

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



*Una Institución Adventista*

**Filtros de arcilla y residuos orgánicos revestidos con plata coloidal para potabilizar del agua en poblaciones rurales**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

**Autores:**

Marko Homero Ordoñez Romero

Saul Gonzáles Bueno

**Asesor:**

Ing. Dayani Shirley Romero Vela

**Tarapoto, mayo del 2021**

## DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DE TESIS

Yo Dayani Shirley Romero Vela, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: “**Filtros de arcilla y residuos orgánicos revestidos con plata coloidal para potabilizar del agua en poblaciones rurales**” constituye la memoria que presenta los Bachilleres: Marko Homero Ordoñez Romero y Saul Gonzales Bueno, para obtener el título de Profesional de Ingeniero Ambiental, cuya tesis ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en la ciudad de Tarapoto, a los 28 días del mes de mayo del año 2021.



---

Nombres y apellidos del asesor

# ACTA DE SUSTENTACIÓN

## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En San Martín, Tarapoto, Morales, a 28 día(s) del mes de mayo del año 20 21 siendo las 09:30 horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión Campus Tarapoto, bajo la dirección del (de la) presidente(a) Mtra. Betsabeth Teresa Padilla Macedo, el (la) secretario(a) Mtra. Kátterin Jina Luz Pinedo Gómez y los demás miembros: Mtro. Carmelino Almestar Villegas

y el (la) asesor(a) Mtra. Dayani Shirley Romero Vela con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulado: Filtros de arcilla y residuos orgánicos, revestidos con plata coloidal para potabilizar del agua en poblaciones rurales.

del(los) bachiller(es): a) Marko Homero Ordoñez Romero  
 b) Saul Gonzales Bueno  
 c) \_\_\_\_\_  
 conducente a la obtención del título profesional de: \_\_\_\_\_

Ingeniero Ambiental

(Denominación del Título Profesional)

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (a la) / a (los) (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 al (a la) / a (los) (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:

Bachiller-(a): Marko Homero Ordoñez Romero

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
Aprobado	17	B+	Muy bueno	Sobresaliente

Bachiller -(b): Saul Gonzales Bueno

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
Aprobado	17	B+	Muy bueno	Sobresaliente

Bachiller -(c): \_\_\_\_\_

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

(\*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al (a la) / a (los) (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/a	_____  Secretario/a	
_____ Asesor/a	_____ Miembro	_____ Miembro
_____ Bachiller (a)	_____ Bachiller (b)	_____ Bachiller (c)

(\*) Tabla de Calificación

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
APROBADO	20	A+	Con nominación de <b>Excelente</b>	Excelencia
	19	A		
	18	A-	Con nominación de <b>Muy Bueno</b>	Sobresaliente
	17	B+		
	16	B	Con nominación de <b>Bueno</b>	Muy Bueno
	15	B-		
	14	C	Con nominación de <b>Aceptable</b>	Bueno
DESAPROBADO	Menos de 14	D	Con nominación de <b>Deficiente</b>	Insuficiente

## **Filtros de arcilla y residuos orgánicos revestidos con plata coloidal para potabilizar del agua en poblaciones rurales**

Marko Homero Ordoñez Romero<sup>1\*</sup> Saul Gonzáles Bueno<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Peruana Unión, Tarapoto, Facultad de Ingeniería Ambiental. Correos electrónicos: markoordonez@upeu.edu.pe (M.H. Ordoñez \*Autor de correspondencia), saul.gonzales@upeu.edu.pe

### **Resumen**

El artículo se desarrolló con la finalidad de evaluar la eficiencia de filtros de arcilla y residuos orgánicos, revestidos con plata coloidal para potabilizar del agua en poblaciones rurales. Los filtros (2) fueron construidos con materiales 80% de arcilla, 15% de aserrín y 5% de cascarilla de arroz. Luego se revistió a cada filtro con soluciones de plata coloidal de 15 y 25 mg/L. Los parámetros de calidad del agua de consumo evaluados fueron coliformes totales, coliformes termotolerantes, sólidos suspendidos totales, turbidez y pH. Se concluye que el filtro de arcilla y residuos orgánicos, revestido con plata coloidal, es una alternativa adecuada para el tratamiento de agua de consumo humano, en zonas rurales. Pese a que no remueve el 100% de los coliformes, sin embargo, la concentración de las mismas es inferior a 1 UFC/100 mL, el cual es un valor próximo del límite máximo permisible del LMP del DS N° 031-2010-SA. No se observó diferencias en la reducción de contaminantes para las dos concentraciones de plata coloidal. Aunque, se recomendaría utilizar la concentración de 15 mg/L, ya que, al utilizar una menor concentración de la sustancia, los costos se reducirán.

