

Metodología para la operación del sistema de filtración de colorantes del agua residual del lavado de mezclilla



AUTORES

Germán Alvarado Tenorio

Carlos Alberto Ávila Orta

Gregorio Cadenas Pliego

Christian Javier Cabello Alvarado

Marlene Lariza Andrade Guel

María de Lourdes Hernández Rodríguez

**METODOLOGÍA PARA LA OPERACIÓN
DEL SISTEMA DE FILTRACIÓN DE
COLORANTES DEL AGUA RESIDUAL
DEL LAVADO DE MEZCLILLA**

DIRECTORIO

EL COLEGIO DE TLAXCALA, A. C.

Dr. Serafín Ríos Elorza

Presidente

Dr. Wilfrido Gutiérrez Ortiz

Secretario Técnico

Dra. Adriana Montserrat Pérez Serrano

Directora Académica

Dra. Ivonne Virginia Campos Rico

Secretaria de Investigación

C.P. Nallely Guadalupe Martínez Pérez

Directora Administrativa

Lic. Karen Janeth Tirado Portilla

Coordinadora de Comunicación Social

Mtro. Arturo Juárez Martínez

Coordinador Editorial

METODOLOGÍA PARA LA OPERACIÓN DEL SISTEMA DE FILTRACIÓN DE COLORANTES DEL AGUA RESIDUAL DEL LAVADO DE MEZCLILLA

**Germán Alvarado Tenorio
Carlos Alberto Ávila Orta
Gregorio Cadenas Pliego
Christian Javier Cabello Alvarado
Marlene Lariza Andrade Guel
María de Lourdes Hernández Rodríguez**

Autores

Primera edición: septiembre 2024

®El Colegio de Tlaxcala, A. C.

El Colegio de Tlaxcala, A. C.

Melchor Ocampo No. 28

C.P. 90600, San Pablo Apetatitlán, Tlaxcala

Tel.: (01 246) 46 4 58 74, 46 4 77 25, 46 4 77 26 Ext. 202

Correo electrónico: elcolegiodetlaxcala@coltlax.edu.mx

Diseño de interiores: Rafael Cruz Sánchez

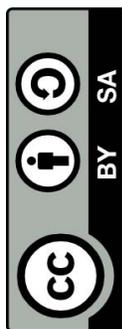
Diseño de forros: Alejandro Ángel López Abriz

Este libro es una obra de divulgación científica, revisada por los coordinadores de cada fascículo y la Coordinación Editorial de el Colegio de Tlaxcala, A.C.

Todas las personas que participaron en este libro revisaron y aprobaron la versión final de su contribución para su publicación y difusión.

Las opiniones expresadas en las contribuciones de este texto corresponden exclusivamente a sus autores y no reflejan necesariamente las de El Colegio de Tlaxcala, A. C.

ISBN: 978-607-5926-03-2



¡Copia este libro!

Este libro se publica bajo una licencia CC BY-SA, lo cual significa que usted puede copiarlo, redistribuirlo, remezclarlo, transformarlo y construir sobre su contenido para cualquier propósito, incluso comercial, mientras dé el crédito apropiado, provea un enlace a la licencia, e indique si se realizaron cambios. Si remezcla, transforma, o construye sobre el material, debe distribuir sus contribuciones bajo el mismo licenciamiento que el material original. Detalles de licenciamiento:

<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>

Compartir no es delito.

Índice

INTRODUCCIÓN	7
<i>Materiales de empaque del filtro</i>	7
<i>Sistema de filtración</i>	8
Metodología	8
<i>Instalación del filtro</i>	8
<i>Preparación de empaquetado del filtro</i>	9
<i>Operación (llenado) del filtro</i>	13
<i>Filtración de agua contaminada</i>	15
Resultados	15
<i>Puesta en operación</i>	16
<i>Instalación de filtro 1</i>	17
<i>Llenado y empaquetado de filtro 1</i>	17
<i>Pruebas en filtro 1</i>	18
<i>Resultados en filtro 1</i>	18
<i>Instalación de filtro 2</i>	19
<i>Llenado y empaquetado de filtro 2</i>	19
<i>Llenado y ensamblado de filtro 2</i>	20
<i>Pruebas en filtro 2</i>	20
<i>Resultados en filtro 2</i>	21
Conclusiones	21
Recomendaciones	21
Bibliografía	21
Agradecimientos	22

INTRODUCCIÓN

En este documento se muestra la instalación y operación de un sistema de filtración para la remoción de colorantes de agua residual, proveniente del lavado de telas de mezclilla, de la región de San Mateo Ayecac, Tepetitla de Lardizábal, Tlaxcala, México. Este prototipo está diseñado para utilizar materiales de filtración de bajo costo y accesibles a la población, como lo son arena, grava y piedra pómez de distinta presentación.

