

**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental**



*Una Institución Adventista*

**Eficiencia de filtro de cerámica con plata coloidal en el  
tratamiento de agua de cisterna para el consumo humano**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

**Autor:**

Lizet Deysi Porras Pizarro  
Nady Sadith Lumba Idrogo

**Asesor:**

Mag. Joel Hugo Fernandez Rojas

Lima, abril de 2022

## DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DE TESIS

Mg. Ing. Joel Hugo Fernandez Rojas, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: **“Eficiencia del filtro de cerámica con plata coloidal en el tratamiento de agua de cisterna para el consumo humano”** constituye la memoria que presenta el (la) / los Bachiller(es) Lizet Deysi Porras Pizarro y Nady Sadith Lumba Idrogo para obtener el título de Profesional de Ingeniero Ambiental, cuya tesis ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en la ciudad de Lima, a los 21 días del mes de abril del año 2021.



---

Joel Hugo Fernández Rojas

## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Lima, Ñaña, Villa Unión, a los 22 días día(s) del mes de abril del año 2022 siendo las 08:30 horas, se reunieron en modalidad virtual u online sincrónica, bajo la dirección del Señor Presidente del jurado: **Mg. Milda Amparo Cruz Huaranga**, el secretario: **Ing. Orlando Alan Poma Porras**, y los demás miembros: **Mg. Iliana Del Carmen Gutiérrez Rodríguez e. Ing. Cesar Asbel Aranda Castillo** y el asesor, **Mg. Joel Hugo Fernández Rojas**, con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulada: "Eficiencia del filtro de cerámica con plata coloidal en el tratamiento de agua de cisterna para el consumo humano"

de el(los)/la(las) bachiller/es: a) **NADY SADITH LUMBA IDROGO** b) **LIZET DEYSI PORRAS PIZARRO**

conducente a la obtención del título profesional de **INGENIERO AMBIENTAL**

(Nombre del Título profesional)

con mención en.....

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (los)/a(la)(las) candidato(a)/s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por el(los)/la(las) candidato(a)/s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Candidato (a): ..... **NADY SADITH LUMBA IDROGO** .....

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<b>APROBADO</b>	<b>17</b>	<b>B+</b>	<b>MUY BUENO</b>	<b>SOBRESALIENTE</b>

Candidato (b): ..... **LIZET DEYSI PORRAS PIZARRO** .....

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<b>APROBADO</b>	<b>17</b>	<b>B+</b>	<b>MUY BUENO</b>	<b>SOBRESALIENTE</b>

(\*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al(los)/a(la)(las) candidato(a)/s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

Presidente  
Mg. Milda Amparo  
Cruz Huaranga



Secretario  
Ing. Orlando Alan  
Poma Porras



Asesor  
Mg. Joel Hugo  
Fernández Rojas

Miembro  
Mg. Iliana del Carmen  
Gutiérrez Rodríguez

Miembro  
Ing. Cesar Asbel  
Aranda Castillo



Candidato/a (a)  
Nady Sadith Lumba  
Idrogo



Candidato/a (b)  
Lizet Deysi Porras  
Pizarro

# EFICIENCIA DEL FILTRO DE CERÁMICA CON PLATA COLOIDAL EN EL TRATAMIENTO DE AGUA DE CISTERNA PARA EL CONSUMO HUMANO

Lizet Deysi Porras Pizarro, Nady Sadith Lumba Idrogo<sup>2</sup>, Joel Hugo Fernández Rojas<sup>3</sup>

*Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Peruana Unión, Perú*

---

## Resumen

El objetivo de esta investigación fue 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 se obtuvo ( 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. La mejor acción significativa lo obtuvo 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.

Palabras clave: Tratamiento, Plata coloidal, Agua, Eficiencia, Filtro de Arcilla, Remoción

---

## Abstract

The objective of this research was to evaluate the efficiency of filters with 3 types of ceramics with colloidal silver in the treatment of cistern water for human consumption in the town of Carapongo, Lurigancho-Chosica. Statistical analysis was performed with the R software for a completely randomized experimental design (DCA), with a constant factor (colloidal silver), for 3 different treatments (clays) and with 3 repetitions. The results obtained from the parameters analyzed were obtained (Temperature: Acasa 29.10 °C, Acomercial 29.13 °C and Aroja 27.9 °C; Turbidity: Acasa 75.40 UNT, Acomercial 75.40 UNT and Aroja 83.60 UNT in removal; Total Dissolved Solids: Acasa 92.04 % removal, Acomercial 92.04% removal and Aroja 92.66% removal; pH: Acasa 6.5, Acomercial 6.5, Aroja 6.6; Total Coliforms: Acasa 99% removal, Acomercial 100% removal and Aroja 100% removal; Thermo-tolerant Coliforms: Acasa 98% removal, Acomercial 100% removal and Aroja 100 removal) a dose of 20 ppm colloidal silver was used for the study. The best significant action was obtained by red clay, unlike the other home and commercial clays that had low efficiency, considered in most of the parameters studied.

Keywords: Treatment, Colloidal Silver, Water, Efficiency, Clay Filter, Removal

## INTRODUCCIÓN

Según el Banco Mundial, más de mil millones de habitantes en todo el mundo no disponen con suministros de agua para consumo humano y otros mil setecientos millones carecen de saneamiento adecuado; además el programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) evalúa que para el año 2027, alrededor de un tercio de la población en el mundo sufriría una gran escasez de agua potable (Pérez Vidal et al., 2014) (Cochachin, 2018).

El suministro de agua potable trae mejores condiciones de salud pública, desarrollo cultural, promoción de la economía local, dignidad profesional, bienestar general y mayor calidad de vida a la comunidad (Lumba et al., 2019). Cuando la población no cuenta con las condiciones es necesario obtener suficiente cantidad y calidad de agua para experimentar el panorama completamente diferente al original; actualmente hay cientos de familias viviendo en esta condición, donde no hay suficientes medios. La razón de este problema proviene del abandono y mal abastecimiento de fuentes de agua en el país (Gómez, 2018).

En América Latina, cerca de 77 millones de personas (15%) no tienen acceso a los servicios de agua potable, de los cuales 26 millones (7%) corresponden a áreas urbanas, 51 millones (39%) corresponden a regiones Zonas rurales (Delgado, 2021). Además, hay casi 54 millones de personas (11%) proporcionadas a través de un sistema definido como "fácil acceso", donde la mayoría de los casos, representa un riesgo importante para la salud (Soriano y De la Torre, 2014).

En el Perú entre mayo (2019) a abril (2020), el 9.2% de la población total del país no tiene acceso al agua a través de la red pública, es decir, se abastece de agua por otros medios: camiones cisterna (1,2%), pozos de agua (1,6%), ríos, acequia, manantiales (3,5%) y otros (2,8%) (Costa et al., 2020).

En la localidad de Carapongo, la población presenta falta de red de agua potable (Guzmán, 2019). En consecuencia, las personas que no acceden al servicio domiciliario, tienen que usar el agua de manera racional; es decir, limitando el aseo personal, el aseo de sus viviendas y prendas de vestir, así como su consumo (Miranda, 2020).

