# MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE PLANTAS DE AGUA POTABLE Y RESIDUAL COMPACTAS

**FILTRA H20**


| | |
|---|---|
| **Brayan Felipe Peña Hernández** | **20192085049** |
| **Harold David Bossa Aguilar** | **20192085003** |



**UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS FACULTAD DEL MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES**

**TECNOLOGÍA EN SANEAMIENTO AMBIENTAL**

**BOGOTÁ D.C**

**2022**

**Tabla de Contenido**

Resumen ..... 3

Objetivos ..... 4

Contextualización de la Empresa ..... 5

Actividades ..... 5

Resultados ..... 6

PTAP ..... 7

Torres de aireación ..... 8

Coagulación – floculación ..... 10

Sedimentación de alta tasa ..... 12

Filtración ..... 15

Suavización ..... 19

Desinfección ..... 21

PTAR ..... 24

Trampa de grasa ..... 24

Tanque homogeneizador. ..... 27

DAF ..... 30

Filtro percolador. ..... 34

Lodos activados ..... 38

Análisis de los Resultados ..... 42

Conclusiones ..... 43

Evaluación de la Pasantía y Recomendaciones ..... 44

## Resumen

Las actividades realizadas en la empresa Filtra H2O tuvieron la finalidad de desarrollar un manual de mantenimiento y operación para plantas de tratamiento de agua residual y potable compactas, se definieron las unidades de tratamiento a las cuales se llevaría a cabo el instructivo; la información suministrada por la empresa se comparó con la bibliografía existente con el propósito de que existiera una coherencia con los sistemas de tratamientos ofrecidos por la entidad atendiendo a sus particularidades de operación y mantenimiento. Se generó una explicación del principio de funcionamiento, con base en ilustraciones y/o esquemas de elaboración propia, asimismo, se estableció la correcta operación y mantenimiento de estas unidades sustentado en diferentes referentes bibliográficos presentando la información de manera gráfica.

Se obtuvo una guía que describe de manera sencilla cada parte del funcionamiento de estas unidades especificando la periodicidad de estos procedimientos, brindando información sintética y organizada de los procesos que engloban a un sistema compacto de tratamiento de aguas con el objeto de, un operario pueda ejecutar estas actividades de manera pertinente evitando el deterioro de las plantas de tratamiento compactas.


***Palabras claves:*** Operación y mantenimiento, sistema de tratamiento compacto, planta de tratamiento, agua residual, agua potable.

# Objetivos

## Objetivo General

Desarrollar un manual de operación y mantenimiento para plantas compactas de agua potable y residual en la empresa Filtra H2O Ltda., en la localidad de Suba, Bogotá.

## Objetivos Específicos

- Establecer la correcta operación de los sistemas compactos de tratamiento de aguas.

- Determinar las acciones que eviten el deterioro de las plantas compactas de tratamiento de aguas.

## Contextualización de la Empresa

Filtra H2O Ltda., ubicada en la localidad de Suba, en Bogotá, es una empresa constructora enfocada en los sistemas de tratamiento de aguas potables y residuales, asimismo, suministra materiales filtrantes e insumos.

En relación a la dependencia en donde se llevarán a cabo las actividades de la pasantía corresponde al área de ingeniería de la empresa la cual es la encargada del dimensionamiento de las plantas de tratamiento que son solicitadas y demás mejoras que se les hacen a los sistemas ofrecidos.

### Misión

Son una empresa constructora, especializada en sistemas de tratamiento de aguas, y suministro de materiales filtrantes e insumos, que persigue activamente la satisfacción de sus clientes, mediante el control integral de sus procesos de fabricación en PRFV y el proceso de sus materiales filtrantes.

La compañía contribuye al mejoramiento ambiental en vertimientos y calidad de agua potable, proporcionando servicios de alta calidad y que representen un alto valor agregado a las soluciones de sus clientes.

### Visión

Filtra H2o, asume el reto de convertirse en el mediano plazo en la compañía líder en el mercado de insumos para tratamiento de aguas y el diseño y construcción de sistemas integrales para tratamiento de aguas, desarrollando proyectos de alto impacto ambiental y generando un ambiente de alta confianza a nuestros clientes y proveedores.

## Actividades

### Fase de Diagnóstico

Identificar las plantas de tratamiento de agua potable y residual (Conocer los respectivos procesos y funciones de cada planta)

Establecer la correcta operación de cada una de los sistemas de tratamiento (Definir la operación de los sistemas de tratamiento ofrecidos por la empresa)

Proponer acciones para el debido mantenimiento de los equipos. (Establecer actividades de mantenimiento correctivo y preventivo a las plantas de tratamiento).

**Fase de Elaboración**

Análisis de información recolectada de la empresa y comparación con bibliografía por medio de la búsqueda de información tomando como referencia manuales de operación y mantenimiento de plantas de tratamiento y la normatividad colombiana correspondiente (RAS 2000 Titulo E, y la resolución 631 de 2015) confrontándola con las unidades de tratamiento ofrecidas con la empresa buscando una coherencia en la información.

Estructuración del manual de operación y mantenimiento (Precisando los aspectos e información clave que se deben incluir en el manual, asimismo, fijando la estructura de presentación del instructivo)

Producción de material didáctico anexo al manual (A Través de diagramas de flujo y modelos 3D se pretende suministrar la información de manera esquemática y de fácil aplicación, que enseñe el funcionamiento, mantenimiento y operación de cada unidad de las diferentes plantas).

**Fase de Finalización**

Entrega del instructivo (Manual de operación y mantenimiento de plantas de agua residual y potable, compactas).

## Resultados

Atendiendo a los objetivos propuestos en las actividades de la pasantía se presenta el manual de operación y mantenimiento de los sistemas de tratamiento ofrecidos por la entidad Filtra H2O.

**PTAP - Planta de Tratamiento de Agua Potable**

Una planta de tratamiento de agua potable (PTAP) consta de estructuras y sistemas de ingeniería en las que se trata el agua para volverla apta para el consumo humano.

En el caso de las de las PTAP compactas brindan facilidad para su instalación, manejan caudales más pequeños perfectos para cualquier tipo de proyecto a pequeña escala, en empresas de cualquier sector que desee o por la norma colombiana deban contar con este sistema.

El tratamiento de aguas y las plantas de tratamiento de agua son una gran variedad de procesos, sistemas y operaciones unitarias de tipo físico, químico o biológico cuya finalidad es que a través de los equipamientos elimina o reduce la contaminación o las características no deseables de las aguas, bien sean naturales, de abastecimiento, de proceso o residuales.

**Figura 1.**

*Montaje de la planta de tratamiento de agua potable (PTAP)*

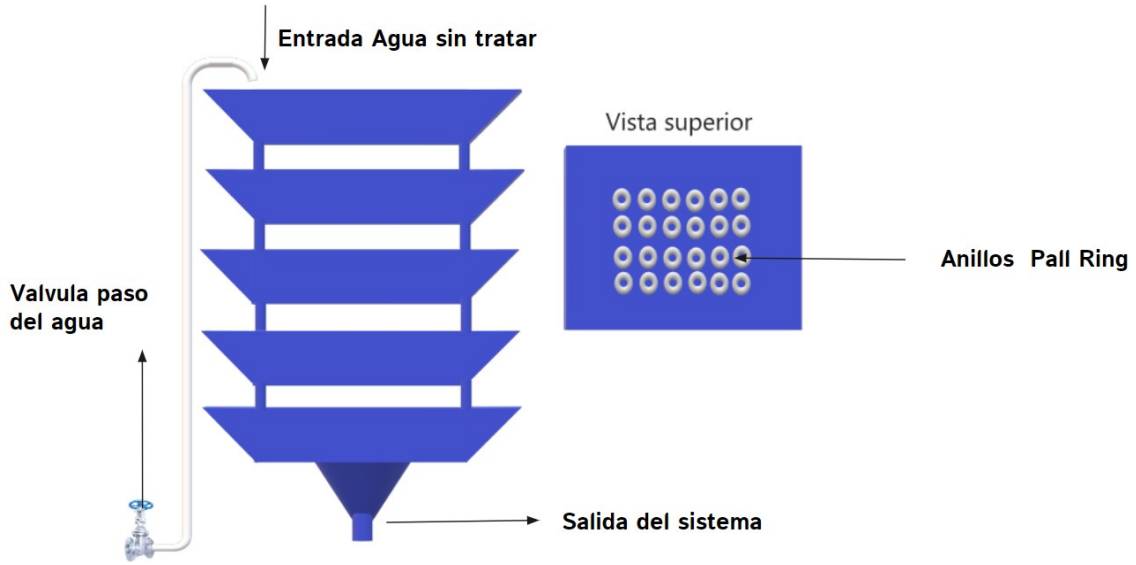


**Nota.** La imagen es tomada de uno de los montajes de PTAP que son instalados por parte de la empresa FILTRA H20, para el tratamiento de agua potable, donde podemos observar las diferentes unidades que se explicaran en el presente informe. Tomado de FILTRA H2

***Torres de Aireación***

**Figura 2.**

*Diagrama de la torre de aireación*



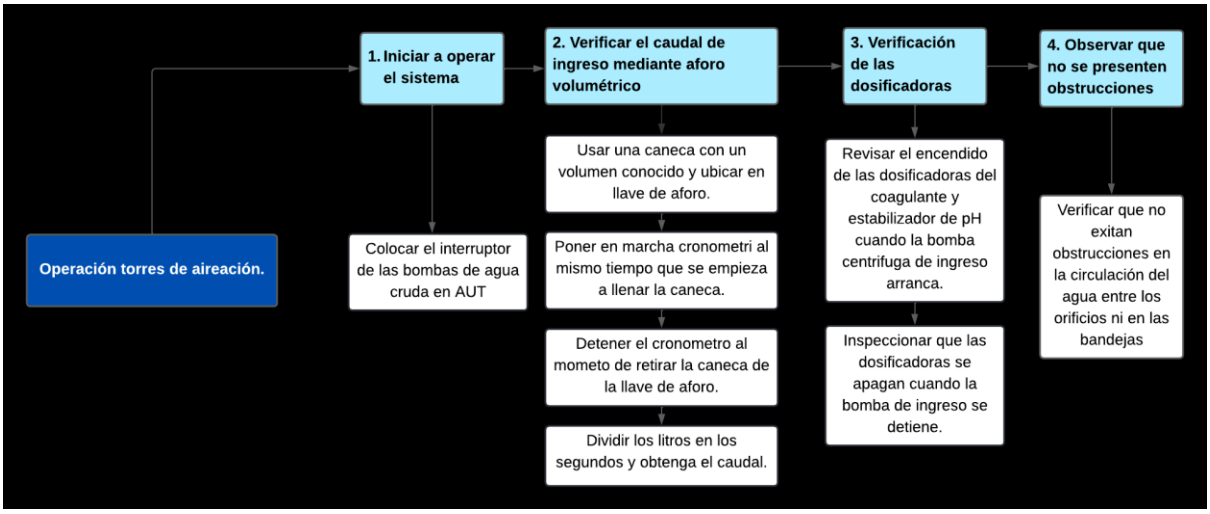

**Nota.** La figura representa el diagrama de la primera unidad instalada en una PTAP el cual es la torre de aireación, donde se puede observas las diferentes bandejas, los anillos Pall Ring, y la entrada y salida del agua de la unidad.

**Funcionamiento.** Las torres de aireación son utilizadas para remover del agua gases contaminantes, esto a través de la circulación de agua a través de las diferentes bandejas posicionadas una debajo de la otra, el agua ingresa por la parte superior de la torre y desciende bandeja por bandeja, por el efecto de la gravedad, y generando contacto con anillos Pall-Ring o similares, entre cada bandeja, hasta terminar su ciclo en la última bandeja.

**Operación.**

**Figura 3.**

*Operación de las torres de aireación*




**Nota.** Diagrama de flujo de la correcta operación de las torres de aireación, con las diferentes tareas a realizar en diferentes momentos de la unidad. Adaptado de Constructora Bolívar, 2022.

**Mantenimiento.** Lavado (Cepillado) y desinfección de torre de aireación (recomendable el uso de hipoclorito), con esto se evita el crecimiento de microorganismo, (en caso de crecimiento se recogen las natas antes de realizar el lavado) recomendable realizar esta actividad, cada 15 o 30 días, según se crea necesario.

Según Constructora Bolívar (2022) en este equipo, las partículas de biomasa y barro van quedando retenidos en los elementos de contacto pall-ring instalados en cada bandeja.