**Palabras clave:** Agua de consumo, coliformes, desinfección, filtros cerámicos.

### **Abstract**

The article was developed with the purpose of evaluating the efficiency of clay filters and organic waste, coated with colloidal silver to make water drinkable in rural populations. The filters (2) were built with 80% clay, 15% sawdust and 5% rice husk materials. Each filter was then coated with 15 and 25 mg/L colloidal silver solutions. The drinking water quality parameters evaluated were total coliforms, thermotolerant coliforms, total suspended solids, turbidity and pH. It is concluded that the clay and organic waste filter, coated with colloidal silver, is a suitable alternative for the treatment of water for human consumption, in rural areas. Although it does not remove 100% of the coliforms, however, their concentration is less than 1 CFU/100 mL, which is a value close to the maximum permissible limit of the LMP of DS No. 031-2010-SA. No differences in contaminant reduction were observed for the two concentrations of

colloidal silver. Although, it would be recommended to use the concentration of 15 mg/L, since, by using a lower concentration of the substance, the costs will be reduced.

**Key words:** Arci-filters, ceramic filters, coliforms, drinking water, disinfection.

## **INTRODUCCIÓN**

El objetivo de desarrollo sostenible número 6 de las Naciones Unidas, busca proveer de agua limpia y saneamiento adecuado a las personas de todo el mundo hasta el año 2030. El acceso al agua potable está relacionado con la disminución de las enfermedades y por tanto con el desarrollo humano de la población (OMS, 2009).

Asimismo, A nivel global, la población rural es la más afectada debido a la falta de cobertura, y calidad del agua potable, afectando negativamente de este modo a la población vulnerable (niños, ancianos y personas con co-morbilidades) (Bellido, Barcellos, Santos & Bastos, 2010). Actualmente los gobiernos no toman como asunto importante, la calidad de agua, ya que están centrados en otros temas, olvidándose de las necesidades de la población más vulnerable. Por lo general en las zonas rurales

La calidad del agua de consumo es más deficiente, por ello se busca proveer de agua potable a estas poblaciones, a través de tecnologías que no impliquen costos elevados y de fácil operación y mantenimiento (Pérez *et al.*, 2016). En el Perú, las carencias en cuanto al abastecimiento de agua segura, es una realidad, la cual se intensifica debido a la falta de eficacia de políticas públicas en materia de agua y saneamiento; tal como se menciona, existen alternativas de bajo costo y de fácil operación para potabilizar el agua. Una de estas es el uso de los filtros cerámicos revestidos con plata coloidal. Esta tecnología ha demostrado ser eficientes en la remoción de turbidez y coliformes termotolerantes del agua de consumo (Pérez *et al.*, 2016). De igual forma en caserío Nuevo Chupishiña no cuenta con un sistema de abastecimiento de agua de potable, únicamente disponen de agua entubada, la cual no se garantiza su calidad debido a que no se aplica ninguna técnica de desinfección, lo que conlleva a que los pobladores presenten un alto riesgo de contraer enfermedades gastrointestinales. El artículo tuvo como propósito analizar la eficiencia de filtros de arcilla y residuos orgánicos, revestidos con plata coloidal para potabilizar del agua en poblaciones rurales.

## **METODOLOGÍA**

La investigación se realizó en el Caserío Nuevo Chupishiña, perteneciente al distrito de Morales, Provincia de San Martín, región del mismo nombre. Sus coordenadas son 345828 E y 9285098 N una altura de 283 msnm. Asimismo, la población para la presente investigación estuvo conformada por el agua entubada proveniente de una quebrada Chupishiña y que abastece a los habitantes de la localidad del mismo nombre. La población proyectada, del caserío para el año 2020, en base al censo de población del 2017, realizado por el INEI es 465 habitantes. Asimismo, el muestreo para estudios explicativos, es según criterio. Por esta razón la muestra para el presente estudio estará conformada por 5 L de agua entubada, por cada filtro. Para realizar el análisis de los parámetros, se consideró 3 L del agua de cada filtro. Asimismo, se realizó la determinación de los parámetros, antes del tratamiento con los filtros, para lo cual se