Por tal motivo, en la presente investigación se evaluó la eficiencia de filtro de cerámica con plata coloidal en el tratamiento de agua de cisterna a fin de contribuir en el mejoramiento de la calidad del agua en la localidad de Carapongo- Lurigancho Chosica

## METODOLOGÍA

### Lugar de Estudio

El proyecto está situado en la Urb. San Antonio de Carapongo en el distrito de Lurigancho-Chosica (Figura 1) esta corresponde a una zona con clima seco-templado según los métodos de Thornthwaite, con una latitud de -12,0036 y longitud de -76, 8779.

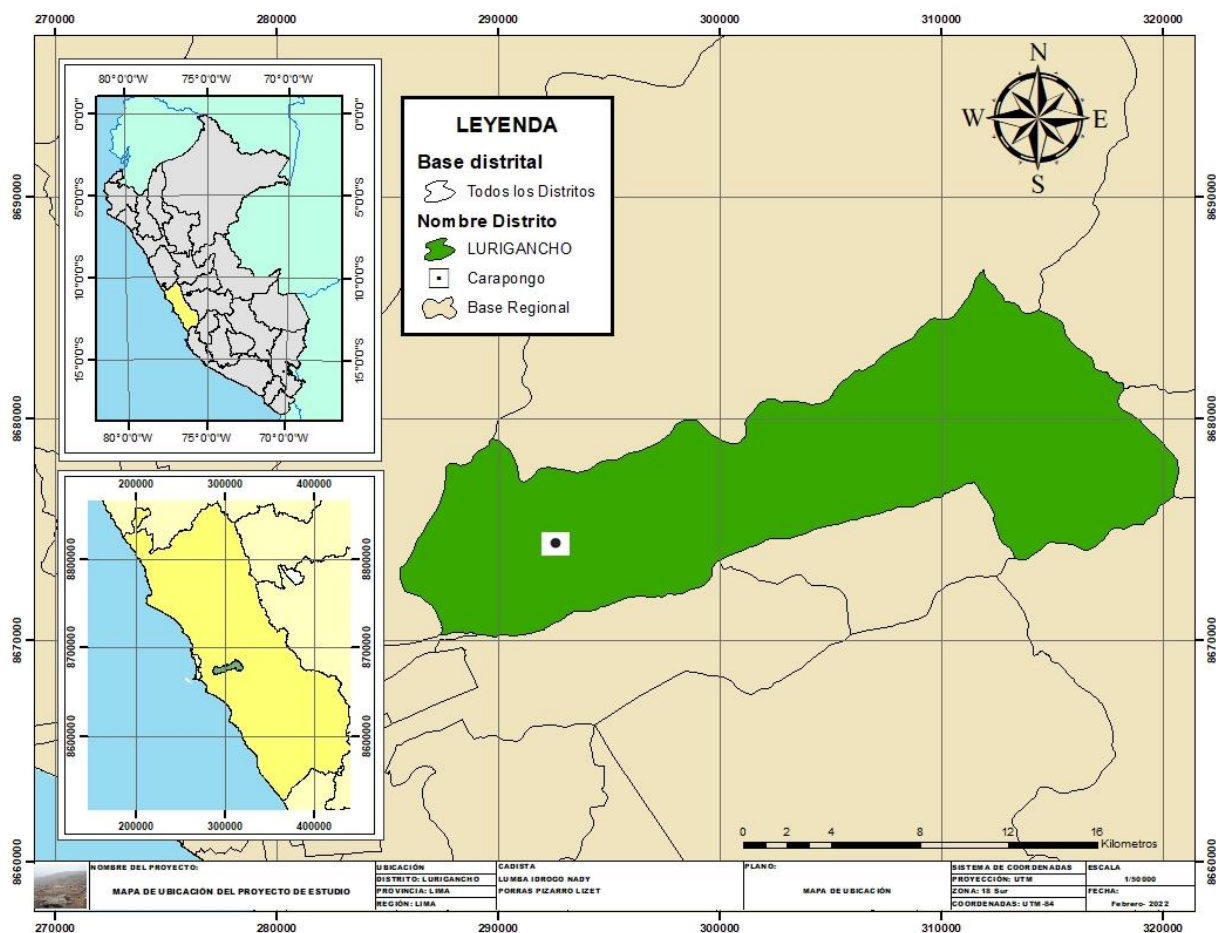


Figura 1. Mapa de Ubicación

### Diseño Metodológico

Según (Gómez, 2018) para la obtención de resultados fiables dentro de la investigación se requiere de establecimientos de parámetros técnicos y científicos, suministrar materiales de fácil procesamiento e interpretación. Conforma las siguientes fases:

- Fase inicial: La investigación da inicio con la elaboración del filtro, después se obtiene la plata coloidal que según (Lerma, 2012) menciona que la aplicación de esta no afecta la tasa de filtración, ni el pH, así también la inactivación bacterial al 100%.

- Fase intermedia: Luego de la elaboración de los filtros, habiendo investigando las opciones y formas de fabricación de estas, se procede al revestimiento del filtro con plata coloidal. Se concreta esta fase con la toma y análisis de muestra de agua en el punto, con una latitud de -12,0036 y longitud de -76, 8779. identificados para el proyecto. Las variables o parámetros a evaluar en el laboratorio serán de mayor relevancia para determinar la calidad de agua según la normativa peruana (D.S. N° 031-2010-SA) (Abarca, 2021), como temperatura, pH, turbidez, sólidos disueltos totales, coliformes totales y coliformes termo tolerantes.
- Fase final: Los resultados se analizarán por medio de una comparación gráfica y estadística de las muestras independientes utilizando el software R.

### **1. Diseño muestral**

Se extraerá 10 litros de cada unidad experimental que vendrían a ser los filtros elaborados con arcilla, aserrín y plata coloidal; para determinar la eficiencia del filtro de cerámica en el tratamiento de agua de cisterna, donde se realizó los análisis y parámetros para la investigación de la calidad del agua en la localidad de Carapongo.

### **2. Técnicas de Recolección de Datos**

El diseño metodológico del filtro de arcilla y plata coloidal se realizó un estudio de investigación a la población seleccionada, posteriormente se toma muestras de agua (10 litros) y se hace uso de las técnicas e instrumentos de recolección de datos (Cornelio, 2018):

#### ● Técnicas

Observación, captación de la muestra, exportación de plata coloidal, fabricación de filtro cerámico, y resultados de monitoreo.

#### ● Instrumentos

Ficha de procedimiento de fabricación del filtro cerámico, resultados de monitoreo del filtro con plata coloidal, resultados de la comparación con la normativa actual del agua potable.

#### ● Fases de recolección de datos

Observación del campo de estudio, identificación de la zona del proyecto situada en San Antonio de Carapongo, donde consiste en tres etapas: preliminar de gabinete, campo y final de gabinete.

#### ● Análisis de datos

Revisión de material recolectado, establecimiento de plan de trabajo inicial, codificación textual de los datos, análisis e interpretación de datos, descripción del contexto, establecimiento de resultados, conclusión y recomendaciones.

#### ● Área de estudios

Terrazas de Carapongo se encuentra situada en el distrito de Lurigancho-Chosica y corresponde a una zona con clima seco-templado según los métodos de Thornthwaite.

#### ● Recursos

El filtro de arcilla y plata coloidal se elabora con materiales económicos y ecológicos como la arcilla y el aserrín, se incluye componentes tales como: tapadera del recipiente(balde), los cuales pueden estar elaborados de base de plástico, cerámica o barro, además se añade una llave plástica y una unidad filtrante que se obtiene de la combinación de barro, aserrín y agua (Arteaga, 2018).