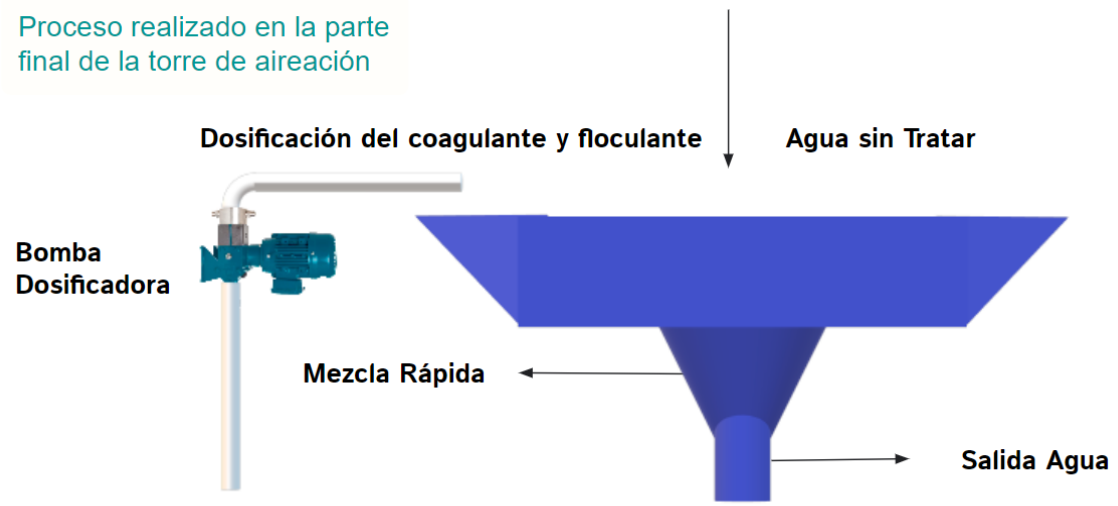
Se debe tener cuidado que no se obstruya la torre, dichas bandejas deben limpiarse como mínimo una vez al mes retirando partículas grandes y lama; además, dependiendo de las características del agua a tratar los elementos de contacto pall-ring, deben, limpiarse cada 3 a 4 meses, para ello, en un recipiente plástico grande, se debe preparar una solución de ácido clorhídrico y agua con una concentración del 3%, posteriormente, se introducen los anillos y se mezclan, para que el ácido actúe. Cuando ya se remueve la mayor cantidad de sólidos se

introducen en otro recipiente con solo agua para realizarles un enjuague; si los sólidos no se desprenden con facilidad, se dejan unas 24 horas, luego se enjuagan para retirar el lodo desprendido y se instalan nuevamente.

***Coagulación – Floculación***

**Figura 4.**

*Diagrama del procedimiento en coagulación – floculación.*




**Nota.** La imagen representa el diagrama del momento donde se realiza el proceso de Coagulación – Floculación, el cual ocurre al finalizar la aireación del agua en la torre.

**Funcionamiento.** Consiste en aplicar coagulante y floculante al agua a tratar, aplicado con bomba dosificadora los productos químicos, la cantidad de adicción, se determina con ensayos previos, aplicando poco a poco los químicos a una muestra de agua hasta lograr que se realice el procedimiento adecuado, es decir se forman partículas con el suficiente tamaño para generar la sedimentación por gravedad, teniendo claro la cantidad de adición de químico por cada litro de agua, se procede a ajustar la dosificación. La mezcla del agua y los productos químicos se conoce como mezcla rápida, la cual se lleva a cabo en la parte inferior de la torre de aireación, en su parte inferior se encuentra una forma de embudo, donde el agua es vaciada en forma de remolino permitiendo una adecuada mezcla.

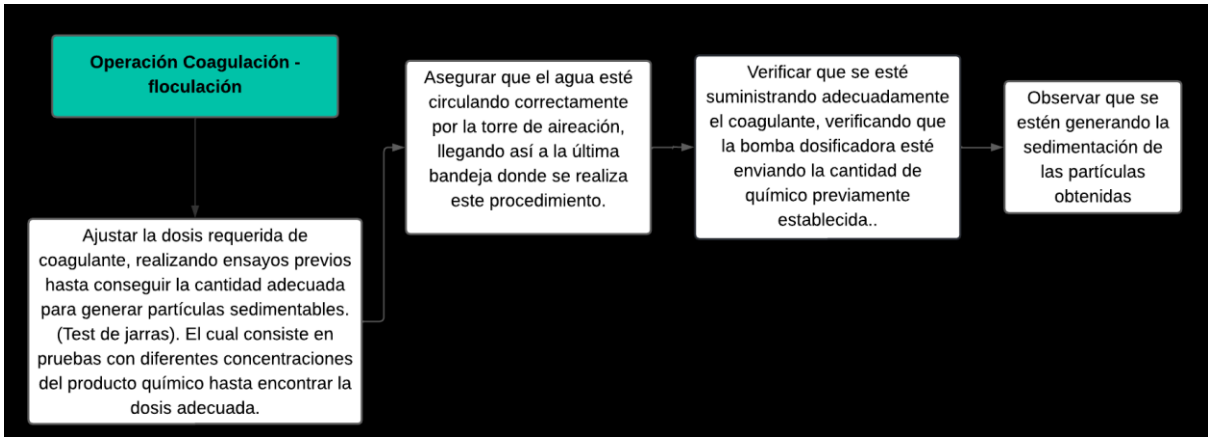
**Operación.** Para un adecuado funcionamiento de esta unidad se deben llevar a cabo las siguientes actividades de operación:

- Ajustar la dosis requerida de coagulante, realizando ensayos previos hasta conseguir la cantidad adecuada para generar partículas sedimentables. (Test de jarras). El cual consiste en pruebas con diferentes concentraciones del producto químico hasta encontrar la dosis adecuada.
- Asegurar que el agua esté circulando correctamente por la torre de aireación, llegando así a la última bandeja donde se realiza este procedimiento.
- Verificar que se esté suministrando adecuadamente el coagulante, verificando que la bomba dosificadora esté enviando la cantidad de químico previamente establecida.
- Observar que se estén generando la sedimentación de las partículas obtenidas.

**Mantenimiento.** Lavado (cepillado) de canales o embudos, con el uso de hipoclorito, eliminando sedimentos que puedan quedar en el embudo o material biológico que se pueda generar, con frecuencia de una vez cada 3 meses.

**Figura 5.**

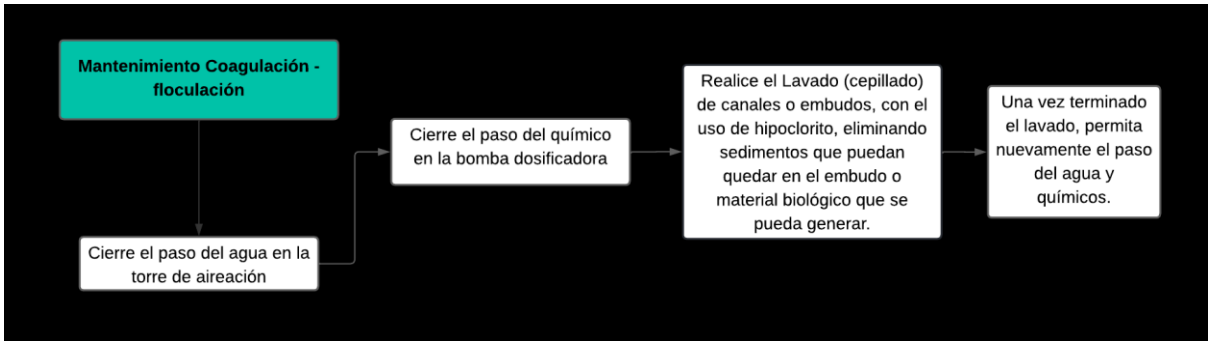
*Operación en la coagulación - floculación*




**Nota.** Diagrama de flujo de los pasos a seguir para realizar la *coagulación - floculación*.

**Figura 6.**

*Mantenimiento coagulación - floculación*

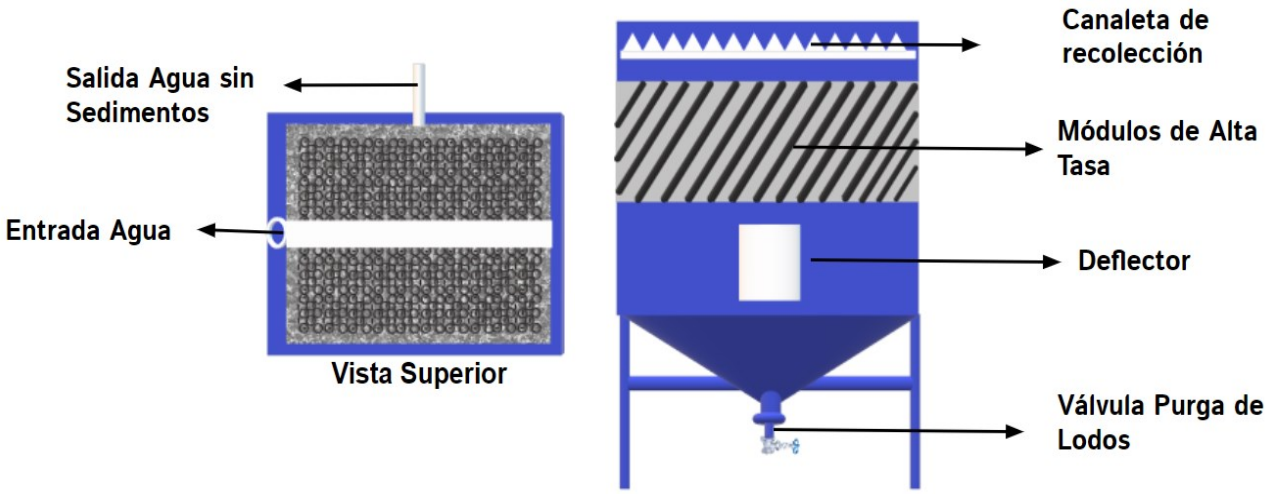



**Nota.** El diagrama de flujo representa los pasos a seguir al momento de realizar el mantenimiento, donde se lleva a cabo la coagulación – floculación.

***Sedimentación de Alta Tasa***

**Figura 7.**

*Diagrama sedimentador de alta tasa*




**Nota.** Representación de la unidad de sedimentación de alta tasa desde una vista perfil y superior, señalando cada parte de esta unidad.

**Funcionamiento.** La sedimentación es el proceso mediante el cual partículas sólidas suspendidas con mayor peso que el agua son removidas por acción de la gravedad, dicho tratamiento es favorecido a medida que aumenta el área de sedimentación; los sedimentadores de alta tasa se subdividen en varios compartimientos inclinados lo que permite aumentar el

área de sedimentación y hace más rápido el proceso, de igual forma, la inclinación del módulo de alta tasa permite que las partículas sólidas se decantan por su propio peso por lo que reduce la acumulación de sólidos por lo que su limpieza es menos frecuente (Rincón et al, 2014)

**Operación.**

**Tabla 1.**

*Operación*

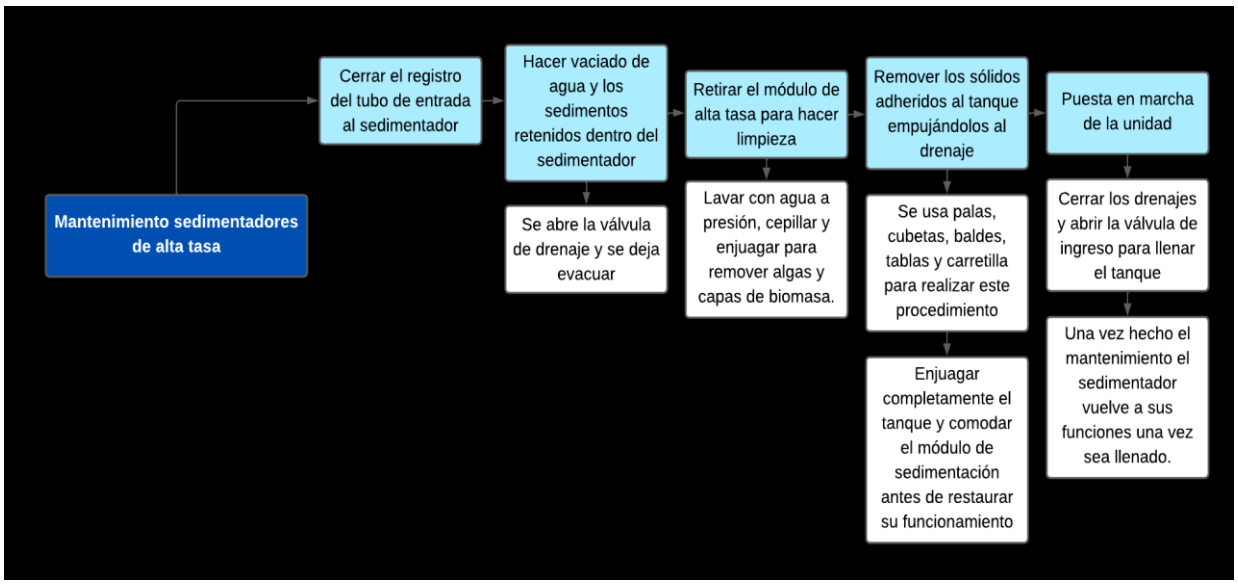
| **Actividad** | **Descripción** |
|---|---|
| Medición y control de caudal | ● Hacer aforo volumétrico mediante una caneca con un volumen conocido, se ubica en llave de aforo y se mide el tiempo que tarda en llegar a determinado en volumen de la caneca, se divide los litros de la caneca entre el tiempo que tardó en llegar al volumen conocido.<br>● Ajustar la válvula de entrada hasta alcanzar el caudal de operación. |
| Medición de turbiedad | ● Medir la turbiedad a la entrada y salida de la unidad. |
| Evacuación de lodos | ● Se debe hacer la evacuación de lodos con la válvula de purga de lodos al momento de que la diferencia entre la turbiedad del agua de entrada y el agua de salida sea baja. |
| Registrar la información | ● Anotar valores de turbiedad a la entrada y salida.<br>● Cambios de caudal durante el día y fecha de la purga de lodos. |

**Nota.** Actividades a realizar al momento de operar la unidad donde ocurre la sedimentación de alta tasa. Adaptado de OPS, 2005.

