



C.A.S.A.

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN SIMON  
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA  
CENTRO DE AGUAS Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

**MENU DE ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO  
A NIVEL COMUNITARIO Y DOMICILIARIO**

**Calidad del Agua en Sistemas de Abastecimiento en  
Poblaciones Rurales Dispersas**

---

LICITACION N° BOL/2008/11

Cochabamba - Bolivia

## CONTENIDO

CRITERIOS DE SELECCIÓN DEL TRATAMIENTO	1
Introducción	
Niveles de Aplicación	
Criterios de selección	
TRATAMIENTO A NIVEL COMUNITARIO	
1.- Filtración rápida de flujo ascendente	1
2.- Filtración lenta en arena	5
3.- Cloración en línea	9
TRATAMIENTO A NIVEL DOMICILIARIO	
1.- Filtración lenta en arena	12
2.- Desinfección solar del agua SODIS	16
3.- Desinfección del agua por cloración	18
4.- Desinfección del agua por ebullición	21
5.- Filtro bioarena para remoción de arsénico	22
6.- Filtro cerámico	24

# CRITERIOS DE SELECCIÓN DE LAS ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO

## Introducción

Uno de los objetivos de un sistema de aprovisionamiento de agua es mejorar la calidad de vida de las comunidades a través del mejoramiento de la salud, la economía y el desarrollo sin modificar en lo posible el ambiente. Una solución tecnológica adecuada será aquella que cumple lo mejor posible estos objetivos como ser: De fácil construcción y operación, que la mayor cantidad de recursos materiales sean locales, lo que supondrá una mejor sostenibilidad del sistema.

El Centro de Aguas y Saneamiento Ambiental C.A.S.A, ha desarrollado y validado diferentes tecnologías apropiadas para el tratamiento de aguas claras, como la reducción de contaminación bacteriológica, desinfección, remoción de hierro y manganeso, remoción de dureza, remoción de flúor, de metales pesados y de compuestos orgánicos.

Todas estas tecnologías y otras se presentan en este manual para ser consideradas como alternativas para su implementación.

## Niveles de aplicación de los tratamientos

Existen dos niveles en los cuales se pueden aplicar los tratamientos con tecnología apropiada en el área rural:

**A nivel comunitario:** Filtración Rápida de Flujo Ascendente, Filtración Lenta en Arena y Cloración en línea

**A nivel domiciliario:** Filtración Lenta en Arena, Desinfección Solar del Agua (SODIS), Desinfección por Cloración, Ebullición, Filtro bioarena y Filtros cerámicos.

## Criterios de selección de la alternativa de tratamiento del agua

Para tomar la decisión de tratar o no el agua es necesario primeramente conocer la variabilidad de la calidad del agua, para ello será necesario contar con la caracterización física, química y biológica de la calidad del agua en un ciclo hidrológico, otro aspecto a tomar en cuenta es el lugar donde será emplazado la unidad de tratamiento y por último los costos de inversión y operación que demanda la unidad de tratamiento.

Con los resultados de calidad del agua, se debe clasificar el agua conforme a la tabla 1, una vez clasificada el agua se remite a la tabla 2 que establece el tipo de tratamiento del agua que debe ser realizado a nivel comunitario.

Si se requiere tratar el agua a nivel domiciliario o en situaciones de emergencia, es necesario que conforme a los datos de calidad del agua y la tabla 1 se seleccione el tipo de tratamiento a nivel domiciliario en la tabla 2 que será necesario aplicar.

El parámetro mas orientativo para la toma de decisiones en cuanto a la aplicación de un sistema de tratamiento será el bacteriológico (Coliformes Termotolerantes), considerando que el sistema tiene implementado las acciones de protección de la fuente y el sistema este operando correctamente.

Para tratamiento domiciliario, es posible usar otras tecnologías validadas y accesibles a la comunidad.

**Tabla 1.** Clasificación de la clase de acuerdo con la Calidad del Agua

Clases	Promedio de coliformes UFC/100 ml	Turbiedad NTU	Conductividad $\mu\text{S/cm}$	Sólidos Totales mg/L	Sólidos Disueltos mg/L	Trazas de metales pesados mg/L							Plaguicidas totales $\mu\text{g/L}$	Contaminantes orgánicos $\mu\text{g/L}$	
						Fe tot	Mn	As	Al	Cd	Pb	Cu			Zn
I	< 1	< 5	< 200	< 1500	< 500	< 0.3	< 0.1	<0,01	< 0.1	<0,005	<0,01	< 1.0	< 5.0	< 0.5	
II	1- 50	< 10	< 200	< 1500	< 500	< 0.3	< 0.2	<0,02	< 0.2	<0,005	<0,02	< 1.0	< 5.0	< 0.5	
III	51 - 150	< 20	< 300	< 1500	< 1000	0.3 - 0.6	< 0.3	<0,03	< 0.3	<0,005	<0,03	< 1.0	< 5.0	< 0.5	
IV	151 - 500	< 40	< 500	< 1500	< 1000	0.3 - 0.6	< 0.3	<0,03	< 0.5	<0,005	<0,03	< 1.0	< 10.0	< 0.5	
V	501 - 1000	< 60	< 700	< 1500	< 1000	0.6 - 1.0	< 0.5	<0,03	0.5 - 1.0	<0,005	0,03 - 0.1	< 1.0	< 10.0	< 0.5	
VI	> 1000	> 60	> 1000	> 1500	< 1000	> 1.0	> 0,5	>0,05	> 1.0	>0,050	>0.1	> 1.0	> 10.0	< 0.5	

**Tabla 2.** Cuadro de toma de decisiones en la selección del tratamiento adecuado en relación a la Clase de Agua

Clases	Tratamiento mínimo posible para Sistemas de Agua	Tratamiento a nivel domiciliario
I	Ninguno (si es posible Cloración)	Si es posible Cloración con lavandina
II	Filtración Lenta en Arena / Cloración	Filtración Lenta en Arena / Cloración / Hervido / SODIS
III	Filtración Lenta en Arena, seguida de Cloración	Filtración Lenta en Arena seguida de Cloración / Cloración + Sedimentación / Hervido + Sedimentación / SODIS + Sedimentación
IV	Aereación + Filtración rápida de flujo ascendente + Filtración Lenta seguida de Cloración.	Coagulación por productos naturales u otro + + Cloración
V	Aereación + Filtración rápida de flujo ascendente + Filtración Lenta seguida de Cloración. Si no responde realizar el tratamiento Clase VI	Coagulación por productos naturales u otro + + Cloración
VI	Floculación + Coagulación + Filtración rápida de flujo ascendente + Filtración Lenta seguida de Cloración.	Coagulación por productos naturales u otro + + Cloración

# TRATAMIENTO A NIVEL COMUNITARIO

## FILTRACIÓN RÁPIDA DE FLUJO ASCENDENTE

### Principios básicos del filtro rápido de flujo ascendente

La Filtración es el proceso de clarificación del agua que consiste en pasar el agua a través de unas capas de arena, con el fin de retener partículas sólidas en suspensión y eliminar bacterias que se encuentran en el agua y de este modo volverla adecuada para consumo humano.

Los filtros rápidos de flujo vertical se subdividen en filtros de flujo ascendente (FA) y filtros de flujo descendente (FD).

Los filtros rápidos de flujo ascendente, tienen la característica de remover sólidos suspendidos y microorganismos hasta un 80%, pueden remover turbiedades dependiendo de su naturaleza desde 150 NTU hasta 5 NTU.