envió al laboratorio 3 L de agua. La muestra se tomó en una de las viviendas del CC.PP. de Nuevo Chupishiña, de acuerdo con el protocolo de muestreo de aguas de consumo del R.D-160-2015-DIGESA. Se eligió concentraciones de plata coloidal conforme a los resultados obtenidos por (Lerma, 2012). Para este autor la concentración de 19.9 ppm de plata coloidal elimina 5 unidades logarítmicas de coliformes fecales. Asimismo, el filtro cerámico impregnado con esta concentración de plata coloidal redujo una gran cantidad de la turbidez y sólidos suspendidos. Los tratamientos del presente estudio son 15 y 25 mg/L de plata coloidal en cada filtro cerámico. Asimismo, para evaluar la calidad del agua de consumo, se analizó los parámetros turbidez, SST, Coliformes totales y coliformes termotolerantes.

#### *Procedimiento para la construcción de los filtros*

Los filtros fueron construidos con materiales 80% de arcilla, 15% de aserrín y 5% de cascarilla de arroz (Banty, 2014). Se construyeron dos filtros, para cada tratamiento. Los filtros se construirán en la Asociación de Artesanos Yuyay Llacta en la ciudad de Lamas. La arcilla se obtendrá del cauce de las cataratas de Huacamayllo, distrito de San Antonio de Cumbaza. Asimismo, el aserrín y la cascarilla de arroz, se obtuvieron de la localidad. El procedimiento para la fabricación de los filtros es como sigue: Mezclar la arcilla, aserrín y cascarilla de arroz en las proporciones indicadas anteriormente; moldear la vasija en forma cilíndrica, desencofrar la vasija, secar la vasija al aire libre durante una semana, colocar en el horno las vasijas para la cocción (4 h) y obtención de la vasija, lista para la prueba de filtración. El procedimiento para la para la fabricación de los filtros se muestra en la figura 1.

#### *Análisis estadístico*

Para el análisis de datos, se utilizó técnicas de estadística descriptiva como frecuencias relativas y porcentuales. Asimismo, para el procesamiento de los datos se utilizó el software SPSS 24 y la aplicación Excel. Para determinar la eficiencia del filtro, se comparó la concentración de los parámetros (coliformes totales y fecales) antes y después del tratamiento del agua potabilizada con el D.S. N° 031-2010-SA, para cada tratamiento. Para determinar la eficiencia de remoción de contaminantes, se utilizó la siguiente ecuación. Siendo  $S_i$ : concentración inicial del parámetro y  $S_f$ : concentración final del parámetro.

$$\text{Eficiencia} = \left( \frac{S_i - S_f}{S_i} \right) * 100$$

## **RESULTADOS**

#### *Caracterización del agua*

En la tabla 1 se muestra la calidad del agua antes y después de la desinfección con plata coloidal. Se observa que, en el grupo control (0 mg/L), la calidad microbiológica del agua de consumo del CC.PP. Nuevo Chupishiña, no cumple el LMP del DS N° 031-2010-SA, tanto para coliformes totales como para coliformes termotolerantes. Asimismo, después de purificar el agua mediante los filtros cerámicos revestidos de plata coloidal con 15 y

25 mg/L, se obtuvo cantidades menores a 1 UFC/100 mL, para ambos parámetros. Por otro lado, el parámetro sólidos suspendidos totales, antes de tratar el agua, presentó valores inferiores a 5 mg/L, el cual es un valor que cumple con la normativa. Al utilizar los filtros cerámicos revestidos con plata coloidal, también se obtuvo valores inferiores a 5 mg/L. Con respecto a la turbidez, antes del tratamiento, el agua tuvo un valor de 3 UNT, el cual es un valor que cumple con la normativa; mientras que, al utilizar los filtros cerámicos, revestidos de plata coloidal con 15 y 25 mg/L, se obtuvo 0.6 UNT de turbidez, en ambos casos. Concerniente al pH, se obtuvo valores de 5.55 antes del tratamiento, cuyo valor no cumple con la normativa; mientras que, después de tratar el agua mediante los filtros cerámicos revestidos con plata coloidal de 15 y 25 mg/L, se obtuvo valores respectivos de 7.20 y 7.50.