**Mantenimiento.** Se debe realizar el lavado y desinfección de las láminas o placas sedimentadoras, en una frecuencia de una vez cada 6 meses. Realizar la purga de lodos, abriendo la válvula en la parte inferior del tanque, con una frecuencia de una vez al día.

**Figura 8.**

*Mantenimiento Sedimentador de alta tasa*

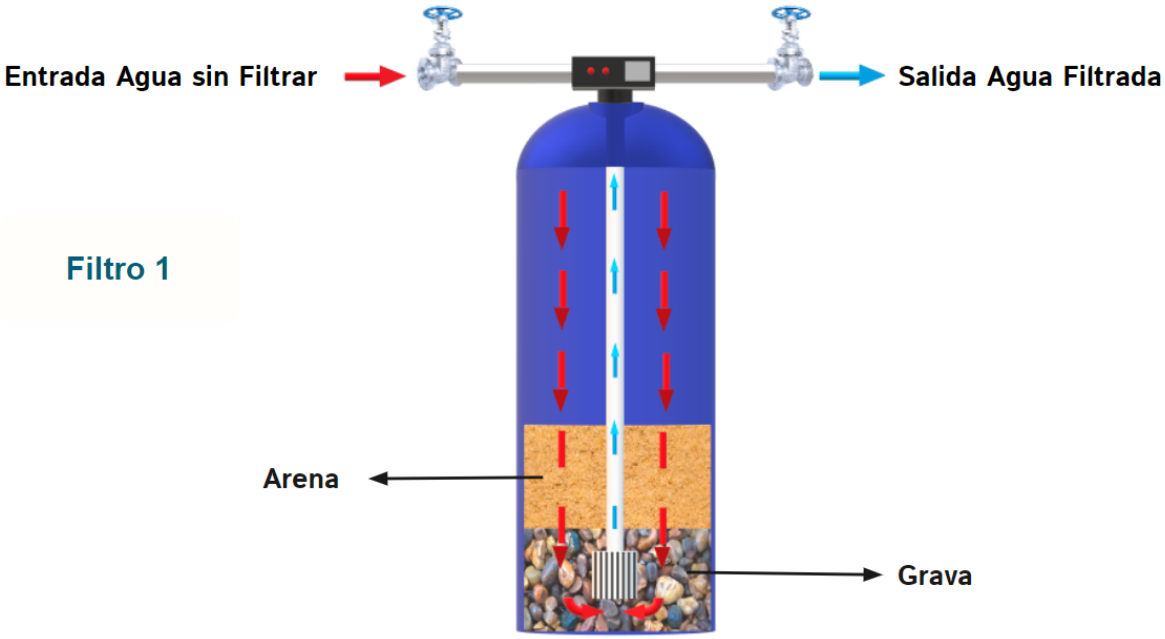



**Nota.** Diagrama de flujo del paso a paso que se debe realizar al momento de hacer el mantenimiento del sedimentador de alta tasa. Adaptado de OPS, 2005

**Filtración**

**Figura 9.**

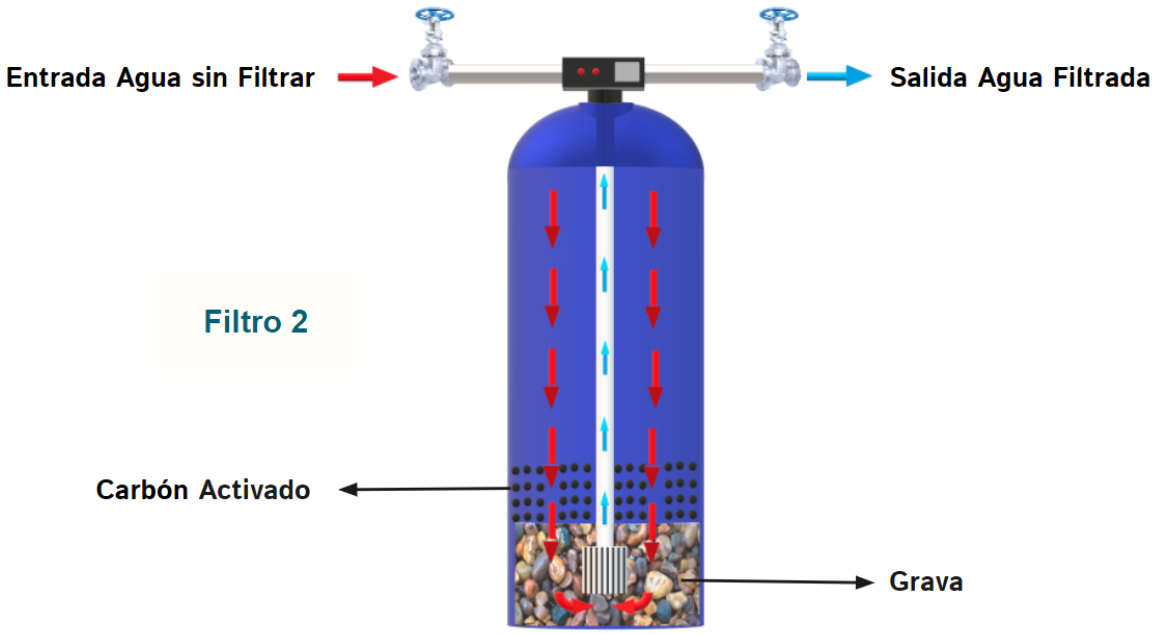
*Diagrama Filtro 1*




**Nota.** La unidad de filtración del agua cuenta con el uso de dos filtros, donde el primer filtro cuenta con el uso de material de soporte grava, y en la parte superior arena.

**Figura 10.**

*Diagrama Filtro 2*




**Nota.** El filtro 2 de la unidad de filtración está compuesto por el material de soporte grava y carbón activado en la parte superior.

**Funcionamiento.** La filtración del agua consiste en hacerla pasar por substancias porosas que puedan retener o remover algunas de sus impurezas. Estos filtros son (grava - arena y grava - carbón activado), ubicados respectivamente, el filtro de grava - arena tendrá como función eliminar o atrapar partículas de un tamaño considerable, como fibras de cabello o sedimentos, que llegaron a este punto del tratamiento, el agua saldrá de manera cristalina, donde pasará por la tubería de salida al siguiente filtro de grava - carbón activado, este filtro es utilizado para eliminar el sabor y olor del agua, que puedan generar una mala potabilización.

El agua es transportada por tuberías donde llegará a la válvula del primer filtro (grava - arena), la cual tendrá como finalidad que el agua entre al filtro, y pase por el material filtrante, una vez pase por el material, subirá por presión, por un tubo que se encuentra dentro del filtro, esta agua filtrada será transportada por la tubería de salida que estará conectada al filtro 2 (grava - carbón activado), donde se repetirá el mismo procedimiento del filtro 1, el agua saldrá

nuevamente filtrada por este último filtro, la tubería de salida está conectada al siguiente proceso de potabilización el cual es el tanque suavizador.

**Operación.** La operación de los sistemas de filtración se debe llevar a cabo de la siguiente manera:

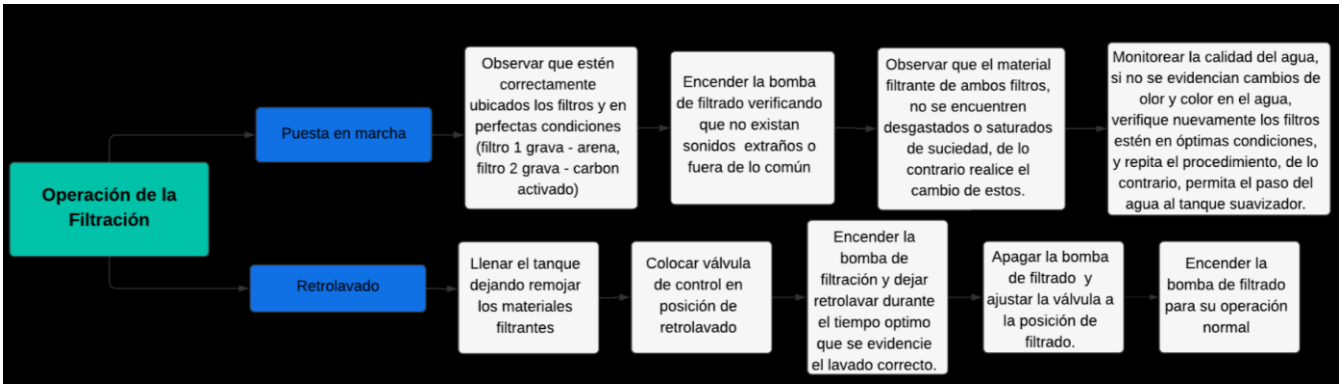
- Observar que estén correctamente ubicados los filtros (filtro 1 grava - arena, filtro 2 grava - carbón activado)
- Verifique que las tuberías de entrada y salida se encuentren conectadas correctamente al tanque de filtración
- Asegúrese que la válvula se encuentre en posición de filtrado, de lo contrario realice la corrección.
- Observar que el material filtrante de ambos filtros, no se encuentren desgastados o saturados de suciedad, de lo contrario realice el cambio de estos.
- Abrir la válvula para el paso del agua, en posición de filtrado, o en servicio en caso de ser una válvula automática.
- Monitorear la calidad del agua, al salir de ambos filtros, si no se evidencian cambios de olor y color en el agua, verifique nuevamente los filtros estén en óptimas condiciones, y repita el procedimiento, de lo contrario, permita el paso del agua al tanque suavizador.

**Mantenimiento.** Lavado y desinfección de los equipos, lavado de los filtros cada 2 o 3 días, o cuando sea necesario, en caso de observar que los materiales filtrantes se encuentran desgastados o en mal estado, como lo pueden ser saturados de suciedad, realice el cambio de los materiales filtrantes. Al momento de realizar el lavado de los filtros, se debe colocar la válvula en posición de retrolavado (enjuague), limpia y acomodada según el peso de los materiales filtrantes.

**Figura 11**.

*Operación filtración*

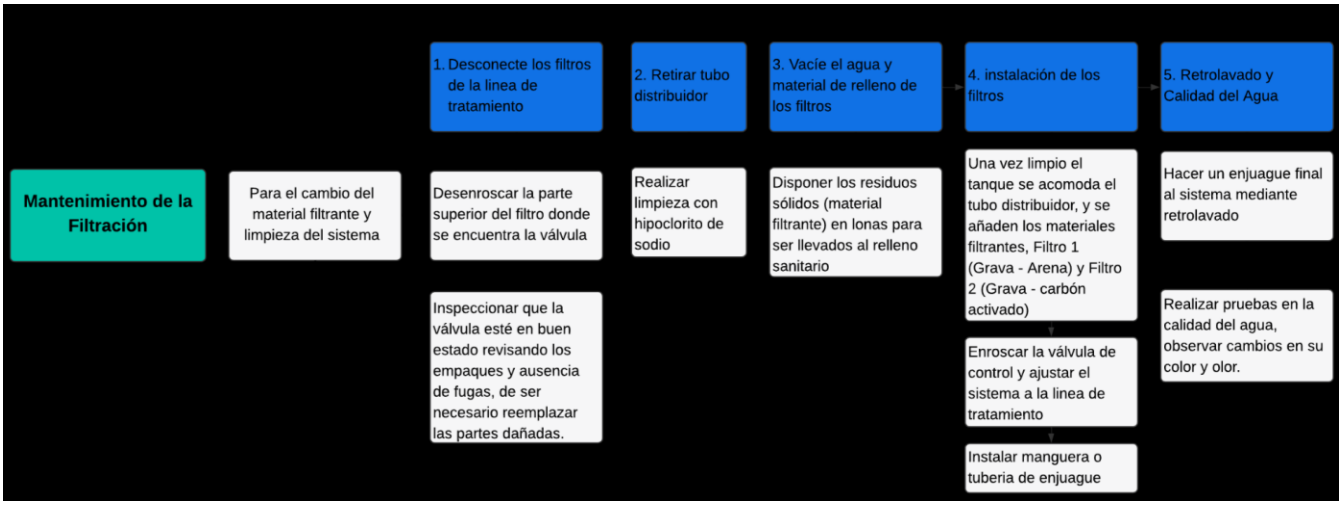
**Fuente:** Modificado por los autores.