Un filtro rápido de flujo ascendente consta de varias capas de grava de diferente granulometría que varían desde 0.5 a 1.5 cm colocadas directamente sobre el sistema de drenaje inferior (fondo falso) hasta capas sucesivas más finas, que permiten una penetración profunda en el lecho filtrante de los sólidos suspendidos, dándole al filtro una mayor capacidad de retención del material suspendido presente en el agua.

### Procedimiento de implementación de un (FA)

#### *Cálculo de material y dimensiones de estructura:*

Primeramente se debe calcular el área del FA y el volumen de las arenas de diferentes granulometrías, el cálculo se realiza en base a la calidad del agua a filtrar ( $turb < 20$  NTU), y el caudal de agua a tratar, por ejemplo 0.5 L/s ó 43.2 m<sup>3</sup>/día (aproximadamente para una comunidad de 100 familias) con dotación de agua de 70 L/hab-día.

#### *Velocidad de filtración y cálculo del área:*

Para lechos de arena gruesa, se puede utilizar velocidades de filtración de 12 a 16 m/h, en tanto que los lechos de grava se limitan de 4 a 8 m/h. Para el ejemplo se adopta una velocidad promedio de 8 m/h ó 192 m/día

Conociendo el caudal que queremos tratar que es de 43.2 m<sup>3</sup>/día, procedemos a calcular el área:

$$\frac{43.2 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}}{192 \frac{\text{m}}{\text{día}}} = 0.225 \text{ m}^2 \quad (\text{Área transversal al flujo})$$

Si la estructura es cuadrada, los lados serán:

$$L = (0.225)^{1/2} = 0.47 \text{ m}$$

Si el filtro es de estructura circular el diámetro será:

$$D = \left( \frac{4 \cdot 0.225}{3.14} \right)^{1/2} = 0.53 \text{ m}$$

### Consideraciones Técnicas:

De acuerdo al área relativamente pequeña del filtro, y considerando la implementación en un área rural, estas unidades de filtración pueden construirse en dos tipos de materiales locales.

#### Primera opción:

Construir los filtros en dos tubos de cemento tamaño estándar (diámetro de 0.50 m y altura de 0.75 m), de uso común en instalaciones sanitarias.

#### Segunda opción:

Construir los filtros en dos barriles plásticos de diámetro 0.55 m y altura de 0.9 m, dispuestos las unidades en serie, recipientes de uso común como reservorios de agua.

Se recomienda la segunda opción por su viabilidad tanto técnica como económica a nivel rural.

#### Espesor del medio filtrante:

Cada filtro presentará un lecho filtrante de 0.75 m de altura, pero de diferente granulometría

#### Volumen del medio filtrante:

$$(0.225\text{m}^2 * 0.6\text{m}) * 2 = 0.27 \text{ m}^3 \text{ de grava fina seleccionada}$$

#### Selección de la grava gruesa y grava fina:

Se selecciona tres tamaños de grava como medio filtrante en los rangos de 1.0 a 2.5 cm, 0.7 a 1.0 cm y de 0.4 a 0.7 cm.

#### Soporte del medio filtrante:

Cuando los filtros tienen un diámetro menor a 1 m, el fondo falso será de grava gruesa (1.0 a 2.5 cm).

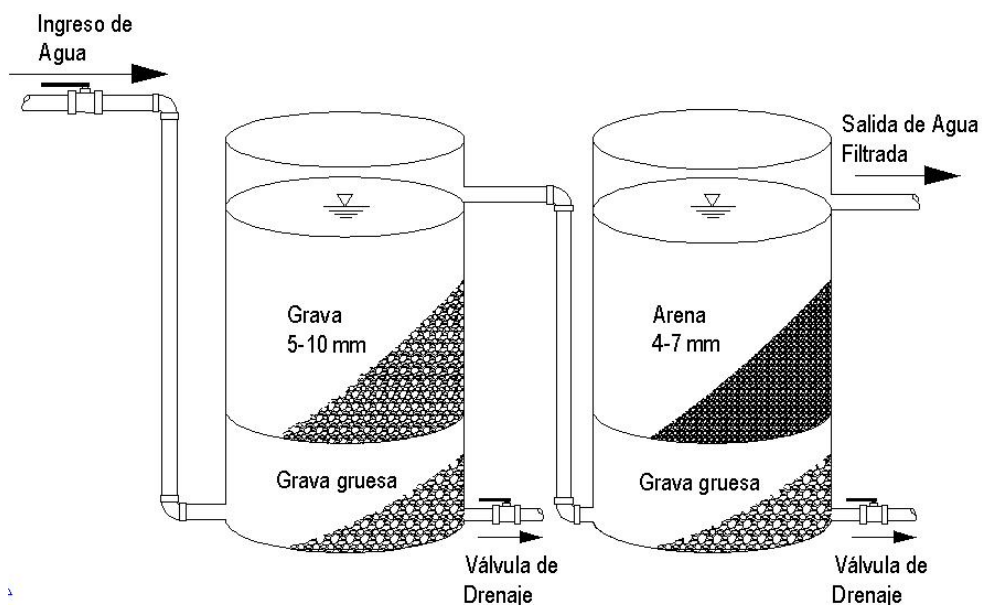


Figura 1. Unidad de Filtración de Agua de Flujo Ascendente

**Lavado de la grava seleccionada:**

Una vez seleccionada la grava, se debe lavar por separado con abundante agua para eliminar el material fino, si la grava está limpia, este lavado se puede realizar directamente en el filtro.

**Características del lecho filtrante:**

El lecho filtrante solo debe tener dos capas de grava

<b>Filtro 1</b>	<b>Filtro 2</b>
<b>Primera capa: Grava</b> Rango de tamaño: 1.0 – 2.5 cm Espesor de Capa: 15 cm	<b>Primera capa: Grava</b> Rango de tamaño: 1.0 – 2.5 cm Espesor de Capa: 15 cm
<b>Segunda capa: Grava fina</b> Rango de tamaño: 0.7 – 1.0 cm Espesor de Capa: 60 cm	<b>Segunda capa: Grava fina</b> Rango de tamaño: 0.4 – 0.7 cm Espesor de Capa: 60 cm

Colocar la grava limpia en cada uno de los filtros como se indica en la figura 1.

**Procedimiento de operación del Filtro**

Los sólidos removidos del agua son retenidos en el lecho del filtro, los mismos deben ser removidos cuando se realiza el lavado en contra corriente, mediante el proceso de drenado por el fondo falso.