Figura 2. Materiales de composición del filtro

A continuación, se muestra el diagrama del proceso de la investigación:

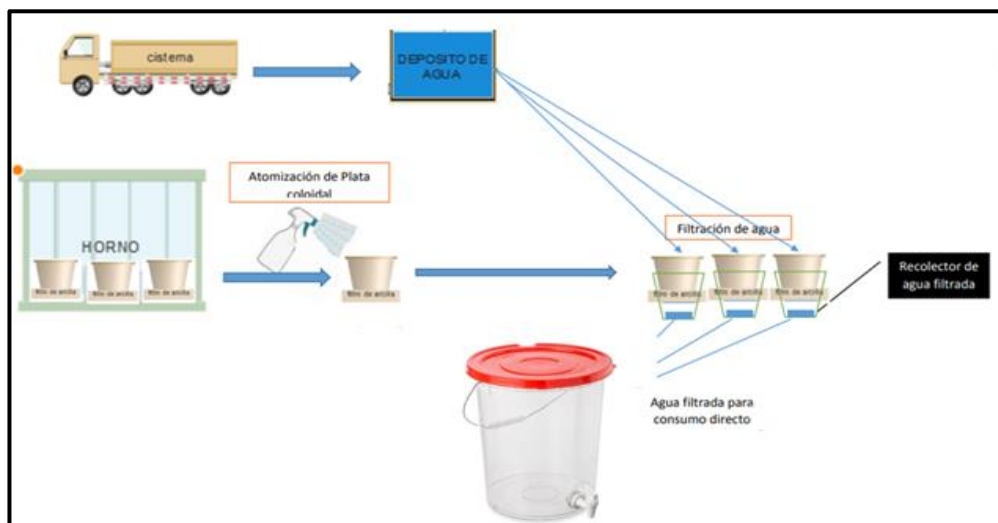


Figura 3. Diagrama de Proyecto de Investigación

### 3. Técnicas Estadísticas para el Procesamiento de la Información

La investigación es experimental, sobre una o más variables dependientes. Para este estudio se realizó un filtro a base de Arcilla, Aserrín y Plata Coloidal de muy bajo costo, obteniendo como



resultado agua para consumo humano, a su vez disminuir la turbidez, la retención de bacterias y desinfección.

Para este estudio se usó el Software libre R. El análisis aplicado es el diseño experimental completamente aleatorizado (DCA), se realizó con un solo factor constante (plata coloidal), con 3 diferentes tratamientos (arcillas), el cual se varía en diferentes tipos y con 3 repeticiones asimismo se considerará las condiciones de estudio de la data.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Determinación de los Parámetros Físicoquímicos y Microbiológicos

#### Análisis de varianza para la Temperatura

Prueba de Hipótesis:

Ho: Las Acasa, Acomercial, Aroja y SinT no tiene efecto en la Temperatura

Ha: Los Acasa, Acomercial, Aroja y SinT si tiene efecto en la Temperatura

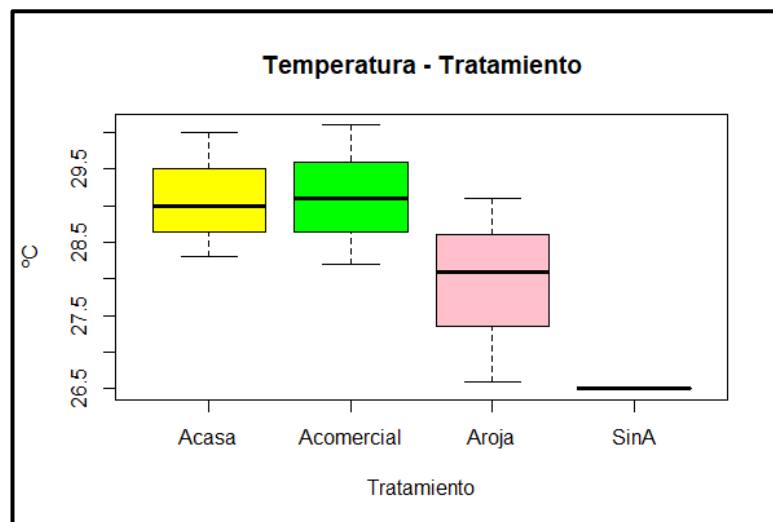


Figura 4. Comportamiento de la temperatura respecto al filtros de arcilla

El análisis de varianza ANOVA nos ha dado como resultado que el p-value de los tratamientos = 0.0342 y es < que 0.05 por lo tanto, nos indican que los tratamientos tienen un efecto significativo en la temperatura, lo que quiere decir que los tratamientos modifican la temperatura del agua durante el proceso.

También en el test de normalidad - Shapiro Wilk el p-value = 0.671 es mayor a 0.05 entonces afirmamos con una confiabilidad del 95% que los datos tienen una distribución normal.

Por otro lado, el  $p\text{-value} = 0.59135$  del test de homogeneidad de varianza es mayor a 0.05 entonces afirmamos con una confiabilidad del 95% que las varianzas son homogéneas.

**Comparación de Medias por el Test LSD (Least significant difference - Diferencia menos Significativa) de Fisher**

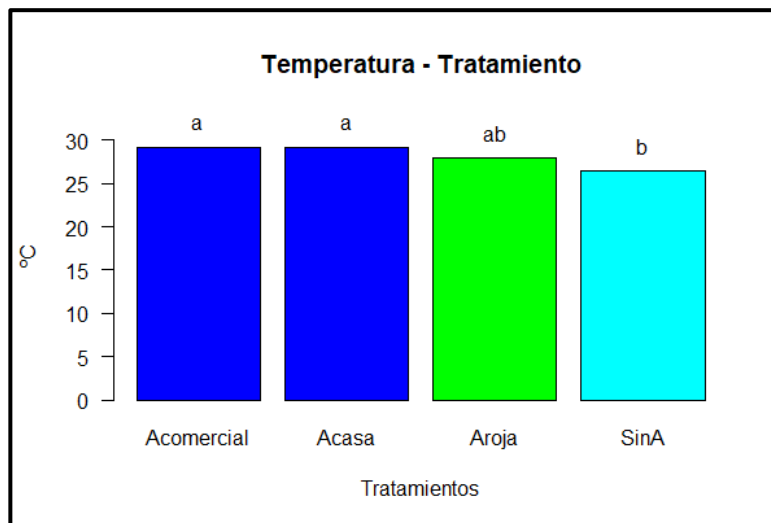


Figura 5. Comparación de la Temperatura de los diferentes tipos de Arcilla

Según método de la diferencia menos significativa LSD de Fisher al 95%, para la eficiencia del filtro de cerámica, la arcilla que tuvo mayor efecto en el tratamiento fue: la comercial con una temperatura de 29.13 °C, está se diferenció de las demás porque no hace variar la temperatura en comparación con las otras fueron de 29.10 °C y 27.9 °C donde tienen menor acción sobre la temperatura.

Comparación de la Temperatura en los diferentes filtros de arcilla (A. comercial, A. casa y A. roja) con el Reglamento de la calidad de agua para consumo humano D.S. 031-2010.

Tabla 1. Valor de la temperatura según el D.S. 031-2010

Parámetro	Unidad de medida	Valor
Temperatura D.S.	°C	$\Delta 3$

En la tabla 1, se muestra el valor de la temperatura según el D.S. 031-2010. Para este estudio se obtuvo de la muestra del Análisis de Agua (pre) sin ningún tratamiento, una Temperatura de: 26.5°C, a diferencia de la muestra del Análisis de Agua (post) se obtuvo una Temperatura de: 27.9 °C, utilizando la arcilla roja, finalmente comparando con la Norma nos indica que la Temperatura está dentro del Rango establecido de  $\Delta 3$ .

Según (Cochachin, 2018) en su investigación menciona que en las muestras como resultados de las cinco casas evaluadas en el distrito de Independencia-Huaraz-Ancash, demostraron que el filtro reduce la variable temperatura en 2°C. Para (Cornelio, 2018) que entre los resultados obtenidos de la investigación con los filtros de arcilla demuestran que hay un descenso de temperatura.

## Análisis de varianza para la Turbiedad

### Prueba de Hipótesis:

Ho: Las Acasa, Acomercial y Aroja no tiene efecto en la Turbiedad

Ha: Las Acasa, Acomercial y Aroja si tiene efecto en la Turbiedad

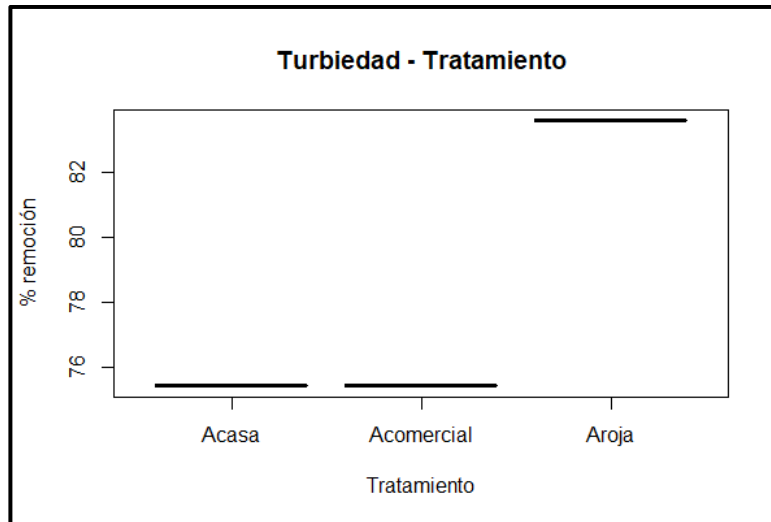


Figura 6. Comportamiento de la turbiedad respecto a los filtros de arcilla.

El análisis de varianza ANOVA para la turbiedad, nos ha dado como resultado que el p-value de los tratamientos es  $2e-16 = 2 \cdot 10^{-16}$  y es  $<$  que 0.05 por lo tanto decimos que los tratamientos tienen un efecto significativo en la remoción de la Turbiedad.

También en el test de normalidad - Shapiro Wilk el p-value = 0.8995 es mayor a 0.05 entonces afirmamos con una confiabilidad del 95% que los datos tienen una distribución normal.

Por otro lado, el p-value = 0.71024 del test de homogeneidad de varianza es mayor a 0.05 entonces afirmamos con una confiabilidad del 95% que las varianzas son homogéneas.

### Comparación de Medias por el Test LSD de Fisher

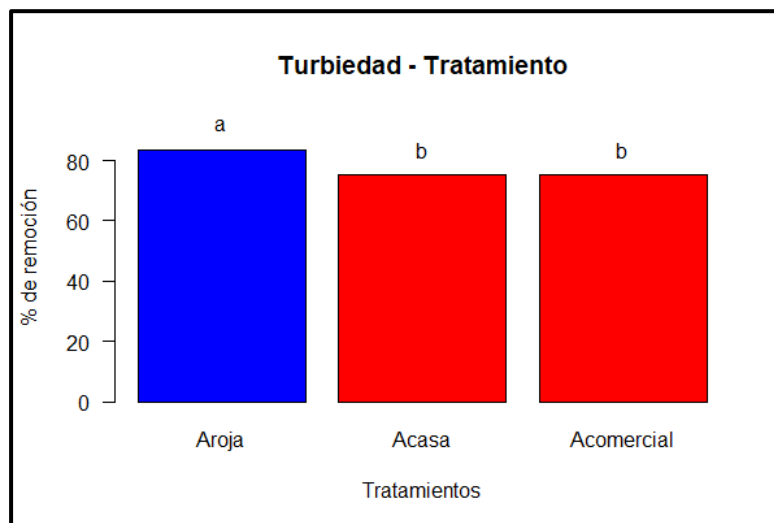


Figura 7. Comparación de la Turbiedad de los diferentes tipos de Arcilla  
Según la prueba de comparación por el test LSD de Fisher al 95%, para la eficiencia del filtro de arcilla, la más óptima del tratamiento fue: la arcilla roja removió 83.60 % de turbiedad, a diferencia de las demás arcillas que removieron un 75.40%.

Comparación de la turbiedad o remoción en los diferentes filtros de arcilla (A. comercial, A. casa y A. roja) con el Reglamento de la calidad de agua para consumo humano D.S. 031-2010.

Tabla 2. Valor de la turbiedad según el D.S. 031-2010

Parámetro	Unidad de medida	Valor
Turbiedad	UNT	5

En la tabla 2, se presenta la valorización de la turbiedad según el D.S. 031-2010. Se obtuvo de la muestra del Análisis de Agua (pre) una Turbiedad de: 1.22 UNT sin ningún tratamiento a diferencia de la muestra del Análisis de Agua (post) que se obtuvo una Turbiedad de: 0.53 UNT, utilizando la arcilla roja, comparando con la Norma nos indica que la Turbiedad está dentro del Rango establecido de 5 UNT.

Según (Pérez et al., 2021) mencionan que los filtros de cerámica impregnados con plata coloidal han sido empleados con éxito para la remoción de turbidez, y como resultado de investigación fue de 3.1 NTU inferior a 5 NTU que fue el valor inicialmente establecido en la metodología. Para (Ekpunobi et al., 2019) en su investigación “Evaluación de las mezclas de arcilla, diatomita y aserrín para la producción de filtros de olla de cerámica para intervenciones de tratamiento de agua utilizando materiales de origen local” demostró remociones favorables en términos de turbidez.

### Análisis de varianza para los Sólidos Totales Disueltos (SDT)

#### Prueba de Hipótesis:

Ho: Las Acasa, Acomercial y Aroja no tiene efecto en los Sólidos Totales Disueltos.

Ha: Las Acasa, Acomercial y Aroja si tiene efecto en los Sólidos Totales Disueltos.