#### *Eficiencias de remoción de contaminantes del agua*

En la tabla 2 se muestra el porcentaje de remoción de contaminantes del agua de consumo del CC.PP. Nuevo Chupishiña, utilizando filtros cerámicos revestidos de plata coloidal con 15 y 25 mg/L. Para ambas concentraciones de plata coloidal, se obtuvo una eficiencia de remoción de coliformes totales mayor a 80%, asimismo para coliformes termotolerantes la eficiencia fue mayor a 75%, mientras que para la turbidez fue de 80%.

#### **DISCUSIÓN**

En el presente estudio se encontró eficiencias de remoción para coliformes totales, mayores a 80% y coliformes termotolerantes mayores a 75%, para ambos filtros cerámicos. Eficiencias de remoción de coliformes totales del 99.98% y de coliformes termotolerantes de 88.83% en filtro cerámico revestido con una solución de plata coloidal a una concentración de 15 mg/L (Arteaga, 2018). Asimismo, se encontró una eficiencia para la remoción de turbiedad del 44.77% y el pH se redujo desde 8.2 a 7.4. Por otro lado, la proporción de arcilla, 15% de aserrín y 5% de cascarilla de arroz (Banty, 2014), utilizada para la construcción de los filtros, hace que los poros formados en la superficie de los filtros, sean homogéneos, coadyuvando con ello, a mejorar la eficiencia de la filtración (Barreto *et al.*, 2018). Asimismo, la eficiencia de los filtros domésticos de arcilla, presentan valores de remoción de turbiedad del 97% y la reducción de 3 ciclos logarítmicos tanto para coliformes totales como para *E. coli*. Asimismo, el pH del agua se incrementó, debido al aumento de los carbonatos (Barreto, Pérez and Recio, 2020). Por otro lado, se menciona que es importante considerar el tiempo de contacto de la plata coloidal y la tasa de filtración, para optimizar el proceso de desinfección del agua de consumo. Este autor encontró eficiencias de remoción del 100% de *E. coli*, con un tiempo de contacto de 8 h y una tasa de filtración de 1 L/h (Carabalí, 2019). Asimismo,



al analizar el agua de consumo, luego de su tratamiento con filtros cerámicos, sin adición de plata coloidal, se encontró una eficiencia de remoción de *E. coli* del 100% y de turbiedad de 97.6% (Pérez *et al.*, 2016). De otro lado, las eficiencias de remoción de turbiedad, coliformes totales y *E. coli* respectivamente de 57%, 86% y 88% (Bulta and Micheal, 2019). Asimismo, los investigadores indican que los filtros cerámicos remueven los contaminantes microbiológicos del agua de los ríos, hasta estándares aceptados por la Organización Mundial de la Salud. Por otro lado, el aumento de material quemado (arcilla, aserrín y restos de ladrillos triturado), aumenta la porosidad del medio filtrante y consecuentemente la tasa de filtración, sin embargo, como consecuencia de ello, se reduce la eficiencia de remoción de la turbiedad y microorganismos del agua. De otro lado, la impregnación de plata coloidal en los filtros cerámicos, permite eliminar *E. coli* del agua, posibilita el acceso al agua potable, a bajo costo y con relativamente fabricación simple (Cárdenas, Garrido and Pedraza, 2019). Asimismo, se encontró porcentajes de remoción para *E. coli* y coliformes totales, respectivamente de 97% y 96% (Carvalho *et al.*, 2016). Los autores recomiendan la adición de dosis de hipoclorito de sodio, como pos-tratamiento para destrucción del 100% de los coliformes del agua. Es importante considerar la proporción adecuada de componentes del filtro, ya que si esta es de 4:2:1 para arcilla: restos de cerámica: aserrín, se logra eliminar el 100% de *E. coli* (Abiriga and Kinyera, 2014). Asimismo, al aumentar la proporción de aserrín, se mejora la tasa de filtración, sin embargo, se reduce la calidad del filtrado, haciendo necesario la adición de plata coloidal al filtro para eliminar el residual de bacterias patógenas; mientras que, un aumento en la proporción de residuos de cerámica, favorece la calidad del agua, a costa de una menor tasa de filtración. El filtro cerámico revestido con plata coloidal, es una tecnología alternativa y sustentable para tratar el agua de consumo humano, para poblaciones con escasos recursos. Con este filtro se logra caudales de 20 a 40 litros por día, suficiente para una familia.