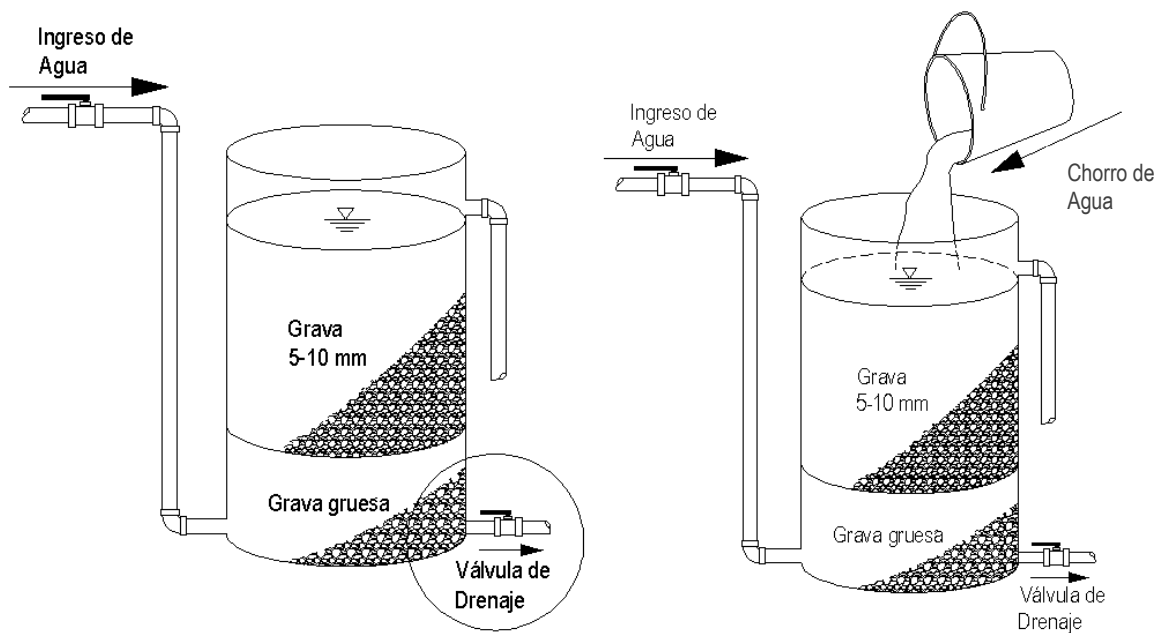
**Recomendaciones para el funcionamiento adecuado del FA**

- Cuando existe presencia de sólidos o turbiedad en el efluente del filtro, es un indicador de que se debe retrolavar el filtro abriendo la llave de drenaje.
- Es importante mantener los filtros en operación continua para evitar crecimiento de algas en la superficie del relleno.
- Las llaves de drenaje deben tener diámetros mayores o iguales a 1½ pulgadas (en este ejemplo) para facilitar el drenado.
- 

**Limpieza y mantenimiento del filtro.**

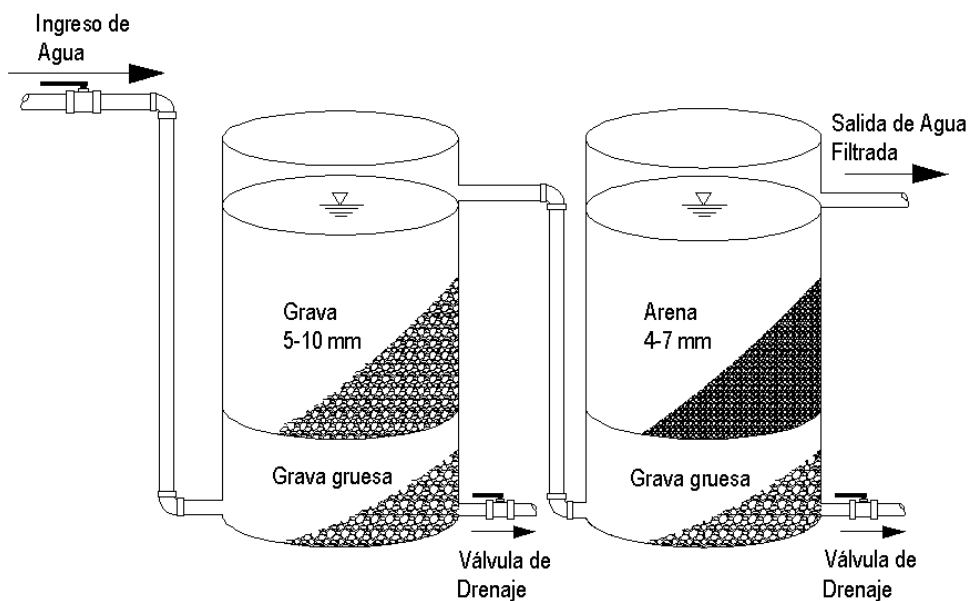
La limpieza de la unidad de filtración se debe realizar cada vez que se colmate el material filtrante, esto puede apreciarse cuando aflora sólidos sobre la superficie de la arena.

Se recomienda mantener en condiciones óptimas las válvulas de drenaje, evitar la presencia de materiales extraños a la unidad de filtración que comprometan la calidad del agua. En la figura 2 se ilustra los pasos a seguir para la limpieza del filtro.



**Paso 1.** Una vez colmatado los filtros, se drena abriendo las válvulas de drenaje, de ambos filtros

**Paso 2.** Aplicar chorro de agua sobre la superficie del medio filtrante de forma uniforme para optimizar la limpieza del filtro.



**Paso 3.** Una vez culminada la limpieza, cerrar la válvula de drenaje y poner en operación nuevamente el filtro.

**Figura 2.** Pasos del proceso de retrolavado del filtro rápido de flujo ascendente



# FILTRACIÓN LENTA EN ARENA

## Principio básico de la filtración lenta en arena (FLA)

La Filtración Lenta en Arena (FLA) es una técnica de depuración de aguas superficiales que permite remover organismos patógenos del agua cruda hasta un 99.9% a través de una capa de arena fina que tiene un diámetro de 0.3 a 1.0 mm y una altura mínima de 70 cm, mediante estos filtros también se puede remover metales pesados por mecanismos de tamizado y adsorción.

En la parte superficial de los filtros de arena se forma una capa biológica sobre el lecho; conteniendo millones de microorganismos encargados de realizar la limpieza biológica, purificando así el agua de consumo.

## Procedimiento de implementación de un FLA

### *Cálculo de material y dimensiones de estructura:*

Primeramente se debe calcular el área del FLA y el volumen de arena que se necesitará, el cálculo se realiza en base al caudal de agua que se quiere tratar, ejemplo tipo 0.5 l/s (aproximadamente para una comunidad de 100 familias). La turbiedad del agua a tratar no debe exceder los 10 NTU.

### *Tasa de filtración y cálculo del área:*

La tasa de filtración que se toma es de  $0.15 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ h}$ .

Llevando a unidades de l/s

$$0.15 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} (\text{m}^2) * 1000 \frac{\text{l}}{\text{m}^3} * 1 \frac{\text{h}}{3600 \text{ s}} (\text{m}^2) = 0.042 \frac{\text{l}}{\text{s}} (\text{m}^2)$$

En consecuencia, para producir 0.5 l/s necesitaremos la siguiente área:

$$\frac{0.5 \frac{\text{l}}{\text{s}}}{0.042 \frac{\text{l}}{\text{s}}} (\text{m}^2) = 12 \text{ m}^2$$

Si la estructura es cuadrada, los lados serán:

$$L = 12.0^{1/2} = 3.5 \text{ m}$$

Si es rectangular se sugiere:

$$3.0 \text{ m} * 4.0 \text{ m} = 12 \text{ m}^2$$

Si el filtro es de estructura circular el diámetro será:

$$D = \left( \frac{4 * 12.0}{3.14} \right)^{1/2} = 3.90 \text{ m}$$

### *Consideraciones Técnicas:*

De acuerdo a las dimensiones calculadas del FLA de 3.0 \* 4.0 \* 1.95 m (ancho, largo, y profundidad), se considera que es necesario construirlo en hormigón ciclópeo o armado.

**Espesor del medio filtrante:**

El filtro presentará un lecho filtrante de arena fina de 0.9 m de altura.

**Volumen de la arena:**

Multiplicando el área de filtración por la altura del lecho 0.9 m, tendremos el volumen de la arena que necesitamos.

$$12 \text{ m}^2 * 0.9 \text{ m} = 10.8 \text{ m}^3 \text{ de arena}$$

**Selección de arena:**

Buscar en la zona un banco de arena fina y seleccionar en un rango mediante dos tamices, uno de 0,3 mm y otro de 1.0 mm de abertura un volumen un poco mayor a 10.8 m<sup>3</sup>.