**Nota.** Diagrama de flujo de las actividades a realizar para la correcta operación de la unidad de filtración. Adaptado de Purikor, 2018

**Figura 12.**

*Mantenimiento Filtración.*

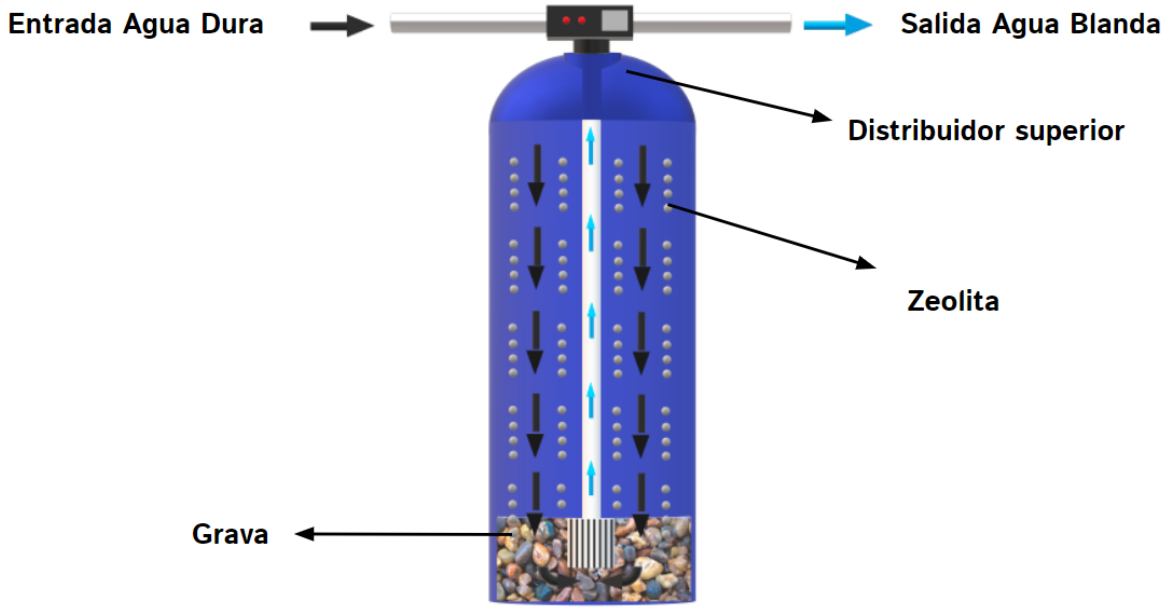



**Nota.** Diagrama de flujo mantenimiento de los tanques de filtración dispuestos en la PTAP. Adaptado de Oasis Express, 2022

***Suavización***

**Figura 13.**

*Diagrama tanque suavizador*




**Nota.** Esquema de la parte interna del tanque suavizador, donde se puede observar su funcionamiento, el tanque cuenta con la grava como material de soporte, y en la parte superior zeolita.

**Funcionamiento.** El proceso de suavizador de agua o ablandador, es un sistema que tiene por finalidad obtener agua con bajo contenido de dureza, a través del tanque suavizador conectado por tuberías, una de entrada del agua sin tratar y la otra donde saldrá el agua tratada. El agua sin tratar es transportada al tanque suavizador, donde dentro se realizará el proceso de suavización, por la otra tubería dispuesta en la válvula saldrá el agua tratada.

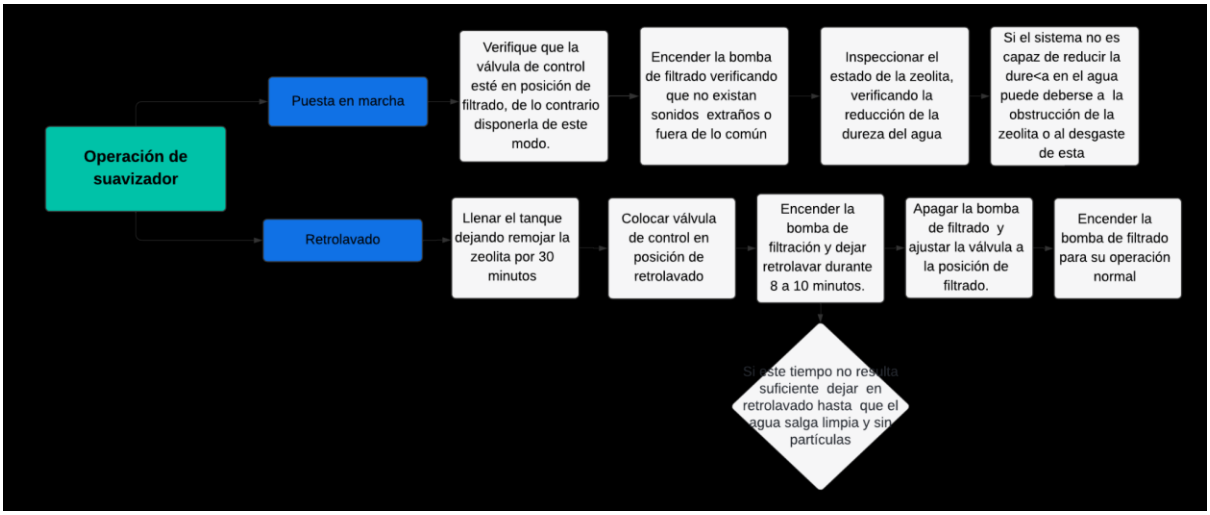
El proceso de suavización del agua se basa en la remoción de iones de calcio y magnesio por medio de la zeolita la cual retiene los iones de estos elementos liberando iones de sodio o potasio los cuales no se adhieren a las paredes de las tuberías y no presentan reacciones indeseadas, el agua entra al sistema por medio de un distribuidor superior y pasa

por la zeolita removiendo su dureza, en la parte inferior es recogida y llevada a la siguiente unidad. (“Información Técnica y Comercial de los Suavizadores de agua”, 2019)

**Operación.**

**Figura 14.**

*Operación del suavizador*




**Nota.** Diagrama de flujo de las actividades a realizar para la correcta operación en el tanque suavizador. Adaptado de Purikor, 2018

**Mantenimiento.**

**Figura 15.**

*Mantenimiento del Suavizador*

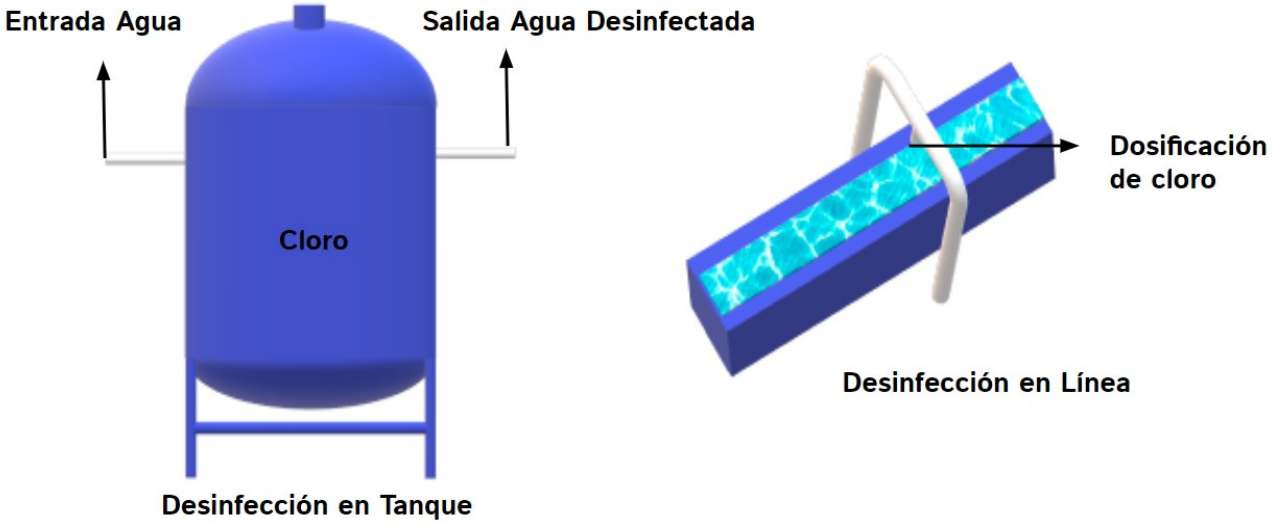


**Nota.** Diagrama de flujo del correcto mantenimiento que se debe llevar acabo en el tanque suavizador. Adaptado de Oasis Express, 2022

***Desinfección***

**Figura 16.**

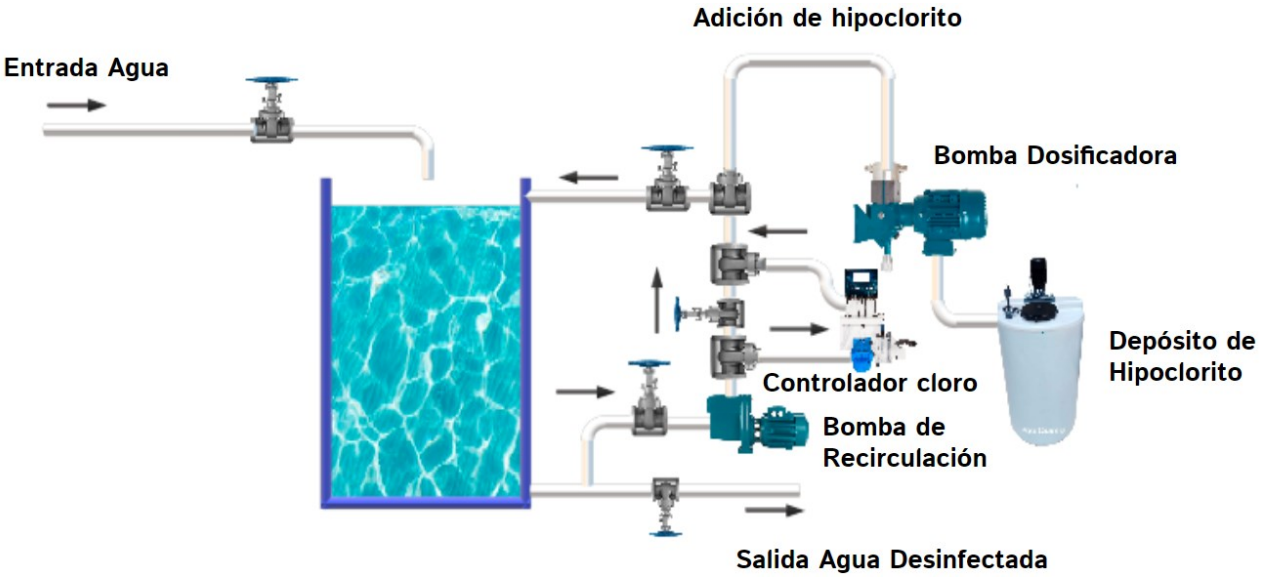
*Diagramas Desinfección*




**Nota.** El esquema representa la desinfección en tanque y en línea, de una PTAP

**Figura 17.**

*Diagrama del funcionamiento de la Desinfección*



**Nota.** El esquema representa como se realiza y que elementos son necesarios al momento de realizar la desinfección del agua.

**Funcionamiento.** La desinfección del agua en las plantas de tratamiento de agua se realiza a partir de una solución de hipoclorito de sodio o hipoclorito de calcio, con el fin de eliminar microorganismos patógenos que estén presentes en el agua, recirculando un porcentaje del agua tratada hacia un tanque que contiene la solución de hipoclorito y regulando la concentración de esta sustancia que ingresa al tanque de almacenamiento mediante válvulas o bombas dosificadoras, este proceso también se puede hacer realizando la aplicación de cloro en línea, a través de canales. (Batallanos, 2021).

**Operación.**

**Tabla 2.**

*Operación Filtración*

| **Periodo de tiempo** | **Actividad** | **Materiales necesarios** |
|---|---|---|
| Diariamente | ● Revisar lubricación de la bomba dosificadora.<br>● Verificar el funcionamiento de la bomba revisando que no existan sonidos anormales.<br>● Limpiar el tubo que va de la solución de hipoclorito a la bomba dosificadora. | ● Aceites<br>● Detergentes.<br>● Solución de ácido clorhídrico al 5%. |

| | | |
|---|---|---|
| Semanalmente | • Limpieza de las partes de la bomba.<br>• Inspeccionar el diafragma de la bomba y válvulas.<br>• Hacer aforo volumétrico del caudal de entrada, dependiendo de este y la dosificación que se tenga establecida se calcula la cantidad de hipoclorito que se requiere adicionar para un determinado periodo de tiempo. Es importante recordar que para calcular la desinfección del agua se utilizan los valores CT=concentración x tiempo.<br><br>concentración = concentración final de desinfectante en mg/l<br><br>tiempo = tiempo mínimo de exposición en minutos<br><br>• Si la dosificación es mediante una válvula se debe verificar que el caudal de goteo sea el óptimo haciendo un aforo volumétrico en la llave de aforo para tal fin. | Recipiente con volumen conocido y cronómetro para aforo volumétrico. |
| Anualmente | Desmontaje completo, se lubrica el motor, se cambian empaques dañados y se hace un chequeo general del equipo. | • Aceite.<br>• Solución de ácido clorhídrico al 5%.<br>• Detergentes.<br>• Empaques, diafragmas y demás partes de la bomba. |

| | | |
|---|---|---|
| | | • Tubo de succión.<br>• Manguera. |

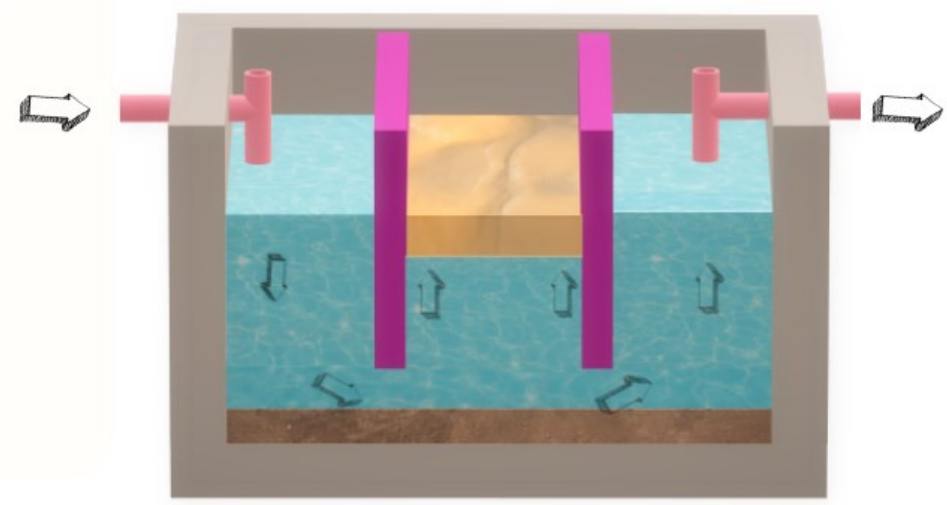
**Nota.** Actividades a realizar para la correcta operación de la unidad de desinfección. Adaptado de SENA, 1999; ALAC Cajamarca, 2020.

**PTAR – Planta de Tratamiento de Agua Residual**

***Trampa de Grasa***

**Figura 18.**

*Diagrama Trampa de Grasas*



**Nota.** Diagrama representativo del funcionamiento de la trampa de grasas

**Funcionamiento.** Es un dispositivo empleado para separar las grasas y residuos sólidos presentes en el afluente, las trampas de grasa retardan el flujo de agua que entra

mediante unos deflectores con el fin de dar tiempo a las grasas y aceites a separarse del agua, dichos residuos quedan en la superficie adheridos a los deflectores y el agua tratada fluye en la parte inferior.

**Operación.**

- Para una correcta operación del sistema se debe observar que se esté generando una cantidad de turbulencia en el flujo.
- Corroborar que el sistema tenga una capacidad suficiente de acumulación de sólidos entre cada periodo de mantenimiento.
- Ordenar las actividades para el correcto funcionamiento de la unidad contemplando los recursos necesarios para desarrollarlas con la finalidad de prevenir daños o la disminución de la eficiencia del sistema programando los mantenimientos imprescindibles; para ello se requiere hacer un inventario técnico en donde se revisa la instalación y el estado de las partes que conforman la trampa de grasas, este procedimiento se debe hacer continuamente cada que se opere o se tenga contacto con la unidad. (Mendivelso et al. s. f.)
- Verificar que la trampa de grasas tenga un tiempo de retención hidráulico (tiempo que el flujo dura en el sistema) correspondiente a la **Tabla 3**

**Tabla 3.**

*Tiempo de retención hidráulica que se recomienda dependiendo del caudal de entrada al sistema.*

| Tiempo de retención (minutos) | Caudal de entrada (L/s) |
|---|---|
| 3 | 2 - 9 |
| 4 | 10 - 19 |

| | |
|---|---|
| 5 | 20 o más |

**Nota.** A diferentes tiempos de manejo de retención, se manejan diferentes caudales . Adaptado de RAS Título E, 2000.

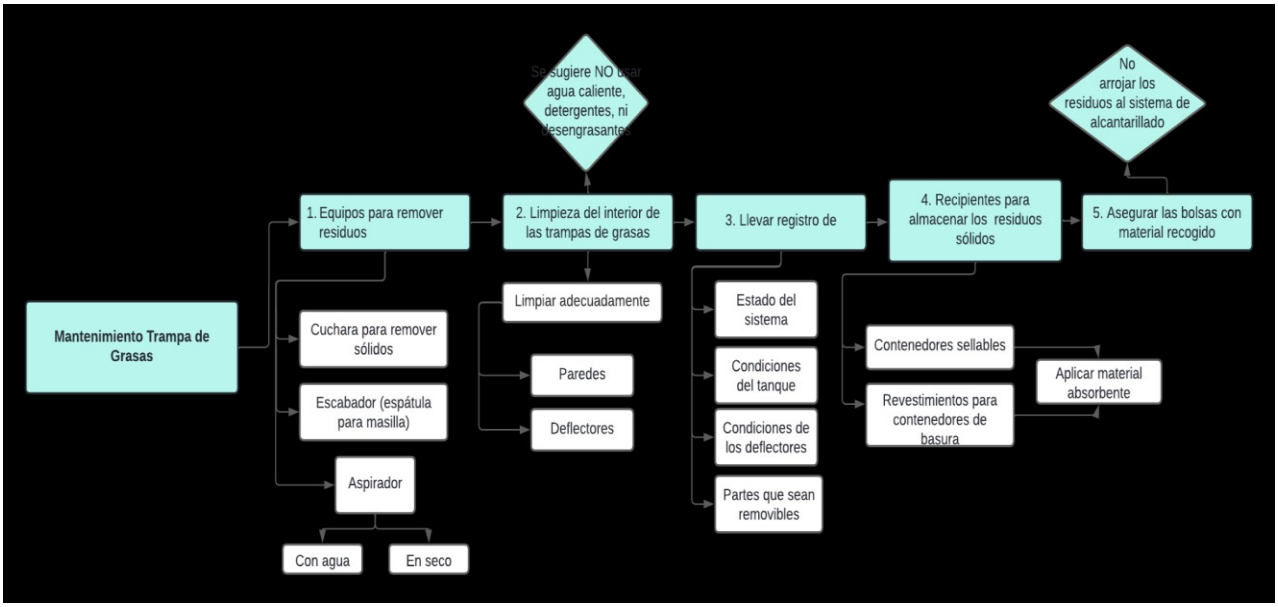
**Mantenimiento.** Su mantenimiento debe ser una vez por semana como mínimo, sin embargo, la periodicidad depende del tamaño de la trampa de grasa y de la composición del agua residual, se debe tener en cuenta que el mantenimiento se hace cuando los sólidos ocupen el 25% de su volumen.

Al momento del mantenimiento se debe contar con los recipientes para almacenar los sólidos, estos pueden ser contenedores sellables o revestimientos para contenedores de basura, es recomendable aplicar material absorbente previamente a los contenedores de residuos con el fin de absorber el agua de los residuos sólidos facilitando el transporte hacia el relleno sanitario, en segunda instancia es importante tener a disposición los equipos para remover los residuos de las trampas de grasa, pueden ser alguna clase de cuchara para remover líquidos y sólidos, escarbador (espátula para masilla) o un aspirador con agua o en seco. Para limpiar el interior de las trampas de grasa no usar agua caliente, desengrasante o detergentes, asegurarse de limpiar adecuadamente todas las paredes, deflectores o filtros con los que pueda contar la trampa de grasa.

Es recomendable tomar nota acerca del estado del sistema, de las condiciones del tanque, deflectores y las partes que sean removibles con el fin de gestionar las reparaciones o cambios de repuestos necesarios. Por último, asegurar las bolsas con el material recogido y añadir absorbente en caso de ser necesario, no arrojar los residuos al sistema de alcantarillado como inodoros, pozos, bocas de alcantarilla, etc. (Guía de Limpieza de la Trampa de Grasa, s. f.)

**Figura 19.**

*Mantenimiento trampa de grasas*

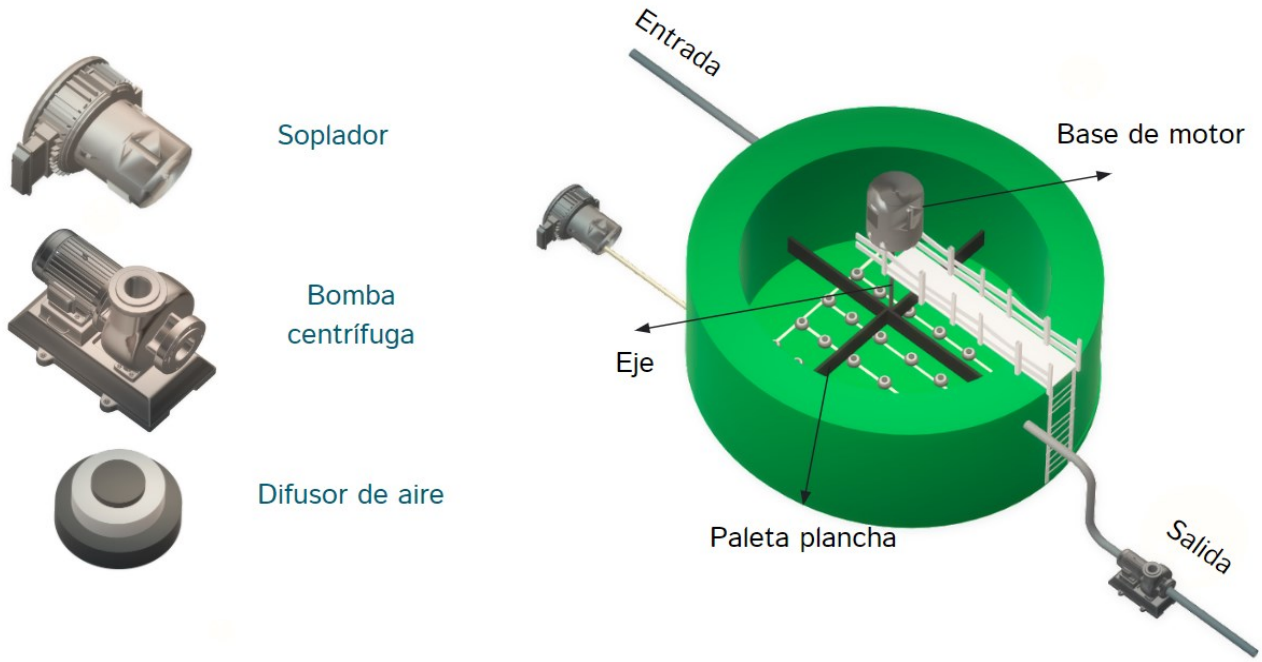



**Nota.** Diagrama de flujo del mantenimiento requerido por la trampa de grasas.

***Tanque homogeneizador.***

**Figura 20.**

*Diagrama Tanque homogenizador*



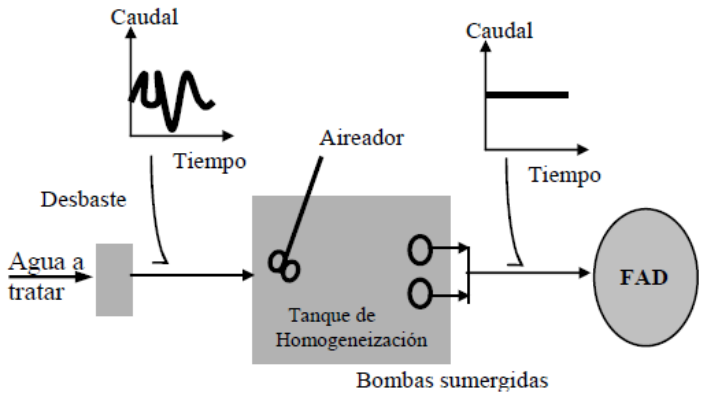
**Nota.** Se puede observar en el diagrama las partes involucradas en el funcionamiento del tanque homogeneizador.

**Funcionamiento.** En esta unidad se lleva a cabo una operación física de homogeneización ajustando a un caudal constante de bombeo hacia los sistemas de tratamiento posteriores, esto por medio de unos difusores de aire mecánicos, con la capacidad de transferencia de oxígeno, adicionalmente, cuenta con un motor que proporciona un movimiento circular que favorece el proceso, el agua se extrae mediante bombas sumergidas. (Márquez & Guevara, 2004)

El correcto funcionamiento de este sistema es fundamental para el tratamiento de las aguas residuales dado que permite un adecuado desarrollo de los consorcios microbianos, estabilizar los caudales, neutraliza variaciones de pH y homogeniza las características del agua residual, estas características influyen directamente en la eficiencia del sistema.

**Figura 21.**

*Diagrama por Márquez y Guevara*




**Nota.** Diagrama representativo del funcionamiento de un tanque homogeneizador. Tomado de Márquez & Guevara, 2004.

**Operación.**

**Tabla 4.**

*Procesos para la operación de un tanque homogenizador.*

| Proceso | Descripción |
|---|---|
| Medición del pH | Mediante un pH-metro medir este parámetro el cual debe encontrarse entre 6.5 y 7.5 teniendo en cuenta que la temperatura del líquido se mantenga estable y la concentración de cloro sea menor a 1 ppm. |
| Verificación de la bomba | Se abre la válvula que alimenta al homogenizador cerrando las demás válvulas, encender la bomba del homogenizador desde su panel de control y comprobar si la bomba funciona adecuadamente (percibiendo sonidos extraños o fuera de lo común) |
| Control de flujo de ingreso | Aforar el flujo de entrada al sistema (medición de caudal), si no se cuenta con una estructura de aforo se puede hacer mediante un balde con volumen conocido y un cronómetro, se sumerge y se toma el tiempo que tarda en llenarse, dividir el volumen entre el tiempo gastado, si se encuentra un caudal por debajo de lo normal se debe verificar el fluido eléctrico, la tubería de conducción del pozo de bombeo al tanque homogenizador y la operación de las bombas sumergibles. |
| Verificación de los difusores de aire | Revisar que las burbujas de aire se encuentren en movimiento ascendente, detectar malos olores y disminución de pH que indican que las burbujas no se están generando de manera adecuada, detallar obstrucciones en sopladores. |
| Adición de antiespumante | Se debe preparar aproximadamente 0.7 ml de antiespumante por cada litro de agua, se agita hasta formar una solución, se verifica que el dosificador se encuentre en un valor adecuado, se abre la válvula de entrada al tanque y se enciende la bomba del antiespumante. |

**Nota.** Actividades a realizar para la correcta operación de un tanque homogeneizador.

Adaptado de Cardona & Villegas, 2016.