## **CONCLUSIÓN**

Se concluye que el filtro cerámico, revestido con plata coloidal, es una alternativa adecuada para el tratamiento de agua de consumo humano, en zonas rurales. Pese a que no remueve el 100% de los coliformes, sin embargo, la concentración de las mismas es inferior a 1 UFC/100 mL, el cual es un valor próximo del límite máximo permisible del LMP del DS N° 031-2010-SA. No se observó diferencias en la reducción de contaminantes para las dos concentraciones de plata coloidal. Aunque, se recomendaría utilizar la concentración de 15 mg/L, ya que, al utilizar una menor concentración de la sustancia, los costos se reducirán.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Abiriga, F. and Kinyera, S. O. (2014) 'Effect of Groggs on in the Performance of Ceramic Water Filters', *Science Journal of Physics*, 2014(2006), p. 10. doi: 10.7237/sjp/252.
- Arteaga, N. (2018) *Evaluación de la eficiencia del filtro de cerámica incrustado con plata coloidal en el tratamiento de agua para consumo humano en Carhuapoma, San*

Rafael, Bellavista-2017. Universidad Nacional De San Martín. Available at: [http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/3024/ADMINISTRACION - Pamela Jhosymar Valles Vásquez %26 Martha Ruth Guerra Pinedo.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/3024/ADMINISTRACION-Pamela%20Jhosymar%20Valles%20Vásquez%20Martha%20Ruth%20Guerra%20Pinedo.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

- Banty, E. (2014) *Traitement de l'eau a domicile : conception et evaluation de l'efficacite des filtres en ceramique*. Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement. Available at: [http://documentation.2ie-edu.org/cdi2ie/opac\\_css/doc\\_num.php?explnum\\_id=1829](http://documentation.2ie-edu.org/cdi2ie/opac_css/doc_num.php?explnum_id=1829).
- Barreto, S. *et al.* (2018) 'Evaluación del mezclado en la fabricación del filtro doméstico tradifiltro', *Ignacio Agramonte Loynaz*, 1(1), pp. 461–472. Available at: <http://scielo.sld.cu/pdf/rtq/v38n3/rtq02318.pdf>.
- Barreto, S., Pérez, R. and Recio, Y. (2020) 'Evaluación del mezclado en la fabricación del filtro doméstico tradifiltro', *Universidad Ignacio Agramonte Loynaz*, 1(1), pp. 564–579. Available at: <http://scielo.sld.cu/pdf/rtq/v40n3/2224-6185-rtq-40-03-564.pdf>.
- Bellido, J. G. *et al.* (2010) 'Saneamiento ambiental y mortalidad en niños menores de 5 años por enfermedades de transmisión hídrica en Brasil', *Revista Panamericana de Salud Publica/Pan American Journal of Public Health*, 28(2), pp. 114–120. doi: 10.1590/s1020-49892010000800007.
- Bulta, A. L. and Micheal, G. A. W. (2019) 'Evaluation of the efficiency of ceramic filters for water treatment in Kambata Tabaro zone, southern Ethiopia', *Environmental Systems Research*. Springer Berlin Heidelberg, 8(1), pp. 1–15. doi: 10.1186/s40068-018-0129-6.
- Carabalí, J. J. (2019) *Evaluación del efecto de la plata coloidal, en la remoción de escherichia coli y la obtención de un agua salubre a partir de filtros caseros*. Universidad Santiago de Cali. Available at: <http://library1.nida.ac.th/termpaper6/sd/2554/19755.pdf>.
- Cárdenas, M. del R., Garrido, D. E. and Pedraza, Y. P. (2019) *Riesgo disergonómico asociado a posturas en los trabajadores administrativos de la Universidad Privada del Norte San Juan De Lurigancho, agosto 2018*. Universidad Peruana Cayetano Heredia. Available at: <http://repositorio.upch.edu.pe/handle/upch/3831>.
- Carvalho, A. K. *et al.* (2016) 'Avaliação bacteriológica da água de chuva tratada em um filtro de barro', in *10º Simpósio brasileiro de captação e manejo de água de chuva*. Belém, Brasil, p. 6. Available at: <http://10sbcmac.ufpa.br/anais/ARQUIVOS/GT1-1-9-20161120150926.pdf>.
- Lerma, D. A. (2012) *Filtros cerámicos, una alternativa de agua segura*. Universidad Tecnológica de Pereira. Available at: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/handle/11059/2710>.
- OMS (2009) 'Manual para el desarrollo de planes de seguridad del agua', *International Water Association*, p. 116. Available at: [http://whqlibdoc.who.int/publications/2009/9789243562636\\_spa.pdf](http://whqlibdoc.who.int/publications/2009/9789243562636_spa.pdf).