**Soporte del medio filtrante:**

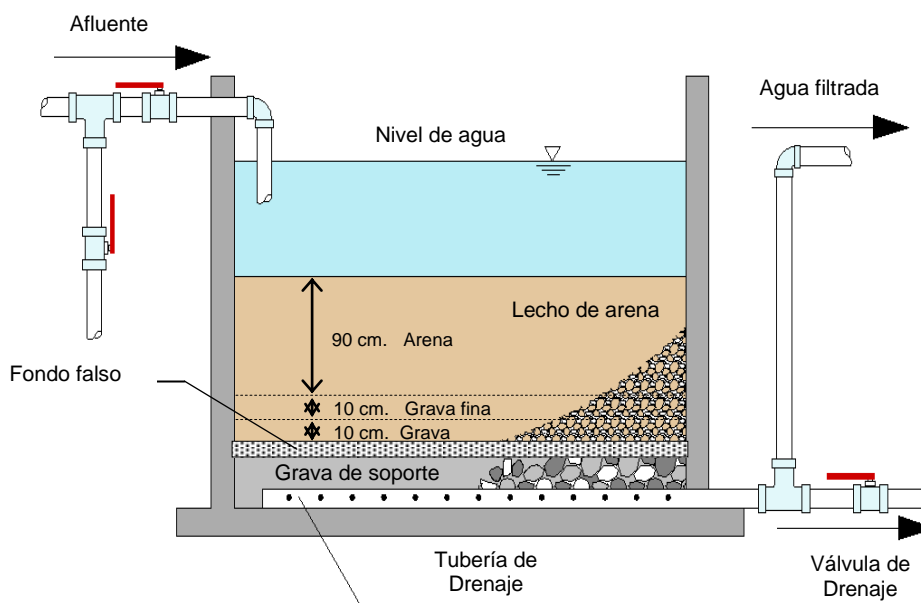
El material de soporte (grava) se sitúa sobre el fondo falso (ladrillo hueco), la primera capa de grava gruesa de rango entre 1.0 y 2.5 cm, la segunda capa de grava entre 0.7 y 1.0 cm, que servirán como lechos de soporte a la arena fina, ver la figura siguiente:

**Fondo falso:**

El fondo falso se construirá con viguetas a una altura de 15 cm, en los cuales se colocara ladrillos cerámicos de 18 o 21 huecos.

**Lavado de la arena fina y la grava:**

Una vez seleccionada la arena y la grava, se debe lavar por separado con abundante agua para eliminar el material fino, luego dejar reposar en agua con una concentración de cloro de 30 mg/L (de lavandina), volver a enjuagar con agua antes de colocar la grava y la arena en el filtro.



**Figura 3.** Unidad de Filtración Lenta con las diferentes capas de arena

### **Características del lecho filtrante:**

El lecho debe tener en lo posible solo tres capas de arena

<p><b>Primera capa: Grava</b></p> <p>Rango de tamaño: 1.0 – 2.5 cm Espesor de Capa: 10 cm</p> <p><b>Segunda capa: Grava fina</b></p> <p>Rango de tamaño: 0.5 – 1.0 cm Espesor de Capa: 10 cm</p> <p><b>Tercera capa: Arena Fina</b></p> <p>Rango de tamaño: 0.3 – 1.0 mm Espesor de Capa: 90 cm (mínimo)</p>
--

**Nota:** Deberá prepararse mallas para cernir y obtener estos agregados

### **Procedimiento de Operación del Filtro Lento de Arena**

Inicialmente, se debe llenar el filtro por la tubería de salida con un flujo suave, esto evitara que se atrape aire en el lecho filtrante y se tenga caminos preferenciales.

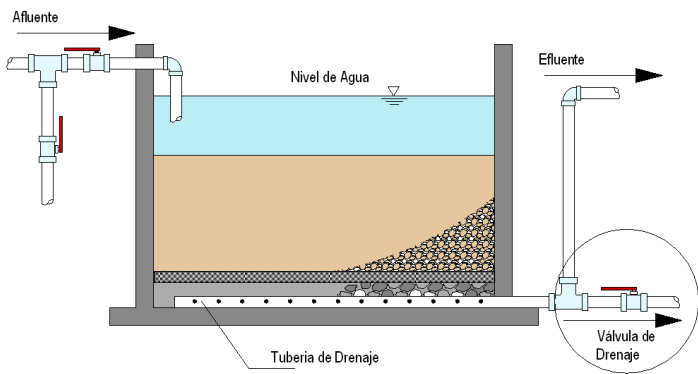
Cuando el filtro se ha llenado, entonces se empieza a operar normalmente.

### **Recomendaciones para el funcionamiento adecuado del FLA**

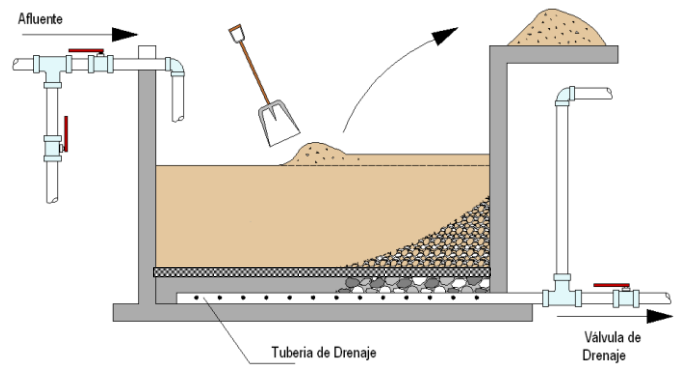
- Debe existir una altura mínima de agua sobre el filtro de 50 cm. (sobrenadante)
- Evitar que el filtro quede sin agua sobrenadante
- Cuando el nivel de agua sobrenadante empiece a subir notablemente para dar el mismo volumen de agua en un tiempo definido, es señal de que se debe limpiar la parte superficial del filtro.

### **Limpieza y Mantenimiento del Filtro.**

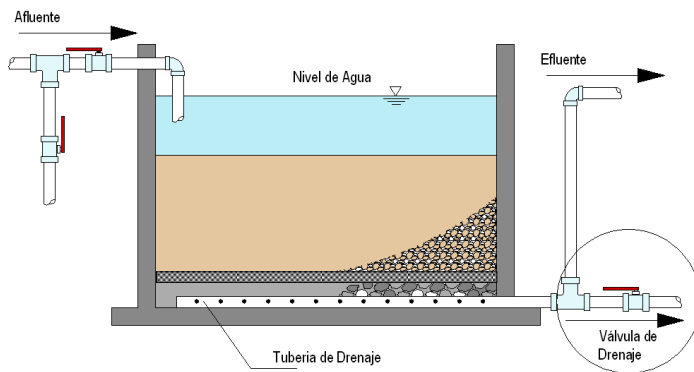
La limpieza y mantenimiento del filtro se debe realizar cuando la altura de agua sobrenadante en el FLA ha superado el nivel indicado para la limpieza del filtro, siguiendo los siguientes pasos señalados a continuación:



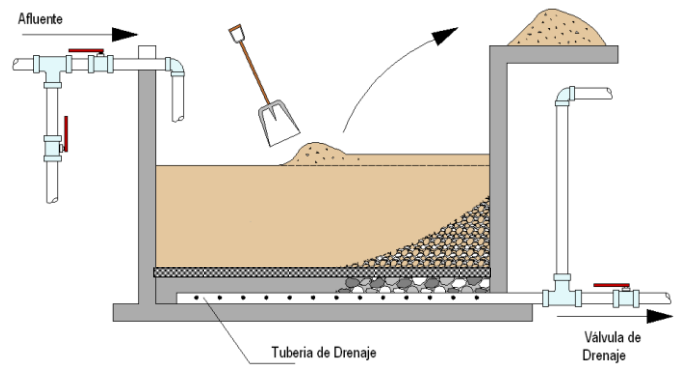
**Paso 1.** Drenar el agua sobrenadante, abriendo la válvula del drenaje



**Paso 2.** Con ayuda de una pala mediana, raspar el lecho de arena aproximadamente 5 cm y retirar esta arena sucia para su lavado.