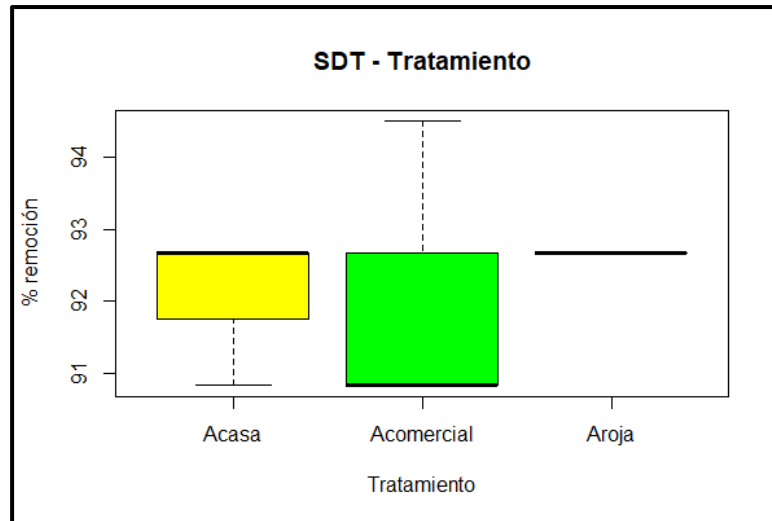


Figura 8. Comportamiento de los SDT respecto a los filtros de arcilla

El análisis de varianza ANOVA nos ha dado como resultado que el p-value de los tratamientos = 0.790 es  $>$  a 0.05 por lo tanto decimos que todos los tratamientos son estadísticamente igual con cualquier arcilla.

También en el test de normalidad - Shapiro Wilk el p-value = 0.3267 y es mayor a 0.05 entonces afirmamos con una confiabilidad del 95% que los datos tienen una distribución normal.

Por otro lado, el p-value = 0.38881 del test de homogeneidad de varianza es mayor a 0.05 entonces afirmamos con una confiabilidad del 95% que las varianzas son homogéneas.

**Comparación de Medias por el Test LSD de Fisher**

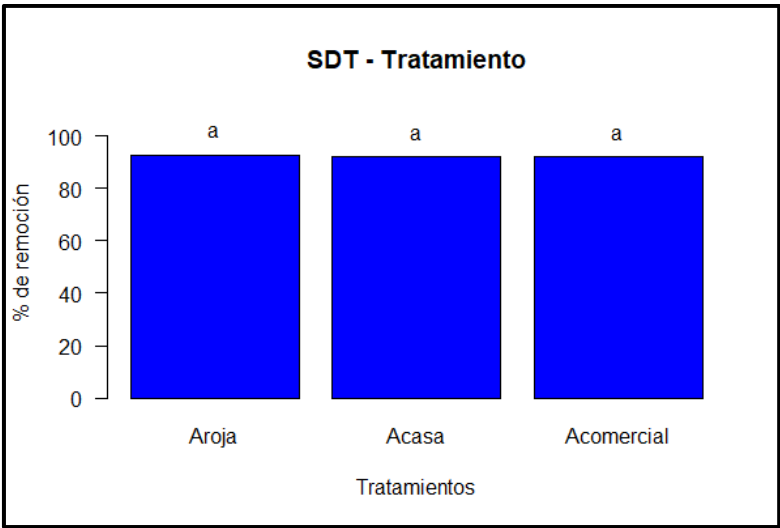


Figura 9. Comparación de los SDT de los diferentes tipos de Arcilla

Según el test LSD de Fisher al 95%, para la eficiencia del filtro de arcilla, la más óptima del tratamiento fue: la arcilla roja con una remoción de 92.66 %, se diferenció de las demás arcillas por su remoción en 92.04%.

Comparación de los SDT en los diferentes filtros de arcilla (A. comercial, A. casa y A. roja) con el Reglamento de la calidad de agua para consumo humano D.S. 031-2010.

Tabla 3. Valor de la turbiedad según el D.S. 031-2010

Parámetro	Unidad de medida	Valor
SDT	Mg/L	1000

En la tabla 3, se presenta la valorización de los SDT según el D.S. 031-2010. Se obtuvo de la muestra del Análisis de Agua (pre) una cantidad de SDT de: 54.5 Mg/L sin ningún tratamiento a diferencia de la muestra del Análisis de Agua (post) que se obtuvo una Turbiedad de: 9.33 Mg/L, utilizando la arcilla roja, comparando con la Norma nos indica que la Turbiedad está dentro del Rango establecido de 1000 Mg/L.

Según (Nnaji et al., 2016) menciona que en general, se encontró que los filtros eran muy efectivos en eliminación de sólidos en suspensión del agua con eliminación eficiencia que oscila entre 97,3% y 99,6%. Para (Efeovbokhan et al., 2019) menciona que, en su investigación respecto a filtros en aguas residuales, se observó que la eficiencia de reducción, calculadas en términos de porcentaje de remoción de sólidos, de los cuatro filtros (A, B, C, D) para los dos procesos eran casi iguales

### Análisis de varianza para el Potencial de Hidrógeno (pH)

#### Prueba de Hipótesis:

Ho: Las Acasa, Acomercial, Aroja y SinT no tiene efecto en el pH

Ha: Las Acasa, Acomercial, Aroja y SinT si tiene efecto en el pH

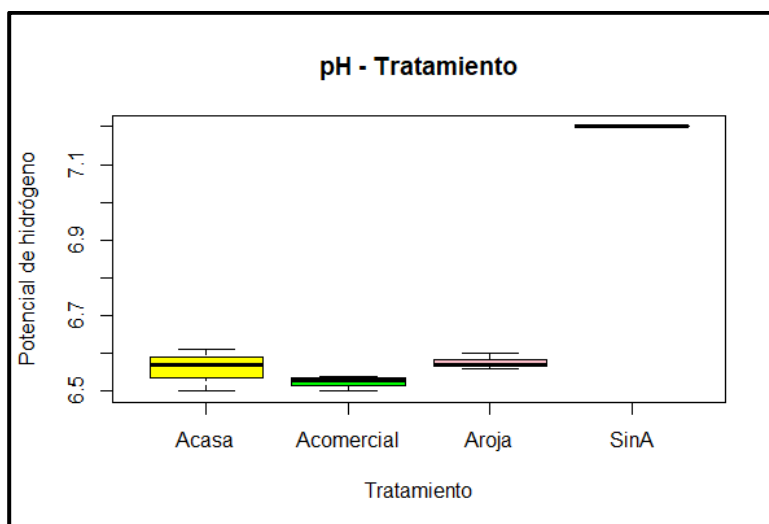


Figura 10. Comportamiento del pH respecto a los filtros de arcilla

El análisis de varianza ANOVA nos ha dado como resultado que el p-value de los tratamientos  $< 4.19e-07 = 4 \times 10^{-7}$  y es  $<$  que 0.05 por lo tanto decimos que los tratamientos tienen un efecto principal o significativo sobre el pH.

También en el test de normalidad - Shapiro Wilk el p-value = 0.6919 y es mayor a 0.05 entonces afirmamos con una confiabilidad del 95% que los datos tienen una distribución normal.

Por otro lado, el p-value = 0.4091 del test de homogeneidad de varianza es mayor a 0.05 entonces afirmamos con una confiabilidad del 95% que las varianzas son homogéneas.



### Comparación de Medias por el Test LSD de Fisher

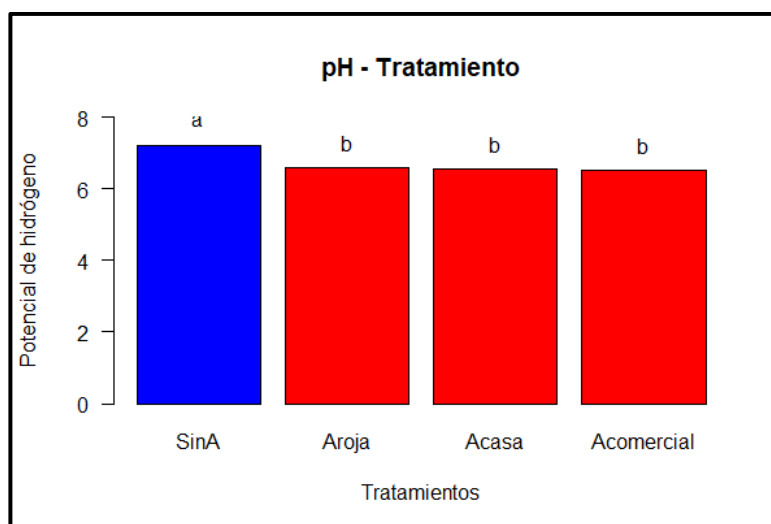


Figura 11. Comparación del pH de los diferentes tipos de Arcilla

Según la prueba de comparación por el test LSD de Fisher al 95%, para la eficiencia de los filtros de arcilla, los tres tipos de arcillas obtuvieron mayor efecto en el tratamiento, la arcilla roja, comercial y de casa con un pH de 6.6 y 6.5.

Comparación de pH en los diferentes filtros de arcilla (A. comercial, A. casa y A. roja) con el Reglamento de la calidad de agua para consumo humano D.S. 031-2010.

Tabla 4. Valor del pH según el D.S. 031-2010

Parámetro	Unidad de medida	Valor
pH	Valor de pH	6,5 a 8,5

En la tabla 4, se presenta la valorización del pH según el D.S. 031-2010. Se obtuvo de la muestra del Análisis de Agua (pre) una cantidad de pH de: 7.2 sin ningún tratamiento a diferencia de la muestra del Análisis de Agua (post) que se obtuvo un pH de: 6.6 y 6.5, utilizando la arcilla roja, comercial y de casa, comparando con la Norma nos indica que el PH es está dentro del Rango establecido de 6.5 a 8.5.

Según (Gómez, 2018) menciona que el incremento de pH se dio debido a la composición mineralógica de la arcilla con la que se construyó el filtro, que en contacto con el agua aporta iones cálcicos ( $\text{CaCO}_3$ ) que mejoran su condición. Para (Adler et al., 2010) menciona en su investigación que se dio un aumento de pH superior a 8.5 esto podría ser por el agua utilizada en procesos de producción, enjuague que fue altamente alcalino, así como su material de origen(arcilla), sin embargo, los valores de pH tendieron a estabilizarse después de los lavados posteriores.

## Análisis de varianza para Coliformes Totales

### Prueba de Hipótesis:

Ho: Las Acasa, Acomercial y Aroja no tiene efecto en Coliformes Totales.

Ha: Las Acasa, Acomercial y Aroja si tiene efecto en Coliformes Totales.

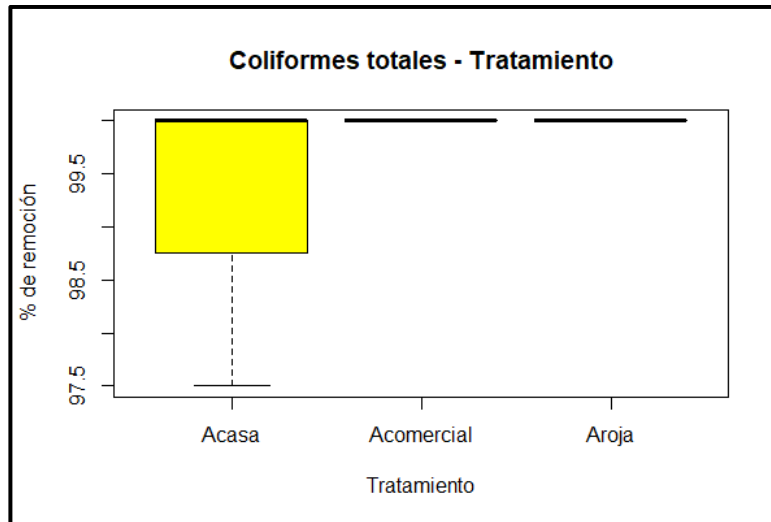


Figura 12. Comportamiento de Coliformes Totales respecto a los filtros de arcilla

El análisis de varianza ANOVA nos ha dado como resultado que el p-value de los tratamientos = 0.44 y es > que 0.05 por lo tanto podemos decir que no hay efecto significativo de los tratamientos ni de las repeticiones frente a los coliformes totales, lo que significa que la remoción de lo coliformes totales será estadísticamente semejante con cualquier arcilla.

También en el test de normalidad - Shapiro Wilk el p-value = 0.02353 y es menor a 0.05 entonces afirmamos con una confiabilidad del 95% que los datos no provienen de una distribución normal. Por lo tanto, se aplicará la comparación múltiple no paramétrica.

Tabla 5. Comparación múltiple no paramétrica

Test de Friedman		
Aroja	6.5	a
Acasa	6.5	a
Acomercial	5.0	a

### Comparación de Medias por el Test LSD de Fisher

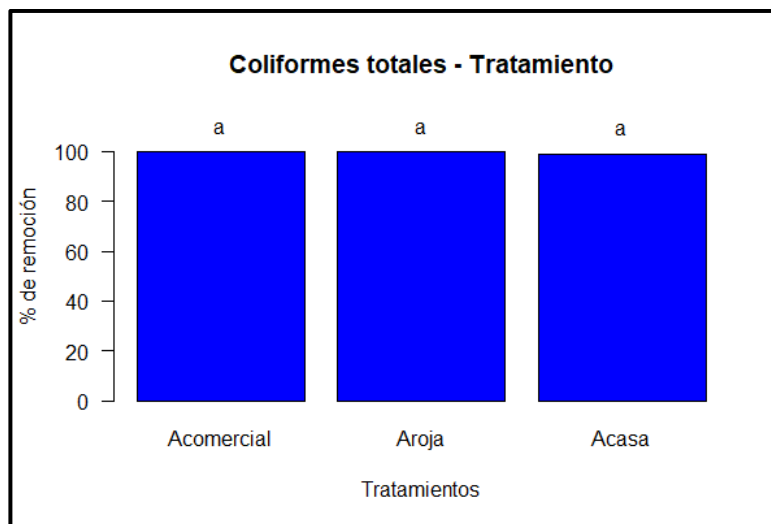


Figura 13. Comparación de Coliformes Totales de los diferentes tipos de Arcilla

Según la prueba de comparación por el test LSD de Fisher al 95%, para la eficiencia de los filtros de arcilla, los tres tipos de arcillas obtuvieron mayor efecto en el tratamiento, la arcilla roja =100 % de remoción, la comercial = 100 % de remoción y la de casa removió en 99.16 %.

Comparación de Coliformes Totales en los diferentes filtros de arcilla (A. comercial, A. casa y A. roja) con el Reglamento de la calidad de agua para consumo humano D.S. 031-2010.

Tabla 6. Valor de Coliformes Totales según el D.S. 031-2010

Parámetro	Unidad de medida	Valor
Coliformes Totales	UFC/100 mL a 35°C	0

En la tabla 6, se presenta la valorización de los Coliformes Totales según el D.S. 031-2010. Se obtuvo de la muestra del Análisis de Agua (pre) una cantidad de Coliformes Totales de: 4 sin ningún tratamiento a diferencia de la muestra del Análisis de Agua (post) que se obtuvo Coliformes Totales de: 0 (ausencia) utilizando la arcilla roja, comercial y de casa, comparando con la Norma nos indica que está dentro del Rango establecido de 0.

Para (Talavera et al., 2018) menciona que la calidad del agua versus los valores bacteriológicos antes y después de filtrar obtuvieron para Coliformes Totales antes de Filtrar un valor de 11 y después del filtrado un valor de  $< 1$ , como resultado un porcentaje de remoción de 100 %. Para (Pineda et al., 2021) nos dice que en cuanto a los parámetros microbiológicos, removió hasta el 99% de coliformes para la arcilla denominada CF-CC y 79% para la otra, denominada CF-CV. Además, se alcanzó el 100% de eliminación de coliformes totales y Termo tolerantes para ambos sistemas de arcillas.

### Análisis de varianza para Coliformes Termo Tolerantes

#### Prueba de Hipótesis:

Ho: Las Acasa, Acomercial y Aroja no tiene efecto los Coliformes Termo Tolerantes.

Ha: Las Acasa, Acomercial y Aroja si tiene efecto los Coliformes Termo Tolerantes.

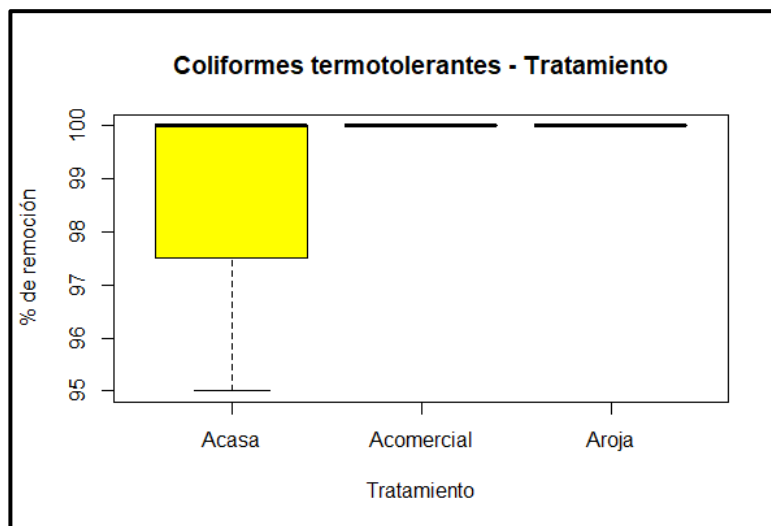


Figura 14. Comportamiento de Coliformes Termo Tolerantes respecto a los filtros de arcilla

El análisis de varianza ANOVA nos da como resultado que el p-value de los tratamientos = 0.44 y es  $>$  que 0.05 entonces podemos decir que la remoción de lo coliformes termotolerantes será estadísticamente semejante con cualquier arcilla.

También en el test de normalidad - Shapiro Wilk el p-value = 0.02353 y es menor a 0.05 entonces afirmamos con una confiabilidad del 95% que los datos no provienen de una distribución normal. Por lo tanto, se aplicará la comparación múltiple no paramétrica.

Tabla 7. Comparación múltiple no paramétrica

Test de Friedman		
Aroja	6.5	a
Acasa	6.5	a
Acomercial	5.0	a

### Comparación de Medias por el Test LSD de Fisher

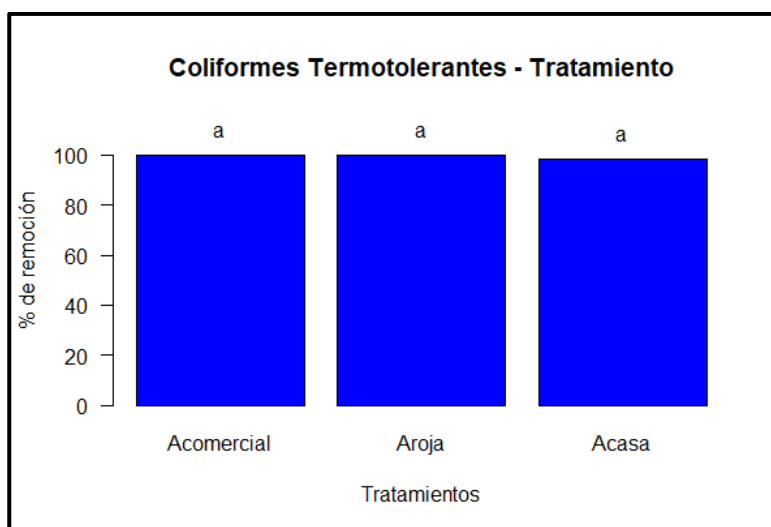


Figura 15. Comparación de Coliformes Termo Tolerantes de los diferentes tipos de Arcilla

Según la prueba de comparación por el test LSD de Fisher al 95%, para la eficiencia de los filtros de arcilla, los tres tipos de arcillas obtuvieron mayor efecto en el tratamiento, la arcilla roja =100 % de remoción, la comercial = 100 % de remoción y la de casa removió en 98.3 %.

Comparación de los Coliformes Termo Tolerantes en los diferentes filtros de arcilla (A. comercial, A. casa y A. roja) con el Reglamento de la calidad de agua para consumo humano D.S. 031-2010.

Tabla 8. Valor del pH según el D.S. 031-2010

Parámetro	Unidad de medida	Valor
Coliformes Termo tolerantes o Fecales	UFC/100 mL a 44,5°C	0

En la tabla 8, se presenta la valorización de los Coliformes Termo Tolerantes o Fecales según el D.S. 031-2010. Se obtuvo de la muestra del Análisis de Agua (pre) una cantidad de Coliformes Termo Tolerantes de: 2 sin ningún tratamiento a diferencia de la muestra del Análisis de Agua (post) que se obtuvo Coliformes Termo Tolerantes de: 0 utilizando la arcilla roja, comercial y de casa, comparando con la Norma nos indica que está dentro del Rango establecido de 0.

Según (Akosile et al., 2020), nos indica que para la muestra de arcilla marrón (Ire Ekiti), la muestra de arcilla roja (Ire Ekiti) y la muestra de arcilla Igbara blanca (Odo Ekiti) respectivamente, las muestras de arcilla blanca y roja mostraron una mejor eficiencia de eliminación microbiana, ya que pudieron eliminar más del 95 % de las bacterias coliformes Termo tolerantes. Por otro lado (Budeli et al., 2021), menciona que la adición de plata coloidal entre las capas de arcilla dio como resultado un aumento en la remoción de los coliformes Termo tolerantes a (100 %), demostró además una mayor eficacia de eliminación de *E. coli* (99,8 %).

## **CONCLUSIONES**

Se evaluó la eficiencia del filtro de cerámica con plata coloidal en el tratamiento de agua de cisterna para el consumo humano, con diferentes prototipos, se hizo filtros con arcilla de casa, comercial y roja, con una dosis de plata coloidal de 20 ppm, siendo constante para todos los prototipos, donde tuvo mejor acción significativa la arcilla roja, a diferencia de las demás arcillas de casa y comercial que tuvieron baja eficiencia, considerados en la mayoría de los parámetros.

Se determinó los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua la muestra (pre) se obtuvo (Temperatura 26.5 °C, Turbiedad 1.22 UNT, Sólidos Disueltos Totales 54.5 mg/L, pH 7.2, Coliformes Totales 4 NMP/100mL, Coliformes Termo tolerantes 2 NMP/100mL), sin ningún tratamiento realizado y la muestra (post) se obtuvo ( 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; 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) con una dosis de 20 ppm de plata coloidal.

Se compararon los parámetros del Análisis del Agua con la Norma Oficial Peruana D.S. 031-2010 donde todos los valores (Temperatura, Turbiedad, Sólidos Disueltos Totales, pH, Coliformes Totales y Coliformes Termo tolerantes) el Análisis cumplen con la exigencia que establece la Norma.

## **RECOMENDACIONES**

- Continuar con los estudios de Análisis del Agua en otro tipo de arcilla y en los diferentes lugares del País (Costa, Sierra y Selva) con otro tipo de desinfectante de agua, pero con la misma dosis practicada en el presente trabajo de investigación
- Realizar ensayos con diferentes tipos de agua con el fin de maximizar su rendimiento y la calidad del recurso.
- En cuanto a la limpieza del filtro puede hacerse con cepillo sacando la materia orgánica o los sólidos incrustados en los poros.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abarca, R. M. (2021). Reglamento de la calidad del agua para Consumo Humano. Dirección General de Salud Ambiental -MINSA-Lima -Perú, 2013–2015.
- Adler, I., Zhang, H., y Canales, M. (2010). Evaluation of a silver-impregnated ceramic filter for small-scale rainwater purification using viral and bacterial indicators Email: ilan.adler.09@ucl.ac.uk.
- Akosile, S. I., Ajibade, F. O., Lasisi, K. H., Ajibade, T. F., Adewumi, J. R., Babatola, J. O., y Oguntuase, A. M. (2020). Performance evaluation of locally produced ceramic filters for household water treatment in Nigeria. *Scientific African*, 7, e00218.  
<https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2019.e00218>
- Arteaga Díaz, N. (2018). Evaluación de la Eficiencia del Filtro de Cerámica Incrustado con Plata Coloidal en el Tratamiento de agua para Consumo Humano en Carampoma, San Rafael, Bellavista-2017.
- Budeli, P., Moropeng, R. C., y Momba, M. N. B. (2021). Improvement of biosand filtration systems using silver-impregnated clay granules. *Journal of Water Process Engineering*, 41(December 2020), 102049. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2021.102049>
- Cochachin Morales, J. M. (2018). "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." 140.  
[http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/2451/T033\\_45468726\\_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/2451/T033_45468726_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Cornelio Espinoza, J. C. (2018). 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 Quinua-Pasco-2018. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión.  
<http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/544>
- Costa, F., Sánchez, A., Hidalgo, N., Benavides, H., Gutiérrez, C., y Romero, E. (2020). Perú: Formas De Acceso a Agua Y Saneamiento Básico. 1–69.  
[https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/boletin\\_agua\\_y\\_saneamiento.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/boletin_agua_y_saneamiento.pdf)
- Delgado, G. (2021). Estudio De Filtros Cerámicos Para El Diseño Y Desarrollo De Sistemas Domésticos De Bajo Costo. *Artículo Científico*, 6.
- Efeo Bokhan, V. ., Olu Rotimi, O. ., Yusuf, E. ., Abatan, O. ., y Alagbe, E. . (2019). Production of Clay Filters for Waste Water Treatment Production of Clay Filters for Waste Water Treatment. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1378/3/032028>
- Expomobi, U. E., Agbo, S. U., y Ajiwe, V. I. E. (2019). Evaluation of the mixtures of clay, diatomite, and sawdust for production of ceramic pot filters for water treatment interventions using locally sourced materials. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 7(1). <https://doi.org/10.1016/j.jece.2018.11.036>



- Gómez Ruiz, A. S. (2018). Tratamiento de Agua Potable por Medio de Filtración en Cerámica con Plata Coloidal (FCPC) en el Acueducto rural Ojo de Agua, municipio de Socha. <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/544>
- Guzmán, A. A. A. (2019). Análisis de situación de salud del distrito Lurigancho Chosica 2019. 1–101.
- Lerma, D. A. (2012). *Filtros cerámicos, una alternativa de agua segura*. 1–73.
- Lumba Idrogo, N., Orihuela Yapias, Porras Pizarro, L., y Cruz Huaranga, M. (2019). Desinfección del agua para consumo humano mediante el uso de filtro de arcilla y plata coloidal en sector urbano de Lurigancho-Chosica. *Revista de Investigación Ciencia, Tecnología y Desarrollo*, 5(2), 65–77. <https://doi.org/10.17162/rictd.v5i2.887>
- Miranda, J. (2020). Facultad de Ingeniería y Arquitectura 01 Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Universidad Andina Del Cusco, 1–118. [http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/47102/Gutierrez\\_RS-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/47102/Gutierrez_RS-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Nnaji, C. C., Afangideh, B. ., y Ezech, C. (2016). Performance evaluation of clay-sawdust composite filter for point of use water treatment. 35(4), 949–956.
- Pérez-Vidal, A., Silva-Leal, J. A., Díaz-Gómez, J., Meneses-Torres, C. J., Arias-Vallejo, J. E., Giraldo-Tenorio, G. A., y Bacca-Jordán, M. C. (2021). Performance evaluation of ceramic pot filters combined with adsorption processes for the removal of heavy metals and phenolic compounds. *Journal of Water and Health*, 19(5), 750–761. <https://doi.org/10.2166/wh.2021.052>
- Pineda, E., García-Ruiz, M. J., Guaya, D., Manrique, J., y Osorio, F. (2021). Elimination of total coliforms and *Escherichia coli* from water by means of filtration with natural clays and silica sand in developing countries. *Environmental Geochemistry and Health*, 43(1), 195–207. <https://doi.org/10.1007/s10653-020-00623-1>
- Soriano, F., y De la Torre, M. (2014). Eficiencia del filtro de arcilla en la purificación del agua para consumo humano en Cajamarca. *Ucv*, 134.
- Talavera Núñez, M. E., Zea Apaza, I., Vera Gonzales, C., Zea Álvarez, J., y Benavente Talavera, L. R. (2018). Aplicación Del Nanocomposito Arcilla – Carboximetil Quitosano - Nanopartículas De Plata En Filtros Para El Tratamiento De Aguas De Consumo De Zonas Rurales De Camaná, Arequipa. *Revista de La Sociedad Química Del Perú*, 84(4), 499–512. <https://doi.org/10.37761/rsqp.v84i4.69>
- Vidal Pérez, Andrea; Díaz Gómez, Jaime y González Roja, G. (2014). Estudio comparativo de dos sistemas de filtración casera para el tratamiento de agua para consumo humano. [https://www.researchgate.net/publication/272086473\\_Estudio\\_comparativo\\_de\\_dos\\_sistemas\\_de\\_filtracion\\_casera\\_para\\_el\\_tratamiento\\_de\\_agua\\_para\\_consumo\\_humano](https://www.researchgate.net/publication/272086473_Estudio_comparativo_de_dos_sistemas_de_filtracion_casera_para_el_tratamiento_de_agua_para_consumo_humano)