El objetivo general es presentar la forma de instalar, empaquetar y operar un prototipo de filtro que remueva colorantes del agua residual del lavado de mezclilla cruda, que pueda ser operado por la población involucrada (lavaderos), ubicada en distintas regiones de Tlaxcala, de acuerdo a sus necesidades. El propósito es obtener agua sin colorante, una vez que ha pasado por el sistema de filtración, y que pueda ser reutilizada en los mismos procesos o en su defecto dirigirla hacia otro(s) sistema(s) de filtración para, posteriormente, descargarla o usarla en otras actividades.

La instalación de este sistema de filtración beneficiará al medio ambiente y tendrá un impacto favorable en la población que directa o indirectamente utilizan dicho afluente.

Materiales de empaque del filtro

1. Placa de acero de diámetro $5 \frac{3}{4}$ pulgadas y $\frac{1}{8}$ de pulgada de espesor, con orificios de $\frac{3}{4}$ de pulgadas.
2. Malla de acero inoxidable mesh T304 (50 cm).
2. Piedra pómez de tamaño de 2.5 pulgadas.
3. Piedra pómez de tamiz $-1/4 +\#5$.
4. Piedra pómez de tamiz $-1/2 +1/4$.

5. Piedra pómez en polvo fino.
6. Arena de construcción (mina) sin tamizar.
7. Grava triturada (construcción).

Sistema de filtración

Se utilizó el sistema de filtración de agua, que se encuentra descrito en el manual *Diseño y Construcción de Sistema de Filtración de Agua*.

Metodología

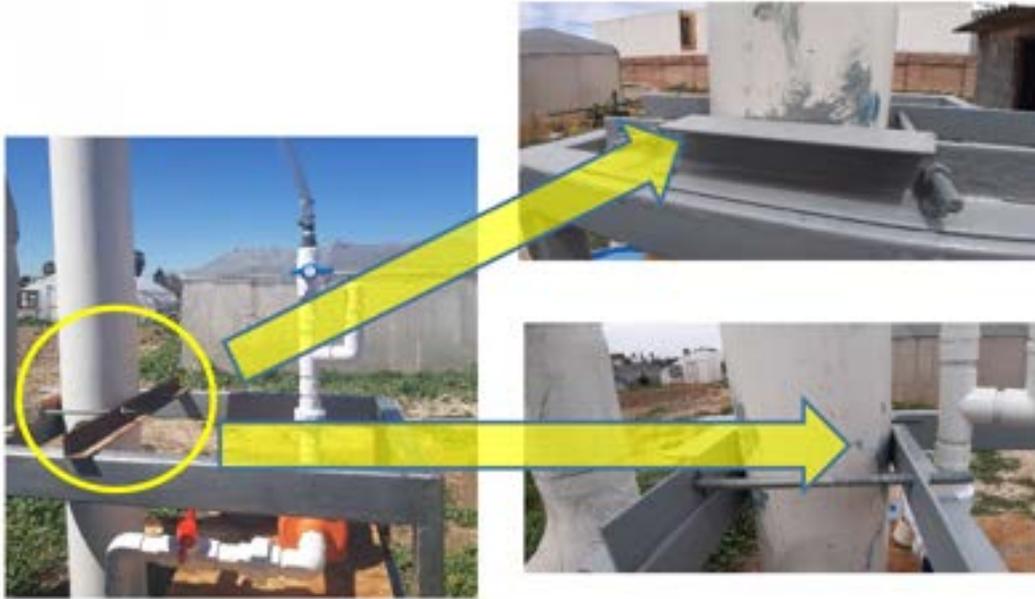
Instalación del filtro

Para la instalación del filtro, primeramente se coloca la parte inferior montado sobre los soportes metálicos (*Manual: Diseño y Construcción de Sistema de Filtración de Agua*), como se muestra en la Imagen 1. Posteriormente, el filtro debe sujetarse por la parte media para estar alineado verticalmente y evitar que gire (ver Imagen 2). La base metálica debe estar totalmente nivelada con respecto al piso.

Imagen 1. filtro montado sobre soporte



Imagen 2. filtro sujetado con tornillos sinfin



Preparación de empaçado del filtro

Para el empaquetamiento del filtro, se usó un lecho filtrante de adsorción por contacto, utilizando distintas granulometrías en diferentes materiales: arena, grava, piedra pómez (ver Imagen 3). En esta última, se utilizaron tres distintas presentaciones y tamaños: de 2.5 pulgadas, de tamiz $-1/4 +\#5$, $-1/2 +1/4$, y en polvo (ver Imagen 4). Con el filtro abierto y montado en el soporte metálico, primeramente, se coloca la placa circular de acero inoxidable recubierta con malla, en el fondo del filtro, asegurando que quede totalmente horizontal (ver Imagen 5).