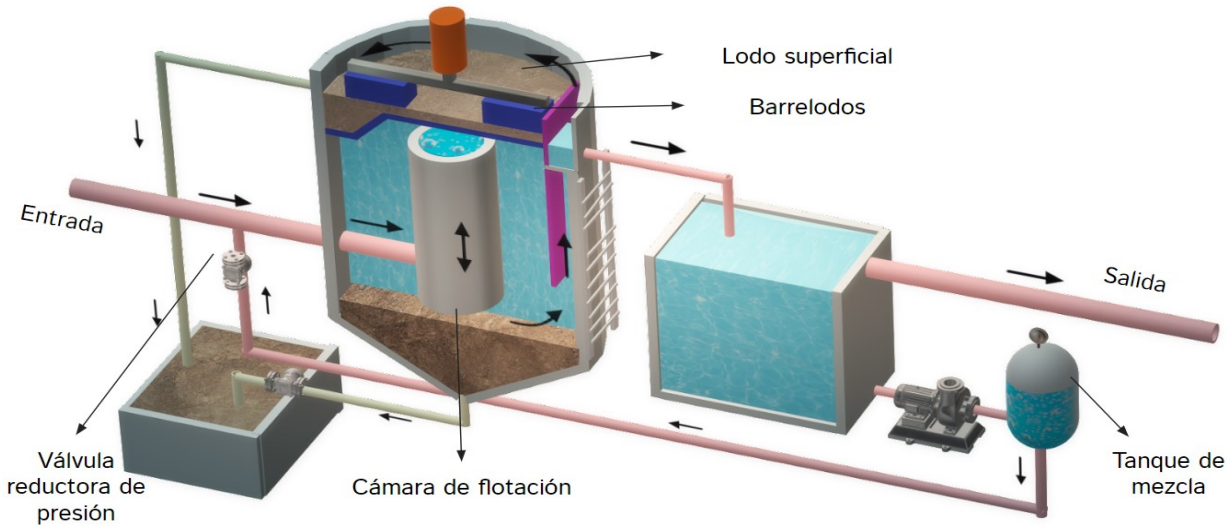
**Mantenimiento.** Según Moreno (2020):

- Limpieza periódica de los sensores de la bomba del tanque para evitar que sólidos bloqueen el sensor
- Limpieza de las paredes del tanque una vez por semana.
- Si difusores se encuentran tapados se disminuye el agua del tanque y se limpian usando una manguera, tras este proceso verificar pH, este debe estabilizarse entre 6.5 y 7.5, de no ser así los difusores pueden estar presentando fallas y deben ser cambiados de ser necesario.
- Para las bombas sumergibles hacer una inspección y lavado cada 6 meses.
- Retirar sólidos que puedan afectar la operación de la planta de la entrada al tanque.
- inspeccionar que los difusores estén constantemente en posición paralela a la base del tanque y que no presenten elementos extraños que afecten la difusión uniforme y continua.

***DAF***

**Figura 22.**

*Diagrama Flotación por Aire Disuelto*



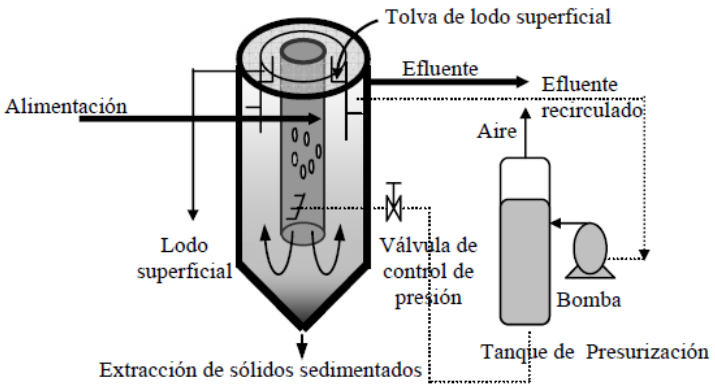
**Nota.** En el diagrama se representa el funcionamiento y cada parte necesaria para llevar a cabo el proceso de DAF en una PATAR.

**Funcionamiento.** Es una tecnología que separa las grasas y aceites, sólidos en suspensión (se busca una reducción de en un 95 %) por acción de la flotabilidad, se hace por medio de la inyección de burbujas de aire que facilitan el proceso; por lo general, cuenta con los siguientes elementos: sistema barrelodos, bomba de presurización, inyección de aire, válvulas reductoras de presión, tanque de retención de lodos, canal de descarga y tanque o cámara de flotación.

Cuando el aire disuelto ingresa a la cámara de flotación una fracción de los sólidos es transportada por burbujas finas de aire hacia la superficie, formando lodos que flotan en la superficie y salen de la cámara de flotación hacia la superficie exterior donde son eliminados por un barrelodos que los llevan hacia tolvas que descargan en el depósito de lodos, en el canal de descarga el 15% del efluente tratado recircula, mediante la bomba se presuriza el agua de recirculación, luego se satura de aire en un tanque de mezcla y el líquido procedente se dirige hacia la cámara de flotación, previo a la descarga hay una válvula reductora de presión.

**Figura 23.**

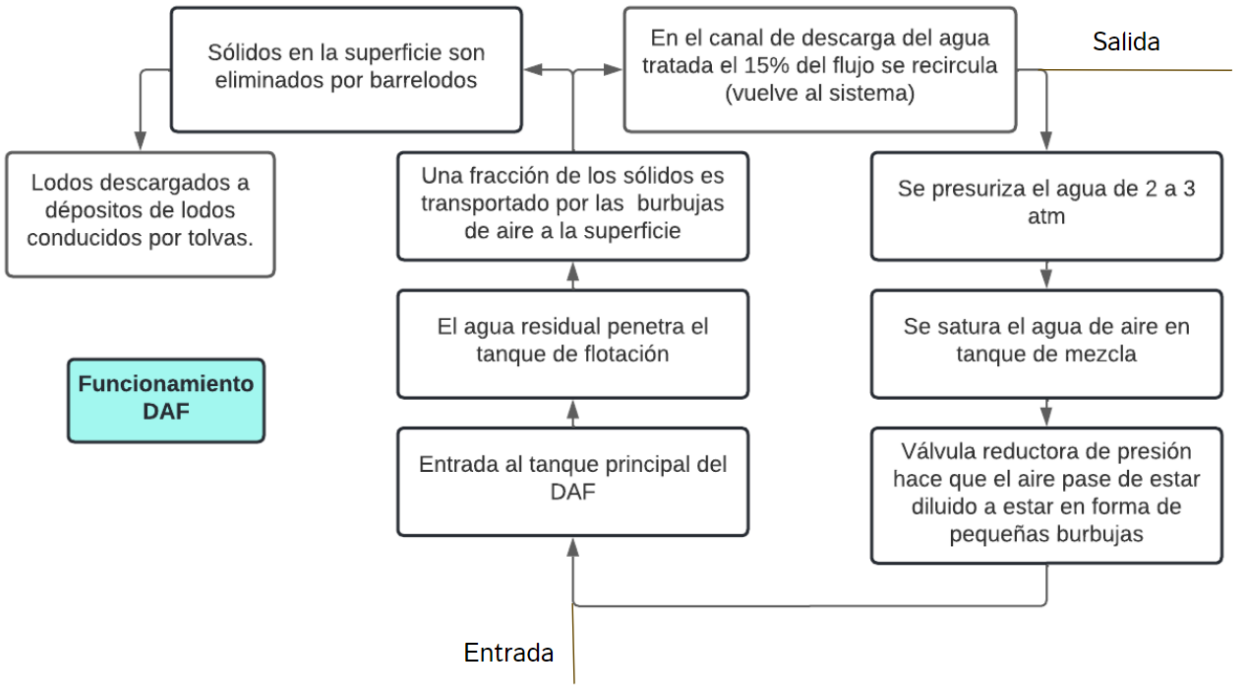
*Diagrama Márquez y Guevara*



**Nota.** Diagrama representativo del funcionamiento del DAF. Tomado de Márquez & Guevara, 2004.

**Figura 24.**

*Funcionamiento DAF*




**Nota.** Diagrama de flujo del funcionamiento del DAF desde la entrada, hacia paso por las diferentes partes de la unidad hasta finalmente su salida.

**Operación y Mantenimiento.** Para su correcta operación se debe saturar de aire el agua a tratar a una presión de 2 a 4 atm, de igual forma, es necesario cumplir con ciertas actividades diarias correspondientes a la operación del sistema y a su vez, de actividades semanales y mensuales que permiten un mantenimiento preventivo y en algunos casos correctivos del DAF.

**Tabla 5.**

*Actividades diarias, semanales y mensuales del sistema DAF.*

| Periodo de tiempo | Actividad |
|---|---|
| **Diaria** | Controlar la calidad del agua del efluente |
| | Se debe limpiar el filtro que regula el aire en el apartado neumático. |
| | Revisar la presencia de fugas ya sea en las tuberías o en los sistemas de bombeo. |
| | Controlar el caudal de afluencia (por medio del tanque homogeneizador) |
| | Ajustar la presión de la bomba de recirculación. |
| | Sacar los sedimentos mediante las válvulas de desagüe. |
| | Ajustar el nivel de aire. |
| | Abrir las válvulas de purga para eliminar obstrucciones. |
| | En caso de que el sistema cuente con equipos de dosificación de productos químicos comprobar cada día la cantidad adecuada a adicionar e inspeccionar el suministro |
| **Semanal** | Drenaje y limpieza del sistema. |
| | Inspeccionar los filtros y reemplazarlos en caso de ser necesario. |
| | Limpiar los depósitos de sedimentos. |
| **Mensual** | Aplicar productos para mejorar lubricación de las piezas roscadas de uso frecuente. |
| | Comprobar aceite de la bomba de circulación. |

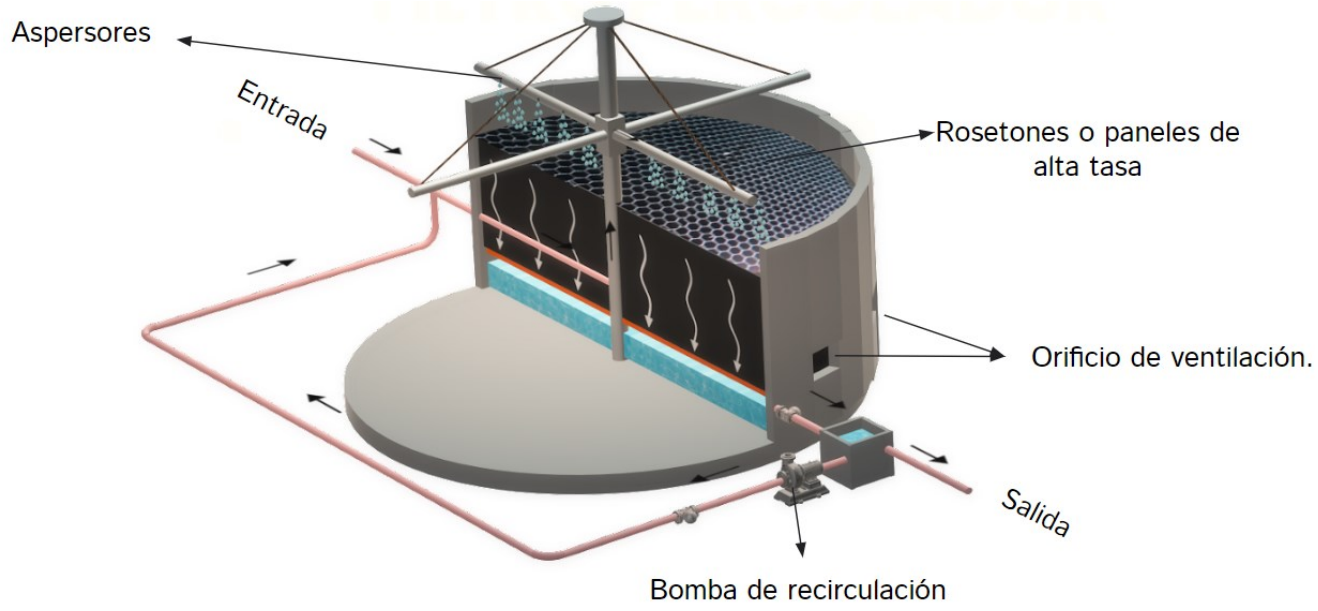
| | |
|---|---|
| | Comprobar las lámparas del panel de control. |

**Nota.** Se describen a detalle las actividades correspondientes de la operación y mantenimiento del DAF. Adaptado de *Programa de funcionamiento y mantenimiento del sistema DAF*, 2014.

**Filtro percolador**

**Figura 25.**

*Diagrama Filtro percolador*



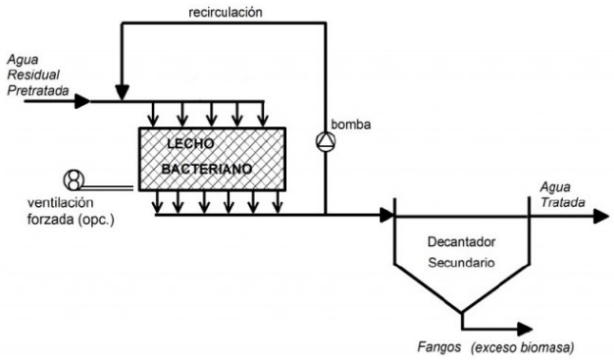

**Nota.** El diagrama representa las diferentes partes del filtro percolador, el cómo se lleva acabo el funcionamiento de este en la parte interna.

**Funcionamiento.** Es un tratamiento aerobio en donde el flujo es distribuido uniformemente por unos aspersores y pasan a un lecho filtrante compuesto de un material de soporte que forma una biopelícula que permite degradar la materia orgánica y la disminución de nutrientes y patógenos presente en el afluente, el agua que ingresa a esta unidad no debe contener sólidos de gran tamaño que puedan obstruir el sistema, de igual forma se cuenta con una bomba de recirculación que permite humectar el lecho filtrante para mantener una

capacidad de tratamiento óptima, en algunos casos el agua que sale del lecho arrastra la biomasa del filtro (fango) para lo cual se debe separar posteriormente en un proceso de decantación. (GEDAR, s. f)

**Figura 26.**

*Diagrama Gedar*




**Nota.** Diagrama representativo funcionamiento del filtro percolador. Tomado de GEDAR, s. f.

**Operación.** Para un correcto funcionamiento del sistema se recomienda lavar el filtro constantemente para mantener la biopelícula delgada (0.1 a 2 mm) y aerobia, para su limpieza se puede emplear la carga hidráulica del afluente, las condiciones de descarga se deben determinar en campo, asimismo, es fundamental que el material de soporte se mantenga húmedo, para lo cual en horas de disminución del caudal se recomienda tener un sistema de recirculación del agua, se deben garantizar carga hidráulica, carga volumétrica, bombas de recirculación y distribución de caudal. (Echeverria, 2015)

Se debe contemplar en la operación:

- Debido a que se trata de un sistema biológico es necesario de un periodo de tiempo de 10 a 15 días para permitir la formación de la biopelícula y empezar a operar el sistema, si existen demoras mayores es recomendable reducir la recirculación para

aumentar la carga volumétrica (Kg DBO5/m3 .d) o determinar si hay vertimientos que están generando un cambio en el pH que se puede ajustar con cal.

- Si desaparece la biopelícula del lecho filtrante puede ser a causa de un vertido ácido o tóxico puntual para lo cual se debe hacer un lavado del lecho y volver a iniciar el ciclo.
- Si hay un encharcamiento del lecho puede ser ocasionado por un excesivo crecimiento de la biomasa para lo cual se debe aumentar la recirculación.
- Para un crecimiento excesivo de la biomasa se puede realizar una cloración de las aguas residuales al inicio del sistema o en casos más extremos detener la operación y dejar secar el lecho filtrante.

**Mantenimiento.** Según Empresas Públicas de Garzón Empugar (2020) en caso de acumulación de agua se deben aplicar las siguientes medidas de mantenimiento:

- Enjuagar la superficie del filtro con chorros de agua de alta presión por todas las direcciones, especialmente en áreas obstruidas.
- Aflojar el material de relleno con un rastrillo o herramienta similar.
- adicionar productos químicos como hipoclorito de sodio y al final enjuagar fuertemente.

Si estas medidas no dan resultados el mantenimiento correctivo sería:

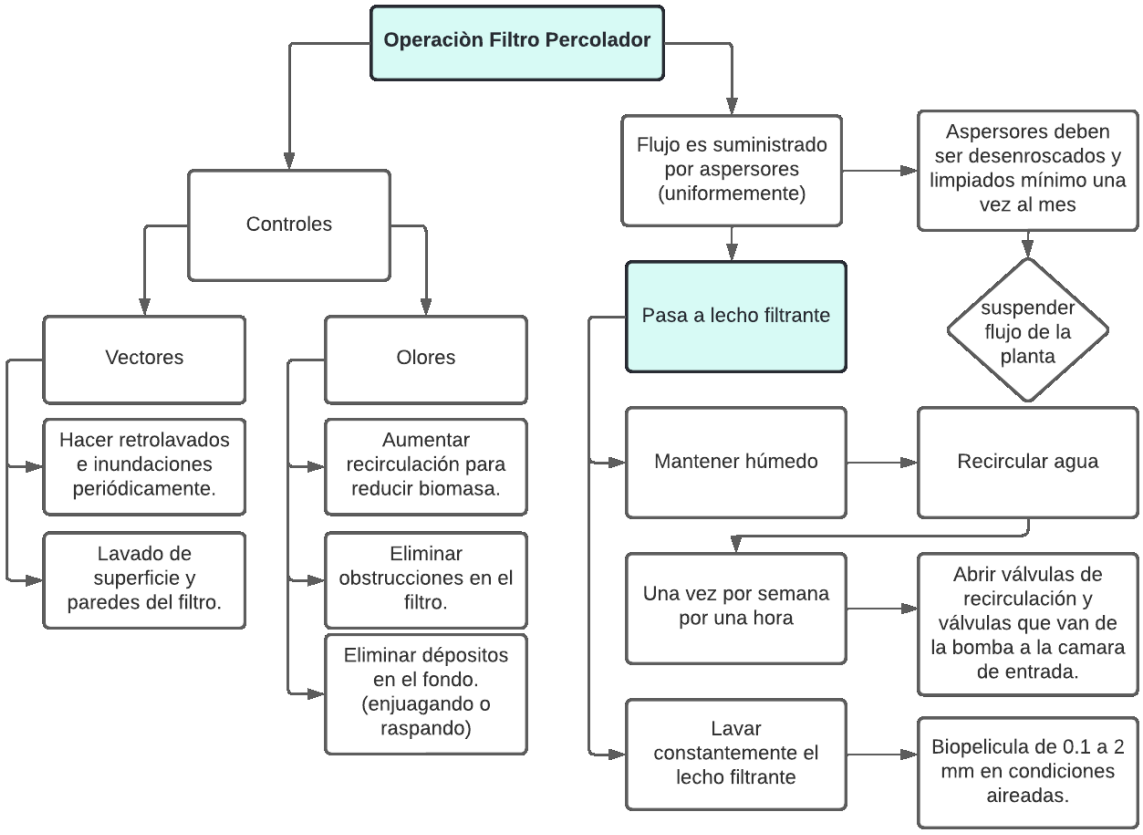
- Extraer una parte del material de relleno.
- Lavarlo con chorros de agua a presión
- Disponerlo nuevamente en el filtro, si es necesario se saca todo el material de relleno y se vuelve a introducir descartando el material que no esté en buenas condiciones y reemplazandolo.

Se debe hacer un control de vectores como moscas y caracoles en los filtros, para lo cual se recomienda hacer retro lavados e inundaciones periódicamente, los aspersores deben ser desenroscados y limpiados mínimo una vez al mes suspendiendo el flujo de la planta.

Semanalmente es recomendable hacer una recirculación del agua por una hora, para ello se deben abrir las válvulas de la bomba de recirculación y, a su vez, las válvulas que van de la bomba de recirculación a la cámara de entrada. (Reuter et al., 2022).

**Figura 27.**

*Operación Filtro Percolador*

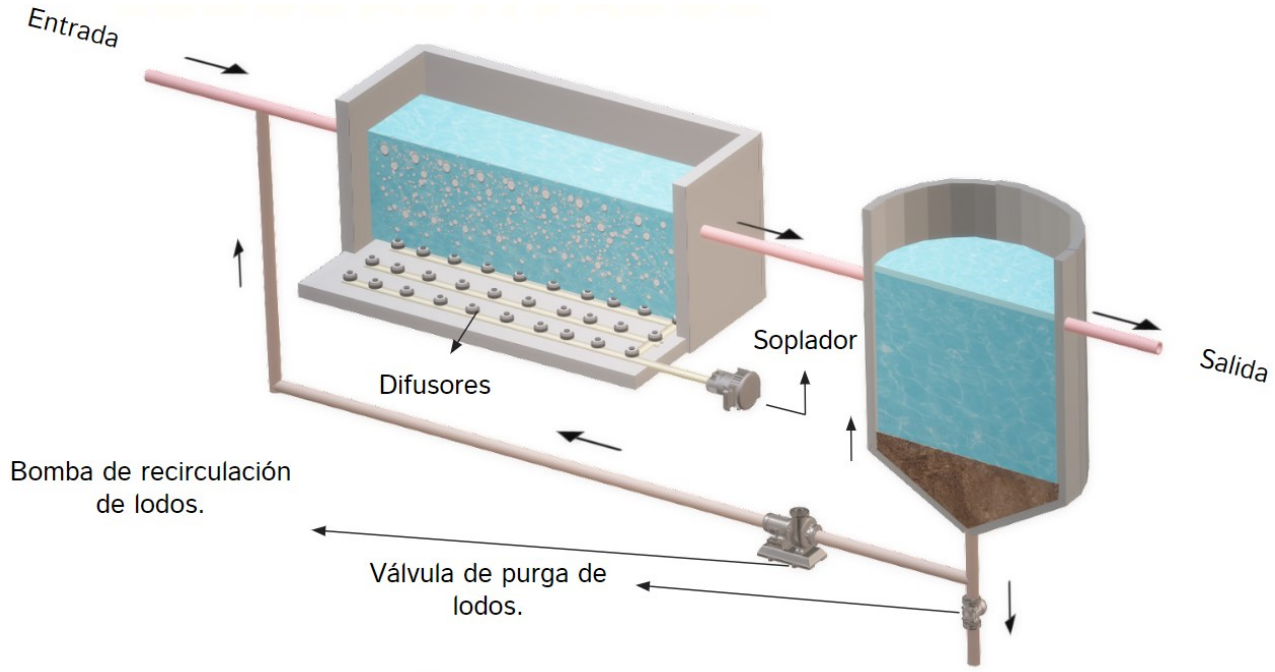



**Nota.** Diagrama de flujo de las diferentes actividades a realizar al momento de operar el filtro percolador.

***Lodos activados***

**Figura 28.**

*Diagrama Lodos activados*




**Nota.** Diagrama partes involucradas en el funcionamiento de la unidad de lodos activados.

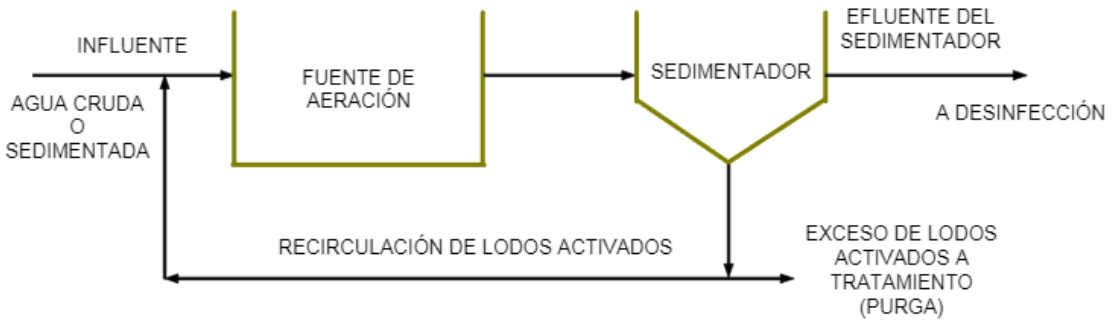
**Funcionamiento.** Se trata de un proceso en presencia de oxígeno en donde se encuentran microorganismos en un medio líquido y se les suministra materia orgánica que degradan clarificando las aguas residuales, Este sistema consta de cinco partes:

- Tanque de aireación.
- Fuente de aireación (generalmente difusores de aire)
- Sedimentador para separar sólidos biológicos del agua.
- Mecanismo de recirculación de lodos.
- Mecanismo de desecho de excesos.

Los difusores de burbuja añaden oxígeno al agua residual en el tanque de aireación, después el agua tratada pasa a un sedimentador o clarificador que separa el agua tratada de los lodos, el lodo recircula al tanque de aireación y los excesos se retiran periódicamente a un tanque de lodos para darle un respectivo tratamiento.

**Figura 29.**

*Diagrama Moeller*




**Nota.** Funcionamiento de la unidad de lodos activados. Tomado de Moeller et al., 2009.

**Operación.**

***Indicadores cualitativos.*** Se pueden usar varios indicadores cualitativos que dan claridad del estado del sistema de lodos activados, entre ellos están: color, olor, espumas, algas, rocío de aireadores, claridad del efluente, burbujeos, material flotante, acumulación de sólidos, trayectoria de los flujos, burbujeo, tacto.

**Tabla 6.**

*Aspectos cualitativos a tener en cuenta en la operación del sistema de lodos activados.*

| Indicador cualitativo | Descripción |
|---|---|
| | Un lodo en buenas condiciones presenta un color café achocolatado, un lodo muy oscuro o negro indica insuficiencia del tanque de |

| | |
|---|---|
| Color | aireación. (Otro color indica que el lodo tiene otra sustancia externa) |
| Olor | Solo se debe generar un ligero olor a humedad, si se intensifica el olor indica presencia de procesos anaerobios. |
| Espuma | ● Si hay espuma blanca a la salida del sistema indica que hay una concentración alta de sólidos<br>● Si en la aireación hay espuma es señal de que los lodos no tienen el tiempo suficiente para iniciar operación. (Disminuir purga de lodos en este caso).<br>● Espuma espesa y oscura indica lodos con mucho tiempo de operación (Aumentar purga de lodos en este caso). |
| Algas | Exceso de nutrientes en el sistema, si se añade ácido fosfórico para proveer nutrientes se debe disminuir la cantidad. |
| Turbiedad del efluente | Al evidenciar alta turbiedad indica deficiencias en el sistema o poca sedimentación de los lodos. |
| Burbujeo | Presencia de burbujeo en el sedimentador indica que se debe aumentar la recirculación de lodos. |
| Material flotante | Material flotante en sedimentador indica presencia de grandes cantidades de grasas y aceites. |
| Acumulación de sólidos | En zonas profundas o intermedios de aireadores, puede ser causado por deficiencias en los desarenadores o mezclado ineficiente por aireadores. |
| Trayectoria de los flujos | Cambios en los movimientos de la espuma en el aireador, de los sólidos suspendidos o material flotante indican que se debe aumentar el tiempo de retención para evitar ineficiencias en el sistema. |
| Turbulencia | Cuando no es uniforme indica que hay aireadores obstruidos |
| | En las bombas de recirculación y sopladores del sistema determinar |

| | |
|---|---|
| Tacto | si hay aumentos de temperatura fuera de lo normal, vibraciones diferentes a las habituales se debe hacer una revisión a dichos equipos para evitar futuros daños. |

**Nota.** Descripción detallada de control de calidad que se debe tener en cuenta en la unidad lodos activados. Adaptado de Moeller et al. 2009.

***Indicadores cuantitativos.*** A continuación, se presentan los valores analíticos que deben tener en cuenta para una correcta operación del sistema de lodos activados.

**Tabla 7.**

*Parámetros cuantitativos que se deben considerar para el sistema de lodos activados.*

| Punto de muestreo | Parámetro | Rangos |
|---|---|---|
| Influente | DBO5 | 1 - 300 mg/L |
| | DQO | 3 - 900 mg/L |
| | Sólidos Suspendidos (SS) | Variable |
| | DBO5/DQO | ± 0.5 |
| Tanque de aireación | pH | 6.5 a 8.5 |
| | Oxígeno Disuelto (OD) | 1.5 - 4 mg/L |
| Conducción tanque - sedimentador | Sedimentabilidad | Variable |
| Sedimentador | Espesor de lodos | 0.3 - 1 m |
| Recirculación y purga | Sólidos suspendidos | Variable |
| | DBO 5 | 5 - 30 mg/L |
| | DQO | 15 - 90 mg/L |

| | | |
|---|---|---|
| Efluente | Sólidos suspendidos (SS) | 5 - 30 mg/L |
| | pH | 6.5 - 8.5 |

**Nota.** Parámetros que se deben contar al momento de realizar adecuadamente el sistema de lodos activados. Adaptado de Moeller et al. 2009.

**Mantenimiento.** Para los lodos activados se debe hacer mantenimiento tanto a la tolva de sedimentación de lodos como a los aireadores.

Según Roca (2020) para prevenir la acumulación de lodos en sedimentación, las paredes de la tolva deben rasparse mínimo una vez por semana, se debe utilizar un rastrillo para mover suavemente el lodo hacia la unidad de digestión de lodos, de igual forma, es necesario tener precaución de no agitar excesivamente el contenido del tanque de sedimentación. Remover los sólidos acumulados en la entrada y salida del agua,

Para los sopladores el mantenimiento consiste en cambiar el aceite de lubricación, la grasa y los filtros de aire. Inicialmente, se debe desconectar y apagar la electricidad.

- Lubricación.
- Controlar la limpieza del filtro de aspiración dependiendo de la obstrucción (mínimo una vez por semana) o en caso de daño se debe reemplazar.
- Verificar válvula de alivio.

## Análisis de Resultados

Se obtiene como resultado las instrucciones fundamentales para el adecuado funcionamiento de las plantas de tratamiento siguiendo los lineamientos propuestos para cada unidad por el RAS 2000 título E, para este tipo de instructivos, asimismo, con base a los manuales consultados como lo propuesto por el SENA (1999); Moeller et al. (2009) & Moreno (2020) se optó por estructurar el manual dando una contextualización del funcionamiento de cada sistema con el fin de que para el operario fuera más sencillo aplicar las actividades de

operación y mantenimiento entendiendo las partes y equipos de cada sistema, de igual forma, según la revisión bibliográfica hecha en el Programa de funcionamiento y mantenimiento del sistema DAF (2014) dichas labores fueron divididas teniendo en cuenta la frecuencia en la que se deben llevar a cabo y las herramientas necesarias para realizarlo.

En relación al alcance y los impactos del proyecto, la empresa Filtra H2O tiene la intención de ofrecer un valor agregado a sus sistemas de tratamiento ofreciendo una capacitación adecuada con el objeto de mejorar la funcionalidad de las unidades y alargar su vida útil, lo anterior, fundamentado en que comúnmente las empresas de este tipo no brindan un servicio de capacitación posterior a la venta para ocasionando que los operarios ejecuten estas actividades de manera inadecuada ocasionando aumento en los costes de mantenimiento y reparación de algunos equipos, por esta razón se pretende que el presente trabajo produzca impactos positivos en los clientes de Filtra H2O y para la empresa, ya que le permite destacarse con respecto a otras entidades similares. El alcance esperado del proyecto es que la empresa pueda utilizar el material elaborado en el proyecto para ofrecerlo (dependiendo de las necesidades particulares) a sus clientes y mejorar la calidad de las plantas de tratamiento de agua compactas que ofrece.

## Conclusiones

- Cada unidad de las plantas requiere su mantenimiento y operación específico, aunque algunas de ellas tienen elementos en común como los mismos implementos de limpieza o los mismos equipos de bombeo y dosificación, se debe tener en cuenta la frecuencia y la correcta forma de mantenimiento para cada una de ellas.
- La verificación constante de los equipos de bombeo y válvulas que son comunes en muchos sistemas por lo que resulta fundamental para una adecuada operación de las unidades, asimismo, se debe revisar periódicamente todas las partes como empaques, diafragmas, etc. se encuentren en óptimas condiciones.

- Es importante la acumulación de material biológico o biomasa en la mayoría de los sistemas, por ende, algunos requieren limpieza constante por este motivo, asimismo, en unidades como el filtro percolador y lodos activados, se debe llevar un control sobre la cantidad de biomasa con el fin de que puedan asimilar y degradar la materia orgánica presente en el agua y así clarificarla.
- Para una capacitación adecuada del personal operativo es necesario comprender el funcionamiento de cada unidad lo que facilita el entendimiento de las labores.
- La división de las actividades de operación y mantenimiento por su frecuencia de realización (diaria, mensual, anual, etc.) permite una mayor organización y planificación de los costos que se generan por el funcionamiento de las PTAP y PTAR, de igual forma, permite tener mantenimientos programados con los insumos requeridos.
- El manual se presenta de manera sencilla y clara, con la intención que un operario no tenga la necesidad de tener un grado de conocimientos elevado para realizar la operación y mantenimiento de las plantas.

## Evaluación de la pasantía y recomendaciones

Los tecnólogos en saneamiento ambiental tienen el perfil profesional para desempeñarse como supervisores, consultores, coordinadores, asesores, o promotores de programas relacionados el abastecimiento y control de la calidad del agua; la caracterización, disposición y tratamiento de aguas residuales, con esto tenemos las herramientas necesarias para realizar las actividades encomendadas por FILTRA H20, frente a la realización del manual de mantenimiento y operación de PTAP Y PTAR

Es recomendable complementar el presente instructivo con videos de la operación del sistema para que los operarios tengan una mayor claridad de los aspectos que se deben tener en cuenta en este sentido.

**Bibliografía**

ALAC Cajamarca. (18 de diciembre de 2020). *PROCESO DE CLORACIÓN DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE* [Archivo de Vídeo]. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=AqJ9HY-gqsE

Cardona, P., & Villegas, A. (2016). *Documentación del manual de procedimientos para la operación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la empresa PAN GLO SERVICES de Colombia S.A.S. Paula.* Universidad Tecnológica de Pereira.

Constructora Bolívar (2022). *Documentación PTAP, Urbanización Arboleda del Campestre*. [Archivo PDF] (pp. 1–100). https://contratacion.ibal.gov.co/documents/2022/678/7wj9zIty63R0Z3BTEpIvRbUf8iKjuF1etdlnb0K6.pdf

Garzón Empugar E.S.P. (2000). *"Construcción del Sistema de Tratamiento de Agua Residual del Municipio de Garzón, Huila" Manual de Operación y Mantenimiento Departamento del Huila Municipio de Garzón.* En Empresas Públicas de Garzón Empugar E.S.P (pp. 1–42). https://www.findeter.gov.co/system/files/convocatorias/PAF-AASB-O-070-2021/anexo_10_manual_pm_om.pdf

GEDAR. (s.f.). *Filtro Percolador*. GEDAR - Tratamiento de Aguas. Recuperado el 17 de agosto de 2022, de https://www.gedar.com/residuales/tratamiento-biologico-aerobio/filtros-percoladores.htm#:~:text=

*Guía de Limpieza de La Trampa de Grasa.* (s.f.). En askHRgreen,org. Recuperado el 23 de julio de 2022, de https://hrfog.com/Content/EducationalMaterial/Grease-Trap-Cleaning-Guide-Spanish.pdf

*Información técnica de los Suavizadores de agua.* (2019). Cosmos. Recuperado el 23 de septiembre de 2022, de https://www.cosmos.com.mx/wiki/suavizadores-de-agua-4ghb.html

Ing. Echavarría, D. (2015). *Anexo-Manual de Operación y Mantenimiento*. Tomo III- PTAR Santander de Quilichao. https://www.findeter.gov.co/system/files/convocatorias/PAF-ATF-O-142-2015/PAF-ATF-O-142-2015%40Especificiaciones_Operacion_Y_Puesta_En_Marcha-Parte_2.pdf

Márquez, A., & Guevara, E. (2004). Descripción y evaluación del funcionamiento de un sistema de tratamiento de aguas residuales en una industria avícola. *Revista Ingeniería UC*, 11(2), 92–101. http://servicio.bc.uc.edu.ve/ingenieria/revista/v11n2/11-2-9.pdf

Mendivelso, A., Ramírez, C., Cotamo, R., & Reyes, B. (s.f.). Manual de Operación de Trampa de Grasas. En *StuDocu* (pp. 1–6). Universidad Manuela Beltrán. https://www.studocu.com/co/document/universidad-manuela-beltran/residuos-solidos-i/manual-de-operacion-y-mantenimiento-de-trampa-de-grasas/17936415

Moeller, G., Sandoval, L., Ramírez, E., Cardoso, L., Escalante, V., & Tomasini, A. (2009). *Operación y Mantenimiento de Plantas de Tratamiento de Lodos Activados* (J. Flores (Ed.); Séptima edición). https://docplayer.es/15163981-Operacion-y-mantenimiento-de-plantas-de-tratamiento-de-lodos-activados.html

Moreno, C. (2020). *Actualización del manual de operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas y la planta de tratamiento de agua potable domestica del campamento la higuera, sociedad minera de Santander.minesa s.a.s.* [Universidad Nacional Abierta y A Distancia -UNAD]. https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/36157/cemorenoro.pdf?sequence=1&isAllowed=y

*Programa de funcionamiento y mantenimiento del sistema DAF*. (2014, May 1). FRC Systems. https://www.frcsystems.com/es/daf-system-operation-maintenance-schedule/

Purikor (2018). *Zeolita.* Recuperado el 23 de septiembre de 2022, [Archivo PDF] de https://cdn-stor1.fibrasynormasdecolombia.com/wp-content/uploads/2018/05/ft-ficha-tecnica-zeolita.pdf

Oasis Exprés. (26 de enero de 2022). *¿Como hacer el cambio de carbón, resina y zeolita en purificadora de agua?* | *Oasis Exprés* [Archivo de Vídeo]. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=sH5j1s0UteU&list=LL8mJxHZfFriQSBs6AIKBhrA&index=4

Organización Panamericana de la Salud (2005). *Guía de Procedimientos para la Operación y Mantenimiento de Desarenadores y Sedimentadores.*

RAS Título E. (2000). *Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico Ras-2000.* En República de Colombia. Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico. https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/010710_ras_titulo_e_.pdf

Reuter, S., Demant, D., Heredia, G., Lüthi, C., Reymond, P., Schertenleib, R., & Ulrich, L. (2022). *Compendio de sistemas y tecnologías de saneamiento para la Región del Gran Caribe.* Bremen Overseas Research and Development Association (BORDA).

Rincón, A., Herrera, OF., & Ortiz, MF. (2014). Esquema para el dimensionamiento de unidades de sedimentación de alta tasa de flujo ascendente. Entre *Ciencia e Ingeniería*, 8(ISSN 1909-8367), 29–40. Universidad Católica de Pereira. http://biblioteca.ucp.edu.co/OJS/index.php/entrecei/article/view/2485%0Ahttp://biblioteca.ucp.edu.co/ojs/index.php/entrecei/article/viewFile/2485/2375

Roca, L. (2020). *Manual de Operación y Mantenimiento de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Lodos Activados en Edificios de la Zona 4 de la Ciudad de Guatemala* [Universidad de San Carlos de Guatemala]. http://www.repositorio.usac.edu.gt/13587/1/Luis Fernando Roca Elias.pdf

Servicio Nacional de Aprendizaje (1999). *Operación y Mantenimiento de Plantas de Potabilización de Agua.* http://repositorio.sena.edu.co/sitios/calidad_del_agua/operacion_potabilizacion/pdf/OPERACION%20Y%20MANTENIMIENTO%20DE%20PLANTAS.pdf

*Tema 1. Introducción a la informática*. (2017). Metodología y Tecnología de La Programación "CEU," 1–26.