Pérez, A. *et al.* (2016) 'Evaluación del tratamiento de agua para consumo humano mediante filtros Lifestraw® y olla Cerámica', *Revista de Salud Pública*, 18(2), pp. 275–289. doi: 10.15446/rsap.v18n2.48712.

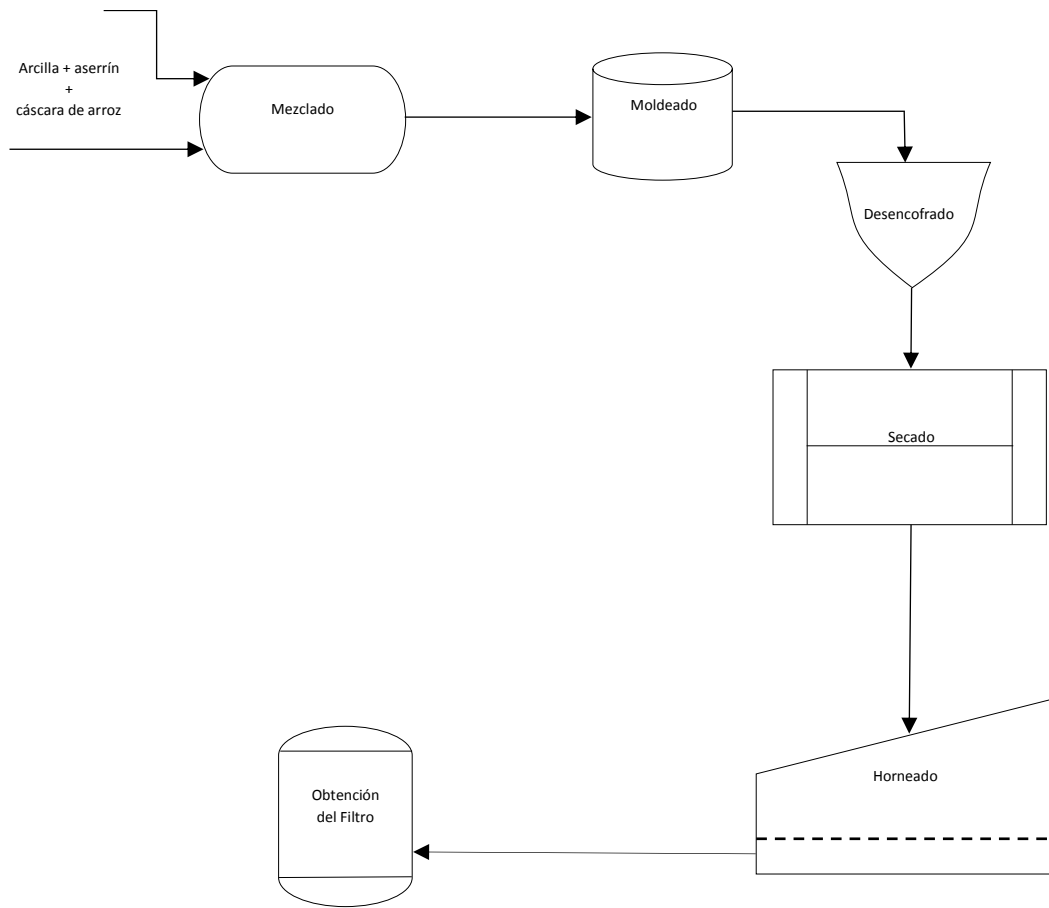


Figura 1. Procedimiento para la fabricación de los filtros

*Tabla 1.* Calidad del agua antes y después del tratamiento con plata coloidal

Parámetro	Unidad	Plata coloidal (mg/L)			LMP
		0	15	25	
Coliformes totales	UFC/100 mL	5	<1	<1	0
Coliformes termotolerantes	UFC/100 mL	4	<1	<1	0
Sólidos suspendidos totales	mg/L	<5	<5	<5	1000
Turbidez	UNT	3	0.6	0.6	5
pH	-	5.55	7.20	7.50	6.5-8.5

*Tabla 2.* Porcentaje de remoción de contaminantes

Parámetro	Plata coloidal (mg/L)	
	15	25
Coliformes totales	>80	>80
Coliformes termotolerantes	>75	>75
Turbidez	80	80