**Paso 3.** Iniciar nuevamente la operación del filtro, una vez retirado la parte superficial de la arena y a la vez uniformizar la superficie.



**Paso 4.** Después de varias limpiezas, y cuando la profundidad de la arena ha bajado aproximadamente 35 cm, se debe reponer la arena lavada lo más uniformemente posible.

**Figura 4.** Pasos para la limpieza y mantenimiento del FLA

# CLORACIÓN EN LÍNEA

## Principio básicos de la cloración en línea

Se basa en el principio de la disminución de presión en función de la reducción de sección en una tubería, esta disminución de la presión genera un efecto de succión en la sección angosta de la tubería o del accesorio, cuanto mayor sea la relación de área, mayor será la succión y también la velocidad de flujo.

Se aprovecha este principio para que una manguera conectada al orificio y a un tanque de solución de cloro, permita el ingreso de cloro de forma proporcional al caudal que circula por la tubería.

## Procedimiento de implementación

### **Cálculo del volumen aproximado de agua a desinfectar:**

Se toma el ejemplo de un caudal de agua de 0.5 l/s para una población de 100 familias, la preparación de la solución de cloro se realizara con hipoclorito de calcio granulado (HTH) del 60% de pureza.

Considerando que el consumo de agua es cerca a los 70 litros/habitante/día, calculamos el volumen de agua a desinfectar por día:

$$V = \frac{70L}{Hab.día} * 100 familias * \frac{5hab.}{1 familia} = 35000L / día$$

### **Cálculo de la cantidad de cloro granulado (HTH):**

Se asume una turbiedad < 5 NTU y una demanda de cloro de 0.8 mg/L para un tiempo de contacto de 15 min y un cloro residual de 0.2 mg/L, en casos especiales y por tiempos cortos se puede tolerar una turbiedad < a 10 NTU.

$$0.8 \frac{mg}{L} * 35000 \frac{L}{día} = 28.0 \frac{g Cl_2}{día}$$

Suponiendo que quiero preparar una solución de cloro para una semana (7 días), tendremos:

$$28.0 \frac{g}{L} * 7 días = 196.0 g Cl_2 \text{ para 7 días}$$

Como el cloro granulado viene al 60% de pureza, se calcula la cantidad de cloro granulado (HTH) que necesitamos disolver:

$$\frac{196.0 g Cl_2 * 100 g \text{ de HTH}}{60\% Cl_2} = 326 g \text{ de HTH}$$

Para esta cantidad es suficiente un tacho de plástico de **120 litros**.

**Resumen de los datos técnicos para el sistema de cloración:**

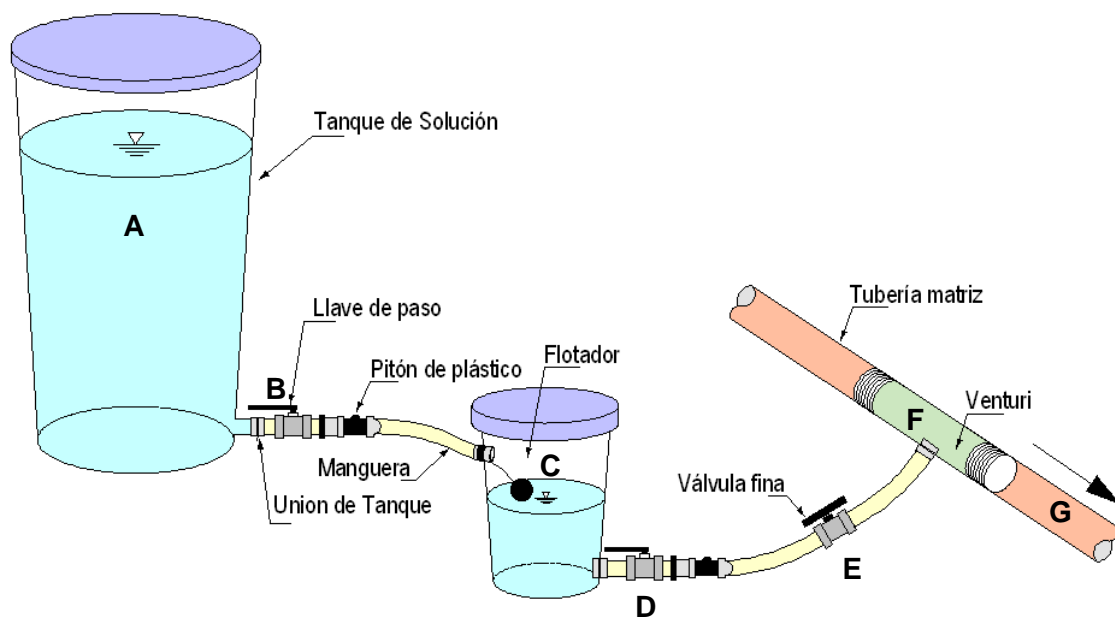
Población	100 familias
Fuente	Vertiente
Dosis en el punto de mezcla	0.8 mg/l
Tamaño del tanque de solución de cloro	120 litros
Frecuencia de recarga del tanque de solución	7 días
Peso de HTH al 60% para añadir al tanque de solución	326 g

**Consideraciones Técnicas:**

Todo el sistema se debe construir en plástico reforzado con antioxidantes, las llaves también se recomiendan que sean de PVC, la llave fina puede ser de bronce.

El sistema de cloración debe instalarse a la salida del tanque de almacenamiento, en algunos casos se instala a la entrada del tanque (ejm: Pozos).

La aplicación típica del sistema es como se describe en la Figura 5, el esquema indica cada uno de sus componentes.



**Figura 5.** Esquema simplificado del sistema de cloración del agua en línea

- Tanque de plástico grande para almacenar la solución de cloro (puede ser de 20,40,60,120 Litros o más)
- Llave de paso de ½ pulgada de PVC para realizar el mantenimiento y la recarga de la solución de cloro.
- Recipiente pequeño (balde de 5 L) para regular la presión de entrada a la red.
- Llave de paso de ½ pulgada de PVC de salida del regulador de la solución de cloro hacia la red.
- Llave de paso fina para regular la cantidad de solución de cloro que entra a la red.
- Mezclador y regulador de la solución de cloro en la red (Venturi o eyector)
- Punto de control en la red para medir la cantidad de cloro (puede ser la primera pileta).

## Operación del dosificador

La recarga del recipiente **A** se debe realizar cuando se instala el dosificador y cada vez que el nivel de la solución en el recipiente disminuya hasta la marca inferior, mediante las siguientes instrucciones:

1. Cerrar la llave plástica de ½ pulgada **B** del recipiente grande **A**.
2. En un balde de plástico (no latón porque se oxida) de 10 litros de capacidad, colocar agua hasta la mitad.
3. Medir la cantidad indicada de hipoclorito de calcio al 60% de pureza (HTH) en el frasco destinado para este fin y agregar al balde de 10 litros.
4. Remover el cloro sólido con una varilla de madera o PVC hasta disolverlo completamente.
5. Dejar reposar por un momento, vaciar el sobrenadante al recipiente **A**, repetir la operación hasta la disolución completa del cloro, enjuagar el balde.
6. Completar con agua hasta la parte superior del recipiente **A**.
7. Tapar el recipiente **A** y abrir la llave de paso **B**.
8. Cuando el nivel de carga en el recipiente **C** ha terminado, abrir la llave **D** por completo y la llave **E** media vuelta.
9. Después de un tiempo de equilibrio, verificar que la recarga en el recipiente **C** este funcionando normalmente y luego taparlo.
10. Controlar la cantidad de cloro residual con el colorímetro y el reactivo DPD en un grifo cercano o en el tanque de almacenamiento. Verificar que en el último grifo de la red se tenga un cloro residual de 0.2 mg/L como indica la norma boliviana NB 512.
11. Si la cantidad de cloro residual fuera mayor a 0.2 mg/L se debe calibrar nuevamente la llave fina **E**. Por el contrario si la medición estuviera por debajo de lo recomendado, abrir lo necesario la llave fina **E** y volver a medir el cloro residual.
12. Si abriendo la llave fina **E** hasta dos vueltas no se logra tener 0.2 mg/L de cloro residual, se debe aumentar la cantidad de hipoclorito de calcio granulado y se repiten los pasos 4 al 10.

**Nota 1.-** Se recomienda que los pasos 2 al 4 se realicen media hora antes, para facilitar la disolución del HTH.

**Nota 2.-** Es recomendable que la solución de cloro preparada dure hasta dos semanas como máximo. Debiendo el operador estimar cuantos litros de solución de cloro se utilizan en ese tiempo. Si los litros de solución de cloro preparados dura menos de una semana, entonces preparar el doble de la concentración de la solución de cloro.

## Limpieza y mantenimiento del dosificador

Cuando se observa que el volumen de la solución en el recipiente **A** no disminuye normalmente con el uso, es probable que la llave de paso fina **E** se encuentre taponada por partículas sólidas no disueltas, también revisar el punto de entrada al venturi o eyector **F**. Sacar estos accesorios, limpiarlos, y volver a colocarlos, abrir la llave de paso fina hasta la posición anterior y controlar el cloro residual en la red.

Cuando se haya acumulado sólidos en el recipiente **A**, cerrar la llave de paso **B**, desconectar la manguera con el pitón y lavar el recipiente **A**, luego volver a instalar el recipiente **A** con sus accesorios.

Otra posibilidad de obstrucción o inconveniente que se puede presentar es la rotura de algún accesorio del sistema, para evitar contratiempos es necesario contar con repuestos disponibles en el momento, por ejemplo los que con mayor frecuencia se deterioran son los accesorios pequeños de plástico (pitones, niples hexagonales, etc.)

# TRATAMIENTO A NIVEL DOMICILIARIO

## FILTRACIÓN LENTA EN ARENA A NIVEL DOMICILIARIO

Cuando no existen sistemas convencionales de tratamiento del agua se puede emplear procesos caseros, sencillos y prácticos para mejorar las condiciones de calidad del agua, uno de estos sistemas domiciliarios es el Filtro Lento de Arena Casero.

Existen diversos tipos o variedades de Filtración Lenta en Arena que pueden ser utilizados a nivel domiciliario, el principio es el mismo, solo varía el tamaño y los materiales de los recipientes que se usan. La filtración, se realiza antes de hervir o desinfectar el agua

### Procedimiento de implementación de un FLA

#### *Cálculo de material y dimensiones de estructura:*

Primeramente se debe calcular el área del FLA y el volumen de arena que se necesitara, para esto se estima una familia de 5 personas.

La turbiedad del agua a tratar no debe exceder los 10 NTU.

#### *Cálculo para una familia de 5 miembros:*

Cabe aclarar que el cálculo para las dimensiones del filtro domiciliario debe realizarse con el volumen de agua necesaria para cada persona o de ingesta diaria, y no así con el valor de dotación diaria.

$$\text{Volumen de ingesta diaria} = 8 \text{ L/hab-día}$$

$$\text{Miembros de La familia} = 5 \text{ hab.}$$

#### *Tasa de filtración y cálculo del área:*

La tasa de filtración que se toma es de  $0.15 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ h}$ .

El volumen diario requerido por familia es de:

$$8\text{L/hab día} * 5 \text{ hab} = \mathbf{40 \text{ L/día}}$$

#### *Caudal de filtración en $\text{m}^3/\text{h}$ :*

$$\frac{40 \frac{\text{L}}{\text{hab}} \text{ día}}{24 \text{ h} * 1000 \text{ L}} = 0.001667 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

#### *Cálculo del área de filtración*

$$\frac{0.001667 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{\left(0.15 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \cdot \text{h}}\right)} = 0.0111 \text{ m}^2 \text{ para una familia}$$



Si se considera el filtro de estructura circular el diámetro será de:

$$D = \left( \frac{4 * 0.0111}{3.14} \right)^{1/2}$$

$$D = 0.1190 \text{ m} = 4.7 \text{ pulg.}$$

Por considerarse un diámetro superior a 4 pulgadas, se adopta el diámetros de 6 pulg.

**Consideraciones Técnicas:**

De acuerdo al diámetro requerido para el FLA, consideramos que se puede armar el filtro en tubería de PVC de 6 plg. de 1.5 m de largo.

Instalar los accesorios de entrada y salida del filtro en 1/2 pulgada de diámetro, empaquetaduras de goma, accesorio de PVC (codos, llaves, niples).

Constará de dos unidades, el primero un filtro lento de arena, y el segundo será un recipiente de recolección de agua filtrada con su grifo, debidamente protegida para evitar la contaminación del agua, tal como se muestra en la figura 6.

**Espesor del medio filtrante:**

El filtro presentará un lecho filtrante de arena fina de 0.9 m de altura.

**Volumen de la arena para la tubería de 6 plg:**

Multiplicando el área de filtración por la altura del lecho 0.9 m, tendremos el volumen de la arena que necesitamos.

$$0.0111 \text{ m}^2 * 0.9 \text{ m} = 0.00999 \text{ m}^3 \text{ de arena}$$
$$= 9.99 \text{ litros de arena}$$

**Selección de la arena:**

Buscar en la zona un banco de arena fina y seleccionar en un rango mediante dos tamices, uno de 0,3 mm y otro de 1.0 mm de abertura un volumen un poco mayor a 10.0 L.

**Soporte del medio filtrante:**

El material de soporte será grava gruesa de rango entre 1.0 y 1.5 cm, la segunda capa de grava entre 0.5 y 1.0 cm, que servirán como lechos de soporte a la arena fina, ver la figura 6.

**Lavado de arena:**

Una vez seleccionada la arena y la grava, se debe lavar por separado con abundante agua para eliminar el material fino, luego dejar reposar en agua con una concentración de cloro de 30 mg/L (de lavandina), volver a enjuagar con agua antes de colocar la grava y la arena al filtro.

### Características del Lecho Filtrante:

El lecho debe tener en lo posible solo tres capas de arena

<b>Primera capa: Grava</b>
Rango de tamaño: 1.0 – 1.5 cm
Espesor de Capa: 10 cm
<b>Segunda capa: Grava fina</b>
Rango de tamaño: 0.5 – 1.0 cm
Espesor de Capa: 10 cm
<b>Tercera capa: Arena Fina</b>
Rango de tamaño: 0.3 – 1.0 mm
Espesor de Capa: 90 cm (mínimo)

La figura 6 muestra las características de la unidad de filtración con los respectivos materiales y accesorios, tanto de medio filtrante como la disposición de tubería.

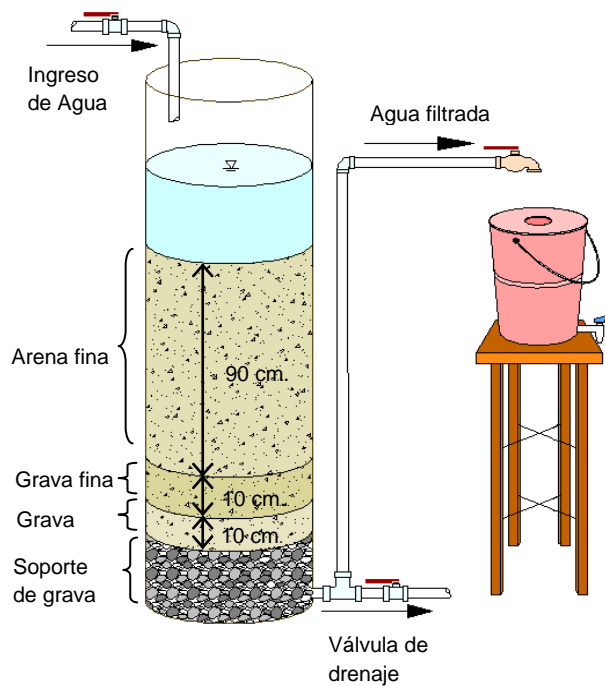


Figura 6. Unidad de Filtración de Agua a nivel domiciliario

### Operación del Filtro Lento de Arena

#### Recomendaciones para el funcionamiento adecuado del filtro

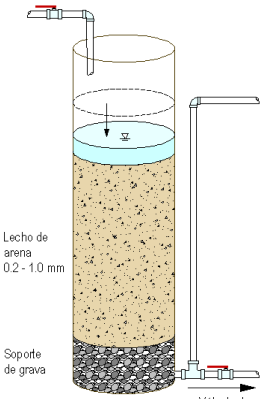
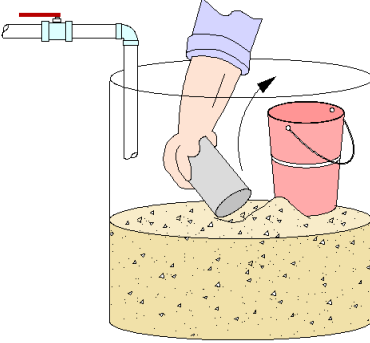
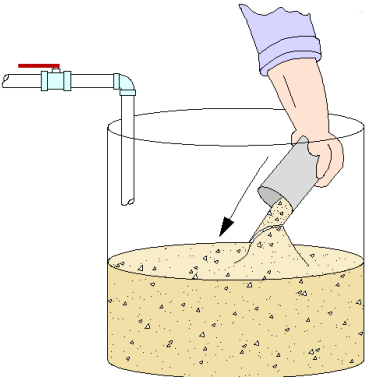
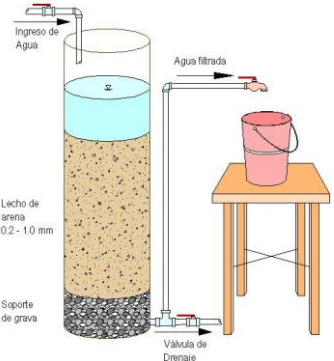
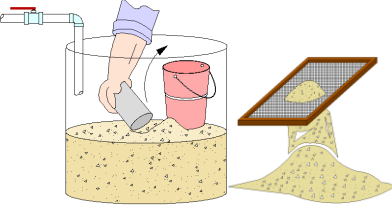

En los filtros de arena se forma una capa biológica sobre el lecho; conteniendo millones de microorganismos encargados de realizar la limpieza biológica, purificando así el agua de consumo.

- Debe existir una altura mínima de agua sobre el filtro de 20 cm (sobrenadante).
- El aumento de agua a filtrar se debe realizar con mucho cuidado y suavemente para evitar que la capa superior del filtro se agite o se mueva.

- Cuando el nivel de agua sobrenadante empiece a subir notablemente para dar el mismo volumen de agua en un tiempo definido, es señal de que se debe limpiar la parte superficial del filtro.
- Filtre el agua hasta que la cantidad saliente por el grifo haya disminuido con relación a la cantidad inicial (este es un indicador que el filtro esta casi colmatado)

### Limpeza y Mantenimiento del Filtro

La limpieza y mantenimiento del Filtro Lento de Arena debe realizarse cuando el chorro de salida de agua por el grifo es mínimo. Esta operación se realiza in-situ, sin mover el filtro. Siguiendo los pasos a continuación señalados en la figura 7.

 <p><b>Paso 1.</b> Drenar el agua sobrenadante por completo</p>	 <p><b>Paso 2.</b> Con ayuda de una pequeña espátula o rasqueta, raspar la parte superior del lecho de arena aproximadamente 2 a 3 cm., retirar esta arena sucia a un recipiente para ser lavado.</p>	 <p><b>Paso 3.</b> Una vez lavada la arena, reponerla en el filtro e igualar la superficie.</p>
 <p><b>Paso 4.</b> Iniciar nuevamente la operación del filtro.</p>	 <p><b>Paso 5.</b> Cada 2 ó 3 meses vaciar toda la arena, limpiar las paredes y lavar la arena. Cernir nuevamente la arena y volver a colocar en el filtro por capas como se indica en la figura 6.</p>	 <p><b>Recomendación:</b> No lavar la arena con <b>detergentes ni desinfectantes</b>, solo con agua limpia con la ayuda de una pala pequeña hasta que el agua de lavado quede limpia.</p>

**Figura 7.** Pasos a seguir durante el proceso de limpieza del filtro de arena domiciliario

# DESINFECCIÓN SOLAR DEL AGUA

## Principio básico de la desinfección solar del agua

La radiación UV de la luz solar es el principal agente de desinfección (longitud de onda 320 – 400 nm), favorecido por el calor que aumenta la temperatura del agua. Si la temperatura del agua sube por encima de los 50°C el tiempo de tratamiento es menor.

Se ha verificado la remoción de 3 órdenes logarítmicos de coliformes termotolerantes y otros microorganismos como ser cólera, salmonella y además de otros.

## Procedimiento de aplicación

- 1.- Use botellas transparentes de material PET (no de colores), de agua o de gaseosa hasta 3 litros, tapas limpias.
- 2.- Temprano por la mañana, llene las botellas con agua clara (turbiedad menor a 30 UNT) y tápelas bien.
- 3.- Coloque las botellas al sol temprano en la mañana en el techo de la casa, mejor si es de calamina.
- 4.- Al final del día recoja las botellas. Si el cielo estuvo nublado deje las botellas en exposición por un día más.
- 5.-Deje enfriar el agua y tómelas en un vaso limpio.



Figura 8. Los 5 pasos para obtener agua potable mediante el proceso SODIS

## Recomendaciones para la correcta aplicación

- 1.- Verifique si las condiciones climáticas son adecuada para SODIS
- 2.- Verifique que las botellas sean cerradas herméticamente, para ello compruebe el buen estado de la tapa
- 3.- Elija un soporte adecuado para exponer la botella (por ejemplo una calamina), y un lugar para exponer las botellas donde haya sol por lo menos durante 6 horas al día.
- 4.- Verifique que el agua esté lo suficientemente clara para SODIS (Turbiedad < 30 UNT). El agua con mayor turbiedad necesita un pre tratamiento antes de aplicar SODIS.

### ***Factores que incrementan la eficiencia***

- Colocar las botellas en una calamina o sobre un fondo metálico que refleje la luz solar.
- Usar agua con baja turbiedad
- Exponer las botellas más tiempo

### ***Factores que reducen la eficiencia***

- Botellas sucias o agua turbia
- Botellas viejas, rayadas, oscuras y de color
- Cielo nublado
- Botellas con agua en la sombra

### ***Ventajas***

- No se requiere de compuestos químicos
- Depende del usuario
- Depende de insumos universalmente disponibles
- Se garantiza la calidad del agua hasta el momento del consumo.
- El método se reduce a 5 pasos sencillos que se pueden aplicar por la mayoría de las personas.

### ***Condiciones limitantes***

- La Nubosidad evita la adecuada transmisión de luz solar, disminuyendo la eficiencia de la desinfección
- La disponibilidad de botellas PET en áreas remotas
- El volumen de agua tratada en relación al tiempo consumido por los usuarios para aplicar el método.
- La implementación debe estar acompañada de una campaña educativa de larga duración

### ***Entidades que lo difunden***

#### ***Bolivia***

El Centro de Aguas y Saneamiento Ambiental, fue el instituto que inicialmente validó el método, y realizó las primeras intervenciones en el año 1996 y continua trabajando con la investigación y promoción se esta tecnología.

Fundación SODIS, trabaja a través de instituciones implementadoras de proyectos de salud.

[www.fundacionsodis.ch](http://www.fundacionsodis.ch)

#### ***Internacional***

El Instituto Federal Suizo para la Ciencia y Tecnología del Agua (EAWAG). Es la institución que inicialmente difundió el método, y es el actual centro de referencia mundial. [www.eawag.ch](http://www.eawag.ch), [www.sodis.ch](http://www.sodis.ch).

# DESINFECCIÓN DEL AGUA POR CLORACIÓN

## Principio de aplicación de la cloración del agua

El hipoclorito de calcio se puede obtener en forma de polvo o granulado en concentraciones de 35, 65 ó 70% de cloro activo, y en pastillas con una concentración de cloro disponible de alrededor de 65%.

El hipoclorito de sodio (lavandina), es un líquido que viene con una concentración del 8 al 10%, pero debido a la acción de la luz y la fecha de fabricación se ha encontrado que la lavandina que viene al 8%, en realidad tiene 6% como promedio, por lo que en la tabla 1 se presenta en el rango de 6% a 10%.

El hipoclorito de sodio comercial puede contener a veces otras sustancias que podrían ser tóxicas, en cuyo caso no deberá emplearse para desinfectar agua para beber.

Estos dos compuestos son oxidantes químicos muy fuertes en base al cloro que ataca a los microorganismos inactivándolos, especialmente en sus formas de ácido hipocloroso (HOCl) o del ion hipoclorito ( $\text{OCl}^-$ ).

Si bien la norma Boliviana de agua de consumo NB 512 indica que se debe de disponer entre 0.2 y 1.0 mg/l en un agua de consumo como máximo, en situaciones de emergencia y en zonas rurales en las cuales la desinfección es el único tratamiento que se aplica al agua, se considera que se debe preparar agua desinfectada con mayores concentraciones. Esto para tomar en cuenta el consumo de cloro por otras sustancias como metales y otros que podrían disminuir la concentración de cloro residual.

## Procedimiento de aplicación

### Con el uso de lavandina:

Se presenta a continuación en la tabla 1 los volúmenes de hipoclorito de sodio (lavandina) necesarios para desinfectar aguas que contengan una turbiedad < 20 NTU (aguas claras).

**Tabla 1.** Dosificación de cloro líquido (lavandina) en relación al volumen de agua a desinfectar

Cloro libre disponible (lavandina)	Cantidad de cloro por volumen del recipiente			
	1 Litro	10 Litros	15 Litros	20 Litros
6%	1 gota*	8 gotas	12 gotas	16 gotas
10%	½ gota*	4 gotas	6 gotas	8 gotas

\* Dosis mínima posible

### Materiales requeridos:

- Tener la solución de lavandina del 6 al 10% de cloro activo o hipoclorito de calcio granulado al 65% de cloro activo.
- Un recipiente de volumen conocido, botella, balde, tachos, que sean de plástico con tapa.
- Un elemento de plástico o madera para homogenizar la sustancia

**Procedimiento:**

- Colocar el agua a desinfectar en el envase escogido de volumen conocido
- En base al volumen de agua a desinfectar, medir la cantidad de solución de cloro que se indica en la tabla y añadir al agua.
- Mezclar muy bien con la ayuda de una varilla de madera o plástico, si es una botella agitar muy bien y luego dejar reposar por 30 minutos para que el cloro actúe sobre los microorganismos.

Guardar la solución de lavandina o cloro en un lugar fresco bajo sombra lejos del alcance de los niños.

**Con el uso de de hipoclorito de calcio granulado (HTH):**

También se puede preparar soluciones de cloro a partir de hipoclorito de calcio granulado al 65% (conocido también como HTH).

**Preparación de la solución:**

Para calcular la cantidad de HTH que se necesita para preparar soluciones con determinada concentración de cloro se puede usar la siguiente ecuación:

$$P = \frac{C * L}{B * 10} \quad (1)$$

Donde:

P = Cantidad del compuesto clorado en gramos

C = Concentración de la solución que se desea preparar en mg/L

L = Volumen en litros de solución clorada que se desea preparar

B = Porcentaje de cloro activo que tiene el compuesto clorado que se va a usar

**Ejm:-** Preparar 50 litros de solución clorada de 30 mg/L de cloro a partir de hipoclorito de calcio al 60% de cloro.

Reemplazando en la ecuación (1) tenemos:

$$P = \frac{30 * 50}{60 * 10} = 2.5 \text{ gramos}$$

Es decir que a 50 litros de agua clara se añade 2.5 g de hipoclorito de calcio granulado al 60% para obtener una solución de 30 mg/L.

**Ventajas**

- Aplicación relativamente sencilla
- Destruye a una gran variedad de organismos causantes de enfermedades relacionadas al agua
- Su concentración se puede determinar fácilmente en el agua
- Posee un efecto residual que protege al agua posteriormente a la aplicación

**Condiciones limitantes**

- Aguas con contenidos de materia orgánica no son adecuadas para su desinfección con cloro
- Aguas con turbiedades > 20 NTU y color no son eficientemente desinfectadas
- Se requiere de solución de cloro (lavandina) para desinfectar el agua

**Entidades que lo difunden*****Bolivia:***

El Ministerio de Vivienda y Servicios Básicos en el año 2001, consideró a la cloración dentro de un manual de Operación y Mantenimiento de Sistemas de Agua Rurales.

Centro de Aguas y Saneamiento Ambiental - CASA

SODIS

***Internacional:***

A nivel internacional el Centro para Control de Enfermedades (CDC) de los Estados Unidos, publicó un manual de implementación de proyectos de cloración casera que incluía la técnica.

Adicionalmente la Alianza Agua Segura lo difunde como una de las técnicas recomendadas para desinfección del agua en el hogar.



# DESINFECCIÓN DEL AGUA POR EBULLICIÓN

## Principio de aplicación de la ebullición del agua

La temperatura es un método físico eficaz para la eliminación de organismos patógenos presentes en el agua de consumo.

Un estudio realizado en 1993 indicaba que un hervido intenso de 1 minuto de duración podría eliminar la mayoría de los patógenos del agua (i.e., *Vibrio cholerae*, enterotoxigenic *Escherichia coli*, *Salmonella*, *Shigