar las disoluciones respectivas. Se tuvo como solución madre plata coloidal de 20 ppm. Para calcular la cantidad de plata coloidal que se utilizó para las disoluciones se empleó la fórmula:

$$C_1 * V_1 = C_2 * V_2$$

Donde:

C₁ y C₂: Concentraciones

V₁ y V₂: Volumen

Se registró los resultados la tabla:

Tabla 4. *Preparación de plata coloidal*

Concentración de plata coloidal (ppm)	Muestra de solución madre (mL)	Volumen (mL)
20	250	250
10	125	250
5	62,5	250

- Por lo tanto, se necesitó 437,5 mL de plata coloidal de una concentración de 20 ppm para preparar 250 mL de plata coloidal a 20 ppm, 250 ml de plata coloidal a 10 ppm y 250 ml de plata coloidal a 50 ppm.
- Preparación de filtro para tratamiento 1 nivel bajo:
 - Se colocó 7 kg de arcilla extraída de una cantera en un molino para tritarlo en partículas pequeñas.
 - Luego de obtener un polvo fino de arcilla, se empleó un tamiz N.º 20 para eliminar las impurezas que pueda presentar el polvo de arcilla.
 - Se pesó 1,2 kg de aserrín y con ayuda de una probeta se midió 3 litro de agua.
 - Se mezcló la arcilla, aserrín y se añadió el agua poco a poco para

obtener una consistencia barrota casi líquida. El mezclado se da con ayuda de una espátula.

- Obtenida la masa, se procedió a extenderla con un rodillo hasta lograr una altura proporcional de 2 cm.
- Se colocó la masa en el molde de manera uniforme con el fin de obtener la forma deseada.
- Se dejó la masa en el molde por 24 horas.
- Luego se desmoldo, se arregló las imperfecciones y se llevó a secar al aire libre por 8 días.
- Posteriormente, se llevó los filtros de arcilla al horno a una temperatura de 850 °C por 8 horas para luego dejarlos enfriar.
- Se les colocó en agua hasta que los filtros adquieran una temperatura ambiente, esto se dio, con el fin de abrir los poros formados por la combustión del aserrín.
- Finalmente se probó la filtración, con 2 litros de agua potable por hora, con el fin de eliminar partículas sólidas retenidas.
- Se realizó un baño de plata coloidal a 5 ppm al interior y exterior del filtro de arcilla con ayuda de una brocha.
- Se dejó secar.
- Este procedimiento se repitió hasta obtener 5 filtros de este tipo.
- Posteriormente se colocó los filtros de arcilla dentro de un balde de 10 L de 31,5 cm x 29,3 cm x 27 cm cada uno
- Seguidamente se adiciono 5L de agua del acuífero el cual se dejó pasar por el filtro para su purificación.
- Preparación de filtro para tratamiento 2 nivel medio.
 - Se colocó 8,4 kg de arcilla extraída de una cantera en un molino para tritarlo en partículas pequeñas.
 - Luego de obtener un polvo fino de arcilla, se empleó un tamiz N.º 20 para eliminar las impurezas que pueda presentar el polvo de arcilla.
 - Se peso 0,85 kg de aserrín y con ayuda de una probeta se midió 2,55 litros de agua.
 - Se mezcló la arcilla, aserrín y se añadió el agua poco a poco para obtener una consistencia barrota casi líquida. El mezclado se da con ayuda de una espátula.

- Obtenida la masa, se procedió a extenderla con un rodillo hasta lograr una altura proporcional de 2 cm.
- Se colocó la masa en el molde de manera uniforme con el fin de obtener la forma deseada.
- Se dejó la masa en el molde por 24 horas.
- Luego se desmoldó, se arregló las imperfecciones y se llevó a secar al aire libre por 8 días.
- Posteriormente, se llevó los filtros de arcilla al horno a una temperatura de 900 °C por 8 horas para luego dejarlos enfriar.
- Se les colocó en agua hasta que los filtros adquieran una temperatura ambiente, esto se dio con el fin de abrir los poros formados por la combustión del aserrín.
- Finalmente se probó la filtración, con 2 litros de agua potable por hora con el fin de eliminar partículas sólidas retenidas.
- Se realizó un baño de plata coloidal a 10 ppm al interior y exterior del filtro de arcilla con ayuda de una brocha.
- Se dejó secar.
- Este procedimiento se repitió hasta obtener 5 filtros de este tipo
- Posteriormente se colocó los filtros de arcilla dentro de un balde de 10 L de 31,5 cm x 29,3 cm x 27 cm cada uno
- Seguidamente se adicionó 5L de agua del acuífero el cual se dejó pasar por el filtro para su purificación.
- Preparación de filtro para tratamiento 3 nivel alto.
 - Se colocó 9,8 kg de arcilla extraída de una cantera en un molino para triturarlo en partículas pequeñas.
 - Luego de obtener un polvo fino de arcilla, se empleó un tamiz N.º 20 para eliminar las impurezas que pueda presentar el polvo de arcilla.
 - Se pesó 0,56 kg de aserrín y con ayuda de una probeta se midió 2,1 litro de agua.
 - Se mezcló la arcilla, aserrín y se añadió el agua poco a poco para obtener una consistencia barrosa casi líquida. El mezclado se da con ayuda de una espátula.
 - Obtenida la masa, se procedió a extenderla con un rodillo hasta lograr una altura proporcional de 2 cm.

- Se colocó la masa en el molde de manera uniforme con el fin de obtener la forma deseada.
- Se dejó la masa en el molde por 24 horas.
- Luego se desmoldó, se arregló las imperfecciones y se llevó a secar al aire libre por 8 días.
- Posteriormente, se llevó los filtros de arcilla al horno a una temperatura de 950 °C por 8 horas para luego dejarlos enfriar.
- Se les colocó en agua hasta que los filtros adquieran una temperatura ambiente, esto se dio con el fin de abrir los poros formados por la combustión del aserrín.
- Finalmente se probó la filtración, con 2 litros de agua potable por hora con el fin de eliminar partículas sólidas retenidas.
- Se realizó un baño de plata coloidal a 20 ppm al interior y exterior del filtro de arcilla con ayuda de una brocha.
- Se dejó secar.
- Este procedimiento se repitió hasta obtener 5 filtros de este tipo
- Posteriormente se colocó los filtros de arcilla dentro de un balde de 10 L de 31,5 cm x 29,3 cm x 27 cm cada uno
- Seguidamente se adiciono 5L de agua del acuífero el cual se dejó pasar por los filtros para su purificación.



Figura 11. Representación de la actividad purificadora del filtro de arcilla

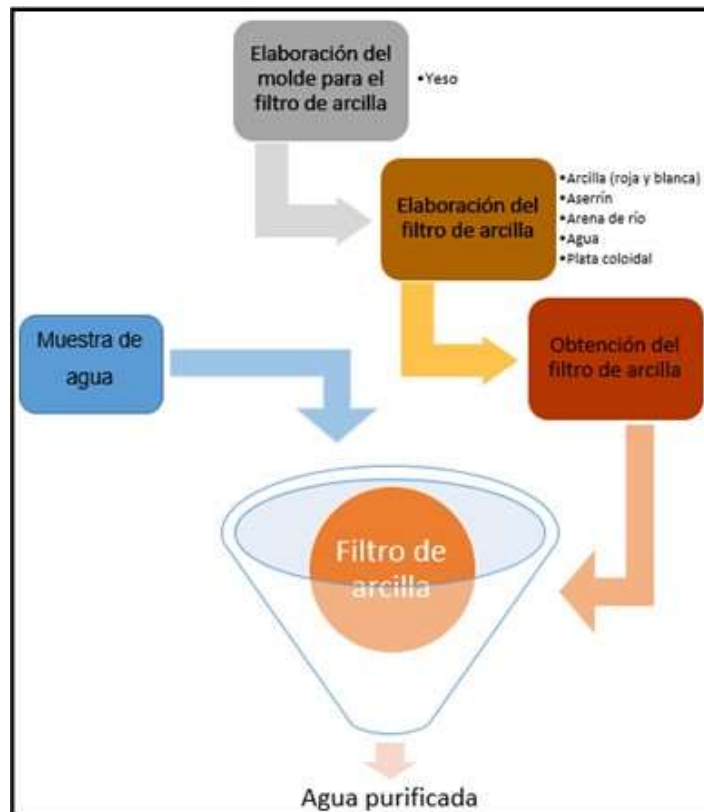


Figura 12. Diagrama de procesos de la parte experimental

3.4.4.6. Etapa de laboratorio

Se envió 500 mL de agua ya tratada por cada corrida experimental al laboratorio GRUPO JHACC para el análisis respectivo de dureza, sólidos disueltos totales y pH.

3.5. Procesamiento de datos

Se utilizó el software estadístico Minitab v 18,0 para realizar el análisis estadístico del diseño aplicado para el estudio partiendo del análisis de normalidad para determinar si los datos obtenidos provienen de una población normal o no. Una vez definido el tipo de población se definió el análisis estadístico a realizar ya sea un ANOVA o un no paramétrico. Las representaciones gráficas utilizadas para la presentación de los resultados obtenidos se realizaron mediante el software R, mientras que las gráficas de efectos e interacción de variables y los de contorno se obtuvieron en el proceso de análisis de la población en el programa Minitab.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Presentación de resultados

4.1.1. Concentración de los parámetros fisicoquímicos de un acuífero en el distrito de Chilca, Huancayo - 2022

Los parámetros para determinar la calidad del agua del acuífero fueron la dureza, pH y sólidos disueltos totales los cuales fueron tomados al inicio y final del tratamiento.

Metodología

Dureza: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part2340-C B, 24th Ed. 2023. EDTA Titrimetric Method.

pH: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part4500-H+ B, 24th Ed. 2023. pH Value. Electrometric Method.

STD: SMEWW-APHA-AWWAWEF Part 2540 C, 24th Ed. 2023- TDS

Tabla 5. *Parámetros iniciales*

Parámetro	Concentración inicial	NTG 29001
Dureza	305 mg/L	100 mg/L
pH	6,68	7 – 7,5
Sólidos disueltos totales	590 mg/L	500 mg/L

En la tabla 5 se puede observar los parámetros iniciales que se obtuvieron tras un monitoreo del agua de acuífero en el distrito de Chilca obteniendo que estos superan la NTG 29001 (36).

4.1.2. Resultados del filtro de cerámica a nivel bajo de concentración de plata coloidal, porcentaje de material y temperatura

Tabla 6. *Resultados de parámetros de agua tratada con filtro de cerámica (-1)*

Filtro de cerámica bañado con plata coloidal 5 ppm							
Parámetros	I	II	III	IV	V	Promedio	% de remoción
Dureza (mg/L)	242	239	245	246	241	242,6	20,46
Sólidos disueltos Totales(mg/L)	380	378	381	380	379	380	35,59
pH	6,89	6,88	6,89	6,88	6,86	6,88	*

En la tabla 6 se muestran los resultados de los parámetros obtenidos luego de tratar

el agua con el filtro elaborado a condiciones de 850 °C, concentración de plata coloidal de 5 ppm y proporción de materiales 50% arcilla -17% aserrín - 33% agua (7 kg de arcilla, 1,2 kg de aserrín y 3 L de agua) obteniendo un % de remoción de 20,46% y 35,59% para dureza y sólidos disueltos totales respectivamente, asimismo se obtuvo un pH de 6,88, de los cuales solo los sólidos disueltos totales cumplen con la NTG 29001 para agua de acuífero.

4.1.3. Resultados del filtro de cerámica a nivel medio de concentración de plata coloidal, porcentaje de material y temperatura

Tabla 7. Resultados de parámetros de agua tratada con filtro de cerámica (0)

Filtro de cerámica bañado con plata coloidal 10 ppm							
Parámetros	I	II	III	IV	V	Promedio	% de remoción
Dureza (mg/L)	198	196	201	199	196	198	35,08
Sólidos disueltos Totales(mg/L)	349	355	353	351	353	352	40,34
pH	6,97	6,99	6,98	6,99	6,98	6,98	*

En la tabla 7 se muestran los resultados de los parámetros obtenidos luego de tratar el agua con el filtro elaborado a condiciones de temperatura de 900 °C, concentración de plata coloidal de 10 ppm y proporción de materiales 60% arcilla -12% aserrín - 28% agua (8,4 kg de arcilla, 0,85 kg de aserrín y 2,55 L de agua) obteniendo un % de remoción de 35,08% y 40,34% para dureza y sólidos disueltos totales respectivamente, asimismo se obtuvo un pH de 6,98, de los cuales ningún parámetro logró cumplir con la NTG 29001 para agua de acuífero.

4.1.4. Resultados del filtro de cerámica a nivel alto de concentración de plata coloidal, porcentaje de material y temperatura

Tabla 8. Resultados de parámetros de agua tratada con filtro de cerámica (+1)

Filtro de cerámica bañado con plata coloidal 20 ppm							
Parámetros	I	II	III	IV	V	Promedio	% de remoción
Dureza (mg/L)	98	99	97	98	97	97,8	67,93
Sólidos disueltos Totales(mg/L)	180	181	182	182	184	182	69,15
pH	7,41	7,43	7,40	7,43	7,41	7,42	*

En la tabla 8 se muestran los resultados de los parámetros obtenidos luego de tratar el agua con el filtro elaborado a condiciones de temperatura de 950 °C, concentración de plata coloidal de 20 ppm y proporción de materiales 70% arcilla -8% aserrín - 22% agua (9,8 kg de arcilla, 0,56 kg de aserrín y 2,1 L de agua) obteniendo un % de remoción de 67,93% y 69,15% para dureza y sólidos disueltos totales respectivamente, asimismo se obtuvo un pH de 7,42, observando que todos los parámetros lograron cumplir con la NTG 29001 para agua de acuífero. Esto se debe principalmente al alto contenido de plata coloidal la cual permite que se realice adecuadamente el mecanismo de acción del filtro para la remoción de dureza mediante la adsorción de calcio y magnesio, seguidamente de la proporción del material y la temperatura que estos permiten que el filtro presente una estructura con micro poros que evita el pase de material ayudando a la eliminación de turbidez y sólidos disueltos totales y en muchos casos hasta bacterias.

4.1.5. Resultados de la eficiencia de un filtro cerámico bañado con plata coloidal en la purificación de un acuífero en el distrito de Chilca, Huancayo – 2022

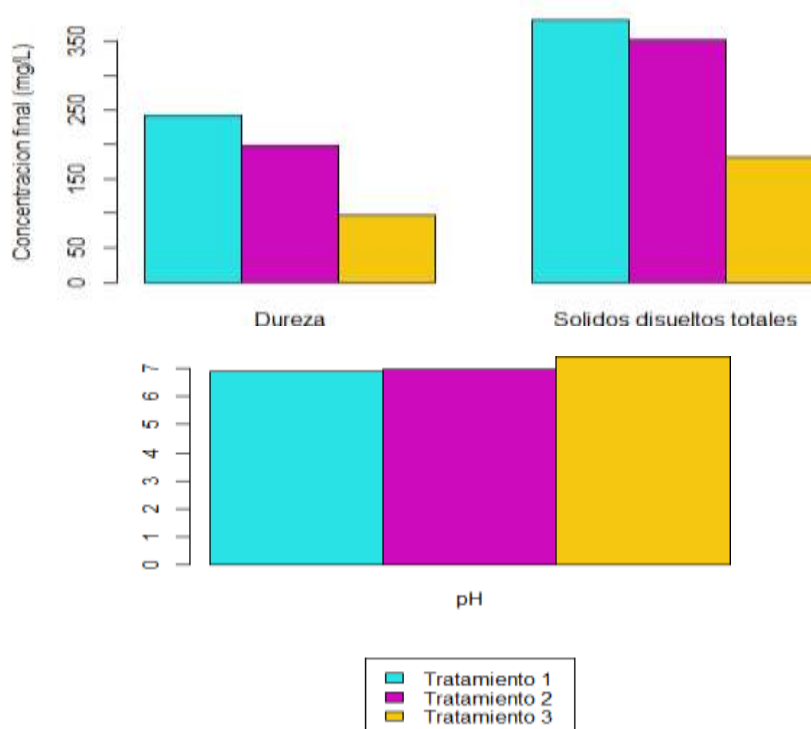


Figura 13. Parámetros de calidad del agua de acuífero tratada

En la figura 13 se puede observar el efecto de los tratamientos (filtros cerámicos bañados con plata coloidal) con lo que respecta a la dureza, sólidos disueltos

totales y pH del agua de acuífero tratada obtenido observando que, a mayor arcilla en la proporción de materiales, temperatura y concentración de plata coloidal, la concentración de la dureza y sólidos disueltos totales disminuye significativamente mientras que en el pH se observa un ligero ascenso logrando que este se neutralice de tal manera que los 3 parámetros reduzcan su concentración, ya que a las condiciones ya mencionadas las concentraciones finales obtenidas son de 97,8 mg/L de dureza, 182 mg/L de STD y 7,42 pH mostrando una gran variación y reducción en comparación a lo obtenido inicialmente de 350 mg/L de dureza, 590 mg/L de STD y pH de 6,68. Además que con dichos resultados se cumple con LMA establecidos en la NTG 29001.

4.2. Prueba de hipótesis

Para contrastar la hipótesis general y específica se realizó primero la prueba de normalidad el cual nos ayudó a determinar si nuestros datos siguen o no una distribución normal y de esta manera se definió si se iba aplicar un análisis estadístico paramétrico o no paramétrico, por lo tanto, se plantea:

H₀: Los datos siguen una distribución normal (paramétrico)

H_a: Los datos no siguen una distribución normal (no paramétrico)



Figura 14. Prueba de normalidad

En la figura 14 se puede observar la gráfica de probabilidad de la densidad donde se obtuvo un valor de p de 0,848 siendo mayor al valor de significancia de 0,05 por lo que se acepta nuestra hipótesis nula la cual afirma que nuestros datos siguen una distribución normal.



Figura 15. Prueba de normalidad de los sólidos disueltos totales

En la figura 15 se puede observar la gráfica de probabilidad de los sólidos disueltos totales donde se obtuvo un valor de p de 0,898 siendo mayor al valor de significancia de 0,05 por lo que se acepta nuestra hipótesis nula la cual afirma que nuestros datos siguen una distribución normal.

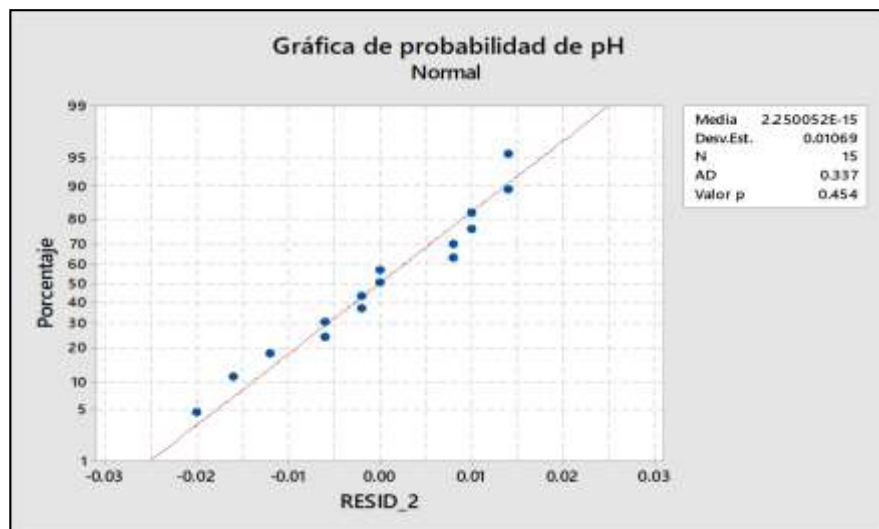


Figura 16. Prueba de normalidad para pH

En la figura 16 se puede observar la gráfica de probabilidad del pH donde se obtuvo un valor de p de 0,454 siendo mayor al valor de significancia de 0,05 por lo que se acepta la hipótesis nula la cual afirma que nuestros datos siguen una distribución normal.

En vista que datos obtenidos de la dureza, sólidos disueltos totales y pH siguen una distribución normal, se requiere utilizar análisis paramétricos para la contrastación de las hipótesis, es decir un análisis de varianza ANOVA.

4.2.1. Contrastación de la hipótesis general

Para la contratación de la hipótesis se utilizó el análisis de varianza ANOVA por

lo cual se plantea la siguiente hipótesis:

Ho: El filtro cerámico bañado con plata coloidal no influye significativamente en la purificación de un acuífero en el distrito de Chilca, Huancayo – 2022.

Ha: El filtro cerámico bañado con plata coloidal influye significativamente en la purificación de un acuífero en el distrito de Chilca, Huancayo - 2022.

Análisis de varianza ANOVA para la dureza

Tabla 9. *Análisis de varianza ANOVA para la dureza*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Filtro de cerámica	2	54993,7	27496,9	6110,41	0,000
Error	12	54,0	4,5		
Total	14	55047,7			

En la tabla 9 se realizó el análisis de varianza ANOVA para el parámetro de dureza donde el valor de “p” para la variación resulta 0,000 el cual es menor al valor de significancia de 0,05, por ello es que podemos decir que se aprueba la hipótesis alterna es decir que el filtro cerámico bañado con plata coloidal influye significativamente en la purificación de un acuífero en el parámetro de dureza.

Tabla 10. *Análisis de varianza ANOVA para la STD*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Filtro de cerámica	2	114853	57426,5	19802,23	0,000
Error	12	35	2,9		
Total	14	114888			

En la tabla 10 se realizó el análisis de varianza ANOVA para el parámetro de sólidos disueltos totales (SDT) donde el valor de “p” para la variación resulta 0,000 el cual es menor al valor de significancia de 0,05, por ello es que podemos decir que se aprueba la hipótesis alterna es decir que el filtro cerámico bañado con plata coloidal influye significativamente en la purificación de un acuífero en el parámetro de STD

Tabla 11. *Análisis de varianza ANOVA para el pH*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Filtro de cerámica	2	0,810093	0,405047	3037,85	0,000
Error	12	0,001600	0,000133		
Total	14	0,811693			

En la tabla 11 se realizó el análisis de varianza ANOVA para el parámetro de pH donde el valor de “p” para la variación resulta 0,000 el cual es menor al valor de significancia de 0,05, por ello es que podemos decir que se aprueba la hipótesis alterna es decir que el filtro cerámico bañado con plata coloidal influye significativamente en la purificación de un acuífero en el parámetro de pH.

Entonces debido a que en todos los parámetros de análisis se cumplió que el valor de p fue menor al valor de significancia de 0,05, es que podemos decir con seguridad que se acepta la hipótesis alterna (Ha) y se rechaza la hipótesis nula (Ho), por lo tanto, el filtro cerámico bañado con plata coloidal influye significativamente en la purificación de un acuífero en el distrito de Chilca, Huancayo - 2022.

4.3. **Discusión de resultados**

Los resultados dados al caracterizar fisicoquímicamente el agua de un acuífero en el distrito de Chilca, Huancayo – 2022 mostraron una concentración inicial de 305 mg/L de dureza, 590 mg/L de sólidos disueltos totales y un pH de 6,68; siendo valores que sobrepasan y están fuera de los LMA de la NTG 29001, norma que determina los parámetros del agua subterránea, de acuíferos y pozos. Estos valores son causados por la presencia de sulfatos, cloruros y nitratos de calcio y magnesio presentadas usualmente en aguas de acuífero (6), la vulnerabilidad de estas aguas son factor de filtración de agua contaminada las cuales no garantizan su pureza (26) además de infiltración de bacterias y demás contaminantes por lo cual se requirió realizar un tratamiento para la eliminación de contaminantes y regulación de determinados parámetros fisicoquímicos.

Para determinar la proporción de materiales óptima del filtro cerámico en la purificación de un acuífero en el distrito de Chilca, Huancayo - 2022, se trabajó con tres proporciones de materiales (50% arcilla -17% aserrín - 33% agua, 60% arcilla

-12% aserrín - 28% agua y 70% arcilla -8% aserrín - 22% agua). Se observó que a una proporción de 70% arcilla -8% aserrín - 22% agua se logró cumplir en su totalidad con los LMA de la NTG 29001 por lo que se afirma que a una proporción de 70% arcilla -8% aserrín - 22% se obtiene un filtro cerámico más eficiente. Esto se debe a que la arcilla tiene una actividad filtrante porosa generando que sus poros sean lo suficientemente pequeños para remover contaminantes los cuales no acidifican el agua recuperada por estos además que reducen variedad de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos (30). En el trabajo de investigación (11) se determinó que 70% de arcilla 5% de aserrín es la proporción con mejor eficiencia para la elaboración de filtros cerámicos obteniendo resultados de remoción de sólidos en suspensión de 98,6 % y DBO de 33 % similar al de nuestra investigación. De igual manera (12), determinó que la composición óptima para filtros cerámicos es de 70% arcilla-25% zeolita-5% carbón debido a que esta posee una eficiencia de adsorción de 60,36 y factor de descontaminación de 2,52 afirmando así que el filtro cerámico producido a partir de esta investigación también es potencial para el tratamiento de agua potable.

Para determinar la concentración óptima de la plata coloidal en la purificación de un acuífero en el distrito de Chilca, Huancayo - 2022, se trabajó con tres concentraciones de plata coloidal siendo ellas de 5 ppm, 10 ppm y 20 ppm. Se observó que a una concentración de 20 ppm se logró cumplir en su totalidad con los LMA de la NTG 29001 por lo que se afirma que a una concentración de 20 ppm se obtiene un filtro cerámico más eficiente. Esto se debe a que una concentración de plata coloidal efectiva produce la eliminación de parámetros fisicoquímicos a través de un intercambio de base, esto se debe a su habilidad para intercambiar cationes con otras sustancias disueltas en el agua (37). En el trabajo de investigación (18), se determinó que a una concentración de 20 ppm y 30 ppm de plata coloidal en filtro cerámico se podría obtener una remoción de hasta 96,43 y 96,06% para coliformes, por lo tanto, la plata coloidal es necesaria para completar la remoción de contaminantes. De igual manera (21) utilizó una concentración de plata coloidal de 25,6 ppm generando excelentes resultados en la recuperación de aguas del canal de regadío de Chuquitanta, reduciendo a gran escala la turbidez, DQO, DBO₅, metales como Cd, Mn y Coliformes totales.

Para determinar la temperatura óptima de cocción del filtro cerámico en la purificación de un acuífero en el distrito de Chilca, Huancayo - 2022, se trabajó con

tres temperaturas siendo ellas de 850°C, 900°C y 950 °C. Se observó que a una temperatura de 950°C se logró cumplir en su totalidad con los LMA de la NTG 29001 por lo que se afirma que a una temperatura de 950°C se obtiene un filtro cerámico más eficiente. Esto se debe a que cuando la temperatura de calcinación aumenta la red cristalina del filtro cerámico se acerca y cuando se llega a la temperatura máxima, éste reduce el tamaño y su distribución de poros lo cual ayuda a una mejor retención de contaminantes (22). En el trabajo de investigación (9), se elaboró filtros cerámicos a una temperatura de 900° C obteniendo como resultado que Los parámetros de calidad del agua potable deseados se lograron mediante la eliminación potencial de nitrito (98,5%), nitrato (80,5%), sólidos disueltos totales (62%), dureza total (55%), contaminantes orgánicos totales (89%) y microorganismos patógenos (100%) utilizando filtros cerámicos de corta duración. De igual manera (22) trabajo con temperaturas desde 900°C hasta 1100°C obtuvo un filtro cerámico que presentó una buena dureza, lo que le proporciona durabilidad en contacto con el agua a tratarse además que obtuvo una dureza total de 315 mg/L, 23,78 mg/L de cloruros, una conductividad de 617,5 uS/cm, 370,5 mg/L de sólidos disueltos totales, un pH de 7,68, 5,65 mg/L de oxígeno disuelto y 3,45 NTU de turbidez, en el agua después del tratamiento.

Finalmente se evaluó la eficiencia de un filtro cerámico bañado con plata coloidal en la purificación de un acuífero en el distrito de Chilca, Huancayo – 2022 obteniendo con el tercer tratamiento (filtro cerámico bañado con plata coloidal) una reducción máxima de dureza de hasta 97,8 mg/L, de sólidos disueltos totales de 182mg/L y un pH final de 7,42; la reducción de pH se debe a la interacción entre la superficie cargada negativamente de la arcilla y los cationes en el agua. Los iones de la estructura de la arcilla pueden ser reemplazados por otros que podrían cambiar el pH del agua en contacto con los poros del filtro cerámico (22). Con respecto a los sólidos disueltos totales, su reducción se debe a que el agua pura tiene muy poca conductividad, por lo que la medida de la conductividad de un agua nos da una idea de los sólidos disueltos en la misma. La conductividad eléctrica está directamente relacionada con la cantidad de iones presentes en una solución dada, la reducción se puede explicar debido a que el componente arcilloso de los filtros cerámicos (bentonita) tiene gran capacidad de intercambio catiónico (22). Por último, la disminución de la dureza se debe a la reducción de átomos de Ca y Mg debido a la interacción de iones plata con estos mismos (37). En la investigación (17) se utilizaron filtros cerámicos bañados con

plata coloidal obteniendo resultados favorables y evidenciaron que el filtro mejoró la temperatura en 2 °C, favoreció el aumento el pH en 0,15 unidades, ayudó a disminuir de 1979,44 mg/L a 1333,55 mg/L los sólidos disueltos totales (disminuyendo el nivel de turbiedad del agua), y los coliformes totales y *Escherichia coli* (E.C) (17) demostrando así que los filtros cerámicos son efectivos en la mejora de calidad de agua. De igual manera (22), trabajo con filtros cerámicos bañados con plata coloidal donde se obtuvo como resultados una dureza total de 315 mg/L, 23,78 mg/L de cloruros, una conductividad de 617,5 uS/cm, 370,5 mg/L de sólidos disueltos totales, un pH de 7,68, 5,65 mg/L de oxígeno disuelto y 3,45 NTU de turbidez, en el agua después del tratamiento, valores que no sobrepasan los ECAs.

Así mismo el haber logrado remover satisfactoriamente la dureza y sólidos disueltos se debe a la presencia de los agregados de Ag^+ los cuales se distribuyeron uniformemente en la matriz porosa del filtro, dicha superficie al entrar en contacto con el agua con elevada dureza debido a los compuestos de calcio y magnesio ocasiona que se lleven a cabo reacciones en las cuales el Ag^+ adherida sobre el filtro reaccione con el Ca y Mg ocasionado precipitados dejando libres a estos dos compuestos en forma de hidróxidos y óxidos los cuales a través de un intercambio iónico en la superficie de la cerámica son adsorbidas. Esto se debe a que los cationes centrales en la estructura de la arcilla con mayor carga suelen remplazarse con una carga menor, como magnesio y calcio, dejando de esta manera una carga neta negativa llevándose así la adsorción. Además, en el caso de los sólidos disueltos totales se debe a que los filtros evitan el paso de estos debido a la porosidad del material, también se sabe que se realiza un proceso antibacteriano ya que en un área inerte exhibe una fuerte reacción catalítica con el oxígeno, lo cual resulta en una fuerte actividad bactericida pues reacciona con el grupo Tiol de las células bacterianas causando cambios en su estructura de su membrana y a la misma vez interactuando con los ácidos nucleicos logrando inhibirlas.

CONCLUSIONES

- La concentración de los parámetros fisicoquímicos de un acuífero fue 305 mg/L de dureza, 590 mg/L de sólidos disueltos totales y un pH de 6,68; siendo valores que sobrepasan y están fuera de los LMA de la NTG 29001.
- El filtro cerámico bañado con plata coloidal a un nivel bajo (-1) elaborado a 850 °C, concentración de plata coloidal de 5 ppm y proporción de materiales 50% arcilla -17% aserrín - 33% agua (7 kg de arcilla, 1,2 kg de aserrín y 3 L de agua) logró una remoción de 20,46% y 35,59% para dureza y sólidos disueltos totales respectivamente, asimismo se obtuvo un pH de 6,88 de los cuales solo los sólidos disueltos totales cumplen con la NTG 29001 para agua de acuífero.
- El filtro cerámico bañado con plata coloidal a un nivel medio (0) elaborado a una temperatura de 900 °C, concentración de plata coloidal de 10 ppm y proporción de materiales 60% arcilla -12% aserrín - 28% agua (8,4 kg de arcilla, 0,85 kg de aserrín y 2,55 L de agua) logró una remoción de 20,46% y 35,59% para dureza y sólidos disueltos totales respectivamente, asimismo se obtuvo un pH de 6,88 de los cuales ningún parámetro logró cumplir con la NTG 29001 para agua de acuífero.
- El filtro cerámico bañado con plata coloidal a un nivel alto (+1) elaborado a una temperatura de 950 °C, concentración de plata coloidal de 20 ppm y proporción de materiales 70% arcilla -8% aserrín - 22% agua (9,8 kg de arcilla, 0,56 kg de aserrín y 2,1 L de agua) logró una remoción de 67,93% y 69,15% para dureza y sólidos disueltos totales respectivamente, asimismo se obtuvo un pH de 7,42, observando que todos los parámetros lograron cumplir con la NTG 29001 para agua de acuífero.
- Se analizó la eficiencia de un filtro cerámico bañado con plata coloidal en la purificación de un acuífero en el distrito de Chilca, Huancayo – 2022 obteniendo que los mejores resultados de dureza, sólidos disueltos totales y pH fueron con el filtro cerámico bañado con plata coloidal a un nivel alto (+1) de porcentaje de material (70% arcilla -8% aserrín - 22% agua), plata coloidal (20 ppm) y temperatura (950°C) Además, se determinó que estos parámetros cumplen con los LMA de la NTG 29001 encontrándose dentro de los límites establecidos.

RECOMENDACIONES

- Realizar un estudio de los parámetros microbiológicos obtenidos, luego del tratamiento de agua con filtros cerámicos
- Estudiar los factores ambientales que pueden afectar el proceso para la realización del filtro.
- Realizar pruebas de purificación de aguas con los filtros obtenidos, teniendo en cuenta los parámetros de calidad de agua de consumo humano según las normas nacionales vigentes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) FARROW, C, E MCBEAN, G HUANG, AL YANG, Y C WU, Z LIU, ZN DAI, HY FU, T CAWTE a YP LI. Las bacterias de agua potable en Longhai, provincia de Fujian, China. 2018, **32**(2), 63–68.
- (2) OMS a UNICEF. *Progreso en agua potable, saneamiento e higiene* [online]. 2017. ISBN 9789241512893. Dostupné z: doi: 10.1371/journal.pone.0164800
- (3) INEI. *Perú: formas de acceso a agua y saneamiento básico* [online]. 2018. Dostupné z: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/boletin_agua_y_saneamiento.pdf
- (4) MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE HUANCAYO. *Plan Vial Provincial Participativo de Huancayo 2012-2021*. 2012.
- (5) MATHIAS, Ana Cecilia. 11 % de la población no tiene agua potable y 17 % no cuenta con desagüe. *Correo*. 2018.
- (6) GUTIERREZ, Nely a Cristie LINARES. *Análisis microbiológico del agua en pozos artesanales en la ribera del “Rio Chillón”, distrito de Puente Piedra, en el año 2018*. B.m., 2018. b.n.
- (7) QUINTANILLA ROJAS, Stephanie Tania. Dinámica del nivel freático de aguas subterráneas por explotación artesanal con fines de consumo – Comunidad de Azapampa distrito de Chilca 2019. 2020, 143.
- (8) LANTAGNE, D S. Investigación de los filtros de cerámica impregnados con plata coloidal de alfareros de la Paz: Efectividad intrínseca y desempeño de campo en la Nicaragua rural [online]. 2001. Dostupné z: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitaless/Est/Lib1530/libro.pdf
- (9) SHIVARAJU, H. Puttaiah, Henok EGUMBO, P. MADHUSUDAN, K. M. ANIL KUMAR a G. MIDHUN. Preparation of affordable and multifunctional clay-based ceramic filter matrix for treatment of drinking water. *Environmental Technology (United Kingdom)* [online]. 2018, **0**(0), 1–11. ISSN 1479487X. Dostupné z: doi:10.1080/09593330.2018.1430853
- (10) FARROW, C., E. MCBEAN, G. HUANG, A. L. YANG, Y. C. WU, Z. LIU, Z. N. DAI, T. CAWTE a Y. P. LI. Ceramic Water Filters: A Point-of-Use Water Treatment Technology to Remove Bacteria from Drinking Water in Longhai City, Fujian Province, China. *Journal of Environmental Informatics* [online]. 2018, **32**(2), 63–68. ISSN 17262135. Dostupné z: doi:10.3808/jei.201800388
- (11) NNAJI, CC, BC AFANGIDEH a C EZEH. Performance Evaluation of Clay-Sawdust Composite Filter for Point of Use Water Treatment. *Nigerian Journal of Technology* [online]. 2016, **35** (4), 949. ISSN 0331-8443. Dostupné z: doi:10.4314/njt.v35i4.33
- (12) ROSITA, Widya, Ferdiansjah, Antonius Wisnu Yogha PAMUNGKAS a Tri Joko PRIHATIN. Indonesia’s Local Material Effect in Clay-Based Ceramic Filter Fabrication as an Alternative for Liquid Radioactive Waste Processing Material. *Materials Sciences and Applications* [online]. 2016, **07**(07), 371–379. ISSN 2153-

117X. Dostupné z: doi:10.4236/msa.2016.77033

- (13) THIEBAULT, T., M. BOUSSAFIR, R. GUÉGAN, C. LE MILBEAU a L. LE FORESTIER. Clayey-sand filter for the removal of pharmaceuticals from wastewater effluent: Percolation experiments. *Environmental Science: Water Research and Technology* [online]. 2016, **2**(3), 529–538. ISSN 20531419. Dostupné z: doi:10.1039/c6ew00034g
- (14) VAN DER LAAN, H., D. VAN HALEM, P. W M H SMEETS, A. I A SOPPE, J. KROESBERGEN, G. WUBBELS, J. NEDERSTIGT, I. GENSBURGER a S. G J HEIJMAN. Bacteria and virus removal effectiveness of ceramic pot filters with different silver applications in a long-term experiment. *Water Research* [online]. 2014, **51**, 47–54. ISSN 00431354. Dostupné z: doi:10.1016/j.watres.2013.11.010
- (15) ANNAN, Ebenezer, Benjamin AGYEI-TUFFOUR, Yaw Delali BENSAH, David Sasu KONADU, Abu YAYA, Boateng ONWONA-AGYEMAN a Emmanuel NYANKSON. Application of clay ceramics and nanotechnology in water treatment: A review. *Cogent Engineering* [online]. 2018, **5**(1), 1–35. ISSN 23311916. Dostupné z: doi:10.1080/23311916.2018.1476017
- (16) ERHUANGA, Ebele, Isah BOLAJI KASHIM a Tolulope LAWRENCE AKINBOGUN. Development of Ceramic Filters for Household Water Treatment in Nigeria. *Art and Design Review* [online]. 2014, **02**(01), 6–10. ISSN 2332-1997. Dostupné z: doi:10.4236/adr.2014.21002
- (17) SORIANO, Fanny. *Eficiencia del filtro de arcilla en la purificación del agua para consumo humano en Cajamarca*. B.m., 2014. b.n.
- (18) COCHACHIN MORALES, Juan Miguel. “Eficiencia Del Filtro a Base De Arcilla Y Plata Coloidal En La Potabilizacion De Agua, Medidas Por Pruebas Fisicoquimicas Y Microbiologicas En El Rio Casca Del Distrito De Independencia-Huaraz-Ancash” [online]. 2018, 140. Dostupné z: http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/2451/T033_45468726_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- (19) ORDOÑEZ, Marko a Saul GONZALES. Filtros de arcilla y residuos orgánicos revestidos con plata coloidal para potabilizar del agua en poblaciones rurales. *Dirección general de Investigación*. 2021, 1–93.
- (20) CORNELIO, Juan. Potabilización del agua de lluvia a través del filtro cerámico plata coloidal, para favorecer a la economía de los pobladores del centro poblado de la Quínuá-Pasco-2018. 2018.
- (21) MAYHUA, Yudi. “Eficiencia de filtros a diferentes concentraciones tipo 1 y 2 de arcilla, aserrín y plata coloidal en aguas del canal de regadío Chuquitanta para recuperar agua categoría 3”. *Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental* [online]. 2017, 1–5. Dostupné z: http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/13999/Mayhua_TYN.pdf?sequence=1&isAllowed=y%0Ahttp://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/18362/Peixoto_PEF.pdf?sequence=1&isAllowed=y&fbclid=IwAR0QfQkMW RrwpmbiRoQ99STBy6r2BevFdD-dSP_Wi5JEIshyNYe--
- (22) CRISTOBAL, Andrea Cristina a Esthefani Beatriz LAURA. Efecto De La Composición Y La Temperatura De Cocción En La Tasa De Filtración De Un

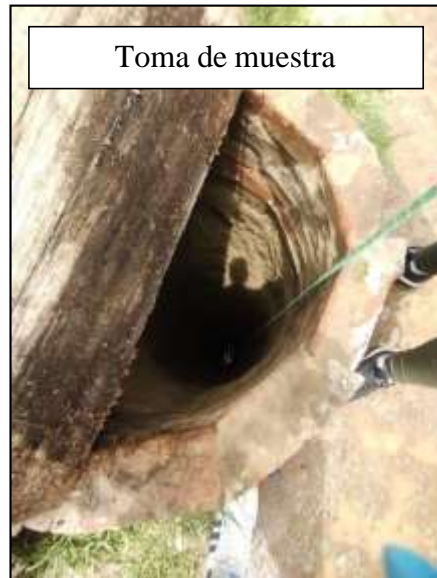
- Filtro Cerámico Para El Tratamiento De Agua De Consumo Humano. 2021, 1–190.
- (23) FLORES, Jhon. Procesamiento de aguas jabonosas para su reutilización con el sistema de filtro cerámico en viviendas. *Universidad Peruana Los Andes* [online]. 2019, 1–20. Dostupné z: <http://repositorio.upla.edu.pe/handle/UPLA/1592>
- (24) OMS. *Guías para la calidad del agua potable*. 2008. ISBN 92 4 154696 4.
- (25) ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. *Guía para mejorar la calidad del agua en el ámbito rural y pequeñas ciudades*. 2007.
- (26) CALSÍN, Katherine. CALIDAD FÍSICA, QUÍMICA Y BACTERIOLÓGICA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE CONSUMO HUMANO EN EL SECTOR DE TAPARACHI III DE LA CIUDAD DE JULIACA, PUNO - 2016. 2016, 1–64.
- (27) MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS. *Rocas y Minerales Industriales de Arequipa y Alrededores*. 2010.
- (28) UDDIN, Mohammad Kashif. A review on the adsorption of heavy metals by clay minerals, with special focus on the past decade. *Chemical Engineering Journal* [online]. 2017, 308, 438–462. ISSN 1385-8947. Dostupné z: doi: 10.1016/j.cej.2016.09.029
- (29) ZÁRATE ANCHANTE, Gisela Belén. Aplicación de las Arcillas en el tratamiento de Efluentes Electroquímicos. 2005.
- (30) MARK, Brown. Joseph. Effectiveness of ceramic filtration for drinking water treatment in cambodia. 2007.
- (31) HOLLADAY, Robert J., Herbert CHRISTENSEN a William MOELLER. Colloidal silver composition having antimicrobial properties. 2006, **2**(12).
- (32) RUSSELL, A D a W B HUGO. Antimicrobial Activity and Action of Silver. 1994, **31**.
- (33) TAMAYO, Mario Tamayo. *El Proceso de la Investigación Científica*. 2003. ISBN 9681858727.
- (34) AGUILAR, Sarai. Fórmulas para el cálculo de la muestra en investigaciones de salud. 2015.
- (35) ANA. *Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídrico*. 2016
- (36) COMISIÓN GUATEMALTECA DE NORMAS MINISTERIO DE ECONOMÍA. Norma técnica guatemalteca. 1995, (502).
- (37) ORELLANA, Jorge A. Tratamiento De Las Aguas. *Ingeniería Sanitaria- UTN - FRRO*. 2005, 1–123.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLE	METODOLOGIA
GENERAL	GENERAL	Ha	INDEPENDIENTE	METDO GENERAL
¿Cuál es la eficiencia de un filtro cerámico bañado con plata coloidal en la purificación de un acuífero en el distrito de Chilca, Huancayo - 2022?	Analizar la eficiencia de un filtro cerámico bañado con plata coloidal en la purificación de un acuífero en el distrito de Chilca, Huancayo - 2022.	El filtro cerámico bañado con plata coloidal influye significativamente en la purificación de un acuífero en el distrito de Chilca, Huancayo - 2022.	Filtro cerámico bañado con plata coloidal	Método científico: Hipotético deductivo
ESPECIFICOS	ESPECIFICOS	Ho	DEPENDIENTES	METODOS ESPECIFICOS
<ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuál es la concentración de los parámetros fisicoquímicos de un acuífero en el distrito de Chilca, Huancayo - 2022? • ¿Cuál es el efecto del filtro cerámico con niveles bajos de concentración de plata coloidal, porcentaje de material y temperatura en la purificación de un acuífero en el distrito de Chilca, Huancayo - 2022? • ¿Cuál es el efecto del filtro cerámico con niveles medios de concentración de plata coloidal, porcentaje de material y temperatura en la purificación de un acuífero en el distrito de Chilca, Huancayo - 2022? • ¿Cuál es el efecto del filtro cerámico bañado con niveles altos de concentración de plata coloidal, porcentaje de material y temperatura en la purificación de un acuífero en el distrito de Chilca, Huancayo - 2022? 	<ul style="list-style-type: none"> • Determinar la concentración de los parámetros fisicoquímicos de un acuífero en el distrito de Chilca, Huancayo - 2022. • Determinar el efecto del filtro cerámico con niveles bajos de concentración de plata coloidal, porcentaje de material y temperatura en la purificación de un acuífero en el distrito de Chilca, Huancayo - 2022. • Determinar el efecto del filtro cerámico con niveles medios de concentración de plata coloidal, porcentaje de material y temperatura en la purificación de un acuífero en el distrito de Chilca, Huancayo - 2022. • Determinar el efecto del filtro cerámico con niveles altos de concentración de plata coloidal, porcentaje de material y temperatura en la purificación de un acuífero en el distrito de Chilca, Huancayo - 2022. 	El filtro cerámico bañado con plata coloidal no influye significativamente en la purificación de un acuífero en el distrito de Chilca, Huancayo - 2022.	Calidad de agua del acuífero	Tipo de investigación: Aplicada Nivel de investigación: Descriptivo Diseño de investigación: Experimental

Anexo 2. Monitoreo del agua de acuífero



Anexo 3. Elaboración del molde de los filtros cerámicos



Anexo 4. Elaboración de los filtros cerámicos bañados con plata coloidal



Anexo 5. Reportes de laboratorio



INFORME DE ENSAYO N° 1-0001/23

Pág. 1/1

Solicitante : Estreisi Allison Zarate Gamarra
Domicilio legal : Av. Alfonso Ugarte N° 844 - Huaihuas
Proyecto : Análisis de la eficiencia de un filtro cerámico bañado con plata coloidal en la purificación de un acuífero en el distrito de Chilca, Huancayo - 2022
Muestra(s) Declarada(s) : Agua de pozo
Lugar de muestreo : Chilca
Cantidad de muestras para el Ensayo : 02 muestra x 1000 mL
Forma de Presentación : 02 Frasco de plástico
Fecha de Recepción : 30/12/22
Fecha de Inicio del Ensayo : 02/01/23
Fecha de Término del Ensayo : 03/01/23
Fecha de Emisión de Informe : 04/01/23
N° de Cotización de Servicio : _____



Código del cliente	Ensayo	Unidad	Resultados
E-00	pH	Unidades de pH	6.68
	Sólidos disueltos totales	mg/L	590.00
	Dureza	mg/L	305.00

- Lugar y condiciones ambientales del muestreo: Indicado por el cliente
- El cliente renuncia al derecho de la difirmincia

Método de Análisis:
 pH: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, D, 23rd Ed.2017. pH VALUE, Electrometric Method
 Sólidos disueltos: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540-C, 23rd Ed.2017, Total Dissolved Solids Dried at 180°C
 Dureza: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2340-C, 23rd Ed.2017, EDTA Titrimetric Method

Huancayo, 04 de enero de 2023

GRUPO JHACC S.A.C

Ing. Henry R. Ochoa León
 C.R.N° 124232
 JEFE DE LABORATORIO

*El informe de ensayo sólo es válido para las muestras referidas en el presente informe
 *Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita del LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTALES GRUPO JHACC
 *Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de la calidad de la entidad que lo produce.

LAA-GJ

Rev: 01

Jr. Santa Rosa N° 1361 - El Tambo, Huancayo - Perú Celular: 971 718825 - 954 416149 - 956 988682
 Correo: proyectos@grupojhacc.com / administracion@grupojhacc.com
 www.grupojhacc.com

INFORME DE ENSAYO N° 1-0003/23

Pág. 1/2

Solicitante : Estreisi Allison Zarate Gamarra
Domicilio legal : Av. Alfonso Ugarte N° 844 - Hualhuas
Proyecto : Análisis de la eficiencia de un filtro cerámico bañado con plata coloidal en la purificación de un acuífero en el distrito de Chilca, Huancayo - 2022
Muestra(s) Declarada(s) : Agua tratada
Lugar de muestreo :
Cantidad de muestras para el Ensayo : 15 muestra x 500 mL
Forma de Presentación : 15 Frasco de plástico
Fecha de Recepción : 05/01/23
Fecha de Inicio del Ensayo : 06/01/23
Fecha de Término del Ensayo : 09/01/23
Fecha de Emisión de Informe : 10/01/23
N° de Cotización de Servicio : _____



Código del cliente	Ensayo	Unidad	Resultados
E01R1	pH	Unidades de pH	6.89
	Sólidos disueltos totales	mg/L	380.00
	Dureza	mg/L	242.00
E02R1	pH	Unidades de pH	6.97
	Sólidos disueltos totales	mg/L	349.00
	Dureza	mg/L	198.00
E03R1	pH	Unidades de pH	7.41
	Sólidos disueltos totales	mg/L	180.00
	Dureza	mg/L	98.00
E01R2	pH	Unidades de pH	6.88
	Sólidos disueltos totales	mg/L	378.00
	Dureza	mg/L	239.00
E02R2	pH	Unidades de pH	6.99
	Sólidos disueltos totales	mg/L	355.00
	Dureza	mg/L	196.00
E03R2	pH	Unidades de pH	7.43
	Sólidos disueltos totales	mg/L	181.00
	Dureza	mg/L	99.00
E01R3	pH	Unidades de pH	6.89
	Sólidos disueltos totales	mg/L	381.00
	Dureza	mg/L	245.00
E02R3	pH	Unidades de pH	6.98
	Sólidos disueltos totales	mg/L	353.00
	Dureza	mg/L	201.00
E03R3	pH	Unidades de pH	7.40
	Sólidos disueltos totales	mg/L	182.00
	Dureza	mg/L	97.00

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

Código del cliente	Ensayo	Unidad	Resultados
E01R4	pH	Unidades de pH	6.88
	Sólidos disueltos totales	mg/L	380.00
	Dureza	mg/L	246.00
E02R4	pH	Unidades de pH	6.99
	Sólidos disueltos totales	mg/L	351.00
	Dureza	mg/L	199.00
E03R4	pH	Unidades de pH	7.43
	Sólidos disueltos totales	mg/L	182.00
	Dureza	mg/L	98.00
E01R5	pH	Unidades de pH	6.86
	Sólidos disueltos totales	mg/L	379.00
	Dureza	mg/L	241.00
E02R5	pH	Unidades de pH	6.98
	Sólidos disueltos totales	mg/L	353.00
	Dureza	mg/L	196.00
E03R5	pH	Unidades de pH	7.41
	Sólidos disueltos totales	mg/L	184.00
	Dureza	mg/L	97.00

• Lugar y condiciones ambientales del muestreo: Indicado por el cliente

• El cliente renuncia al derecho de la dimensión

Método de Análisis:

pH: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, D, 23rd Ed.2017, pH VALUE, Electrometric Method

Sólidos disueltos: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540-G, 23rd Ed.2017, Total Dissolved Solids Dried at 180°C

Dureza: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2340-C, 23rd Ed.2017, EDTA Titrimetric Method

Huancayo, 04 de enero de 2023

 **GRUPO JHACC S.A.C.**
Ing. Henry R. Ochoa León
CIP N° 124232
JEFE DE LABORATORIO

*El informe de ensayo sólo es válido para las muestras referidas en el presente informe

*Prohibida la reproducción total o parcial de este Informe, sin la autorización escrita del LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTALES GRUPO JHACC

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

LAA-GJ

Rev: 01