Imagen 3. Material utilizado en filtro



Imagen 4. Piedra pómez en polvo



Imagen 5. Placa de acero inoxidable



El orden y las cantidades del material utilizado para el empaquetamiento de la columna de filtración son:

1. Colocar 10-15 piedras pómez de tamaño de 2.5 pulgadas, distribuyéndolas en todos los espacios disponibles.
2. Agregar la cantidad de 1 bote de 1 litro de grava triturada, distribuida sobre la piedra pómez.
3. Agregar 2 botes de 1 litro de pómez granulada de tamiz $-1/4 +\#5$, $-1/2 +1/4$.
4. Agregar 1 bote de 1 litro de arena de construcción.
5. Agregar 1 litro de agua limpia y verificar que salga por la parte inferior del filtro, de manera inmediata.
6. Agregar $2/3$ de litro de piedra pómez en polvo, humectada previamente con agua (¡es necesario realizar este paso!).
7. Colocar 10-15 piedras pómez de tamaño de 2.5 pulgadas, distribuyendo en todos los espacios disponibles.
8. Agregar la cantidad de 1 bote de 1 litro de grava triturada, distribuida sobre la piedra pómez.
9. Agregar 2 botes de 1 litro de pómez granulada de tamiz $-1/4 +\#5$, $-1/2 +1/4$.
10. Agregar $1/2$ bote de 1 litro de arena de construcción.
11. Agregar 5 litros de agua limpia y verificar que salga por la parte inferior del filtro, de manera inmediata.
12. Verificar el gasto, la cantidad de agua en volumen que sale en un tiempo determinado.
13. Una vez que toda el agua agregada ha salido, agregar $2/3$ litros de piedra pómez en polvo, humectada previamente con agua.
14. Agregar la cantidad de 1 bote de 1 litro de grava triturada, distribuida sobre la piedra pómez.
15. Agregar agua limpia de forma manual hasta abajo de la altura de la tuerca unión.
16. Se ajusta la parte superior (ver Imagen 7) mediante la tuerca unión, hasta apretar lo suficiente, colocando los o-ring de manera correcta (ver Imagen 8).

Imagen 6. Empacamiento de filtro



Imagen 7. Parte superior del filtro



Imagen 8. Filtro acoplado con tuerca unión



Operación (llenado) del filtro

1. Se agrega agua y se mide el gasto volumétrico (L/min), hasta terminar el agua.
2. Para llenar el filtro utilizando la bomba, se sigue el procedimiento descrito a continuación:
 - a) Verificar que todas las válvulas estén abiertas, excepto la que tiene el tubo de succión.
 - b) Colocar la válvula check del tubo de succión, a 30 cm del fondo del contenedor, para evitar extraer sedimento o basura (ver Imagen 9).

Imagen 9. Succión de agua



Imagen 10. purgado y cebado de bomba



- c) Verificar que la manguera no esté doblada, para permitir libremente el paso del agua.
- d) Realizar el purgado y cebado de la bomba para su correcto funcionamiento y evitar daño. Para el purgado de aire, se llena todo el tubo de succión hasta la válvula check; ya llena, se cierra el tapón y la válvula (ver Imagen 10).
- e) Encender la bomba e inmediatamente abrir la válvula del tubo de succión.

- f) Observar que el agua fluya inmediatamente hacia la parte superior del filtro, y verificar que no haya fugas de agua.
- g) Apagar la bomba después de observar que el agua no disminuye en la succión (1 min).
- h) Verificar si no existan fugas en el filtro.

NOTA: no exceder el tiempo de encendido de la bomba.

Filtración de agua contaminada

Una vez que el filtro está empaquetado con el material absorbente, y se ha verificado que no exista fuga de agua por uniones y conexiones, se procede a colocar en el filtro el agua residual a tratar, de acuerdo con la **Operación (llenado) del filtro**.

Resultados

Se realizó la filtración de 1 litro de agua contaminada con colorante (proveniente de lavanderías textiles). Para el paso del agua a tratar por el filtro, se agregó agua corriente de la llave. En la Imagen 11 se observa el agua con colorante textil: a) antes de pasar por el filtro y b) después del filtro. Para verificar la adsorción del colorante, se descargó el material absorbente del filtro. En la Imagen 12 se observa el colorante adsorbido.

Imagen 11. Agua con colorante textil, a) antes del filtro y b) después del filtro



Imagen 12. Material empaquetado en el filtro



Puesta en operación

La instalación de dos sistemas de filtración en campo se realizó por parte del Dr. Carlos A. Ávila Orta, Dr. Germán Alvarado Tenorio y la Dra. Ma. Lourdes Hernández Rodríguez, en la región de San Mateo Ayecac, Tepetitla de Lardizábal, Tlaxcala, México. El agua a tratar proviene de las lavanderías de mezclilla de diferentes procesos o acabados. Mayormente, el agua presenta un color azul índigo en distintas concentraciones. El procedimiento se realizó de acuerdo con la **metodología** descrita.

El primer filtro se instaló en la lavandería del Sr. Gerson Pulido, donde el agua que se trató se recolectó de los procesos de lavado de mezclilla. A continuación, se observa la instalación y llenado del filtro.

Para las pruebas realizadas en CIQA, se utilizó arena de mina gris (de construcción). Sin embargo, en la región de San Mateo Ayecac, Tepetitla de Lardizábal, la arena de construcción tiene diferente textura y tamaño, lo que dificultó al inicio la filtración. Fue necesario recurrir a arena procedente de un río cerca del poblado.

El filtro 2, se instaló en la lavandería de la Sra. Odilia Castañeda, a pocos metros del filtro 1, en otra lavandería.

Instalación de filtro 1



Llenado y empaquetado de filtro 1



Pruebas en filtro 1



Resultados en filtro 1



¡Agua filtrada!



Dr. Serafín Ríos, Dr. Germán Alvarado y Dr. Carlos Ávila (de izquierda a derecha).

Instalación de filtro 2



Llenado y empaquetado de filtro 2



Llenado y ensamblado de filtro 2



Pruebas en filtro 2



Resultados en filtro 2

Para el caso de los resultados del filtro 2, la concentración de agua con colorante textil es mayor a la utilizada en el filtro 1. Esto no permitió que el material adsorbiera la mayor cantidad de colorante, que se observó a simple vista. Para este caso, es recomendable colocar una cantidad mayor de piedra pómez en polvo o recircular el agua nuevamente por el filtro.

Conclusiones

La instalación de dos sistemas de filtración se realizó en dos lavanderías de San Mateo Ayecac, Tepetitla de Lardizábal, Tlaxcala, México. Se utilizó el agua proveniente de lavadoras industriales, donde se realizan lavados a la mezclilla para obtener diferentes terminados. Las pruebas indicaron que el agua, contaminada con colorante, puede ser tratada con estos sistemas de filtración de bajo costo y con materiales accesibles, ya que dicho sistema remueve el color. Este puede ser construido, instalado y operado por la misma población, después de recibir una breve capacitación sobre la construcción y operación.

Recomendaciones

Para realizar la descarga de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, se recomienda analizar el agua obtenida del sistema de filtración y cumplir con la NOM-001-SEMARNAT-2021. En caso de ser necesario, se recomienda otra etapa de filtración por métodos físicos, químicos o biológicos.

Bibliografía

Nata Llamuca, J. V. (2018). *Análisis de piedra pómez como filtro en el tratamiento de aguas residuales provenientes de una lavadora y lubricadora de autos “City wash”, ubicada en la ciudad Ambato, provincia de Tungurahua*. (Tesis de grado). Ambato, Ecuador.

Maldonado Rogel, A. N. y Molina Ayala, R. M. (2011). *Estudio para la reducción de colorantes de las aguas residuales de la industria textil a través de procesos electroquímicos*. (Tesis de grado). Cuenca, Ecuador.

Agradecimientos

Al **Centro de Investigación en Química Aplicada y al Colegio de Tlaxcala**, por el financiamiento para la instalación y capacitación de 2 sistemas de filtración, en la región de San Mateo Ayecac, Tepetitla de Lardizábal, Tlaxcala, México. A los microemprendedores, señor Gersón Pulido Nieves y contadora Ma. Odilia Castañeda Cortés, por la autorizar la instalación de los filtros en sus microemprendimientos. A las autoridades estatales de Tlaxcala (Secretaría del Medio Ambiente, Procuraduría de Protección al Ambiente, y Comisión Estatal del Agua y Saneamiento) por su presencia durante las pruebas.



La edición de esta obra estuvo a cargo de Arturo Juárez Martínez, Mary Carmen Paredes Díaz y Rafael Cruz Sánchez.

Se terminó de subir a la red en septiembre de 2024.

Se empleó tipografía Times New Roman,
tamaño 9, 10, 11, 13, 18, 20 y 24.

Septiembre
2024.

ISBN: 978-607-5926-03-2



9 786075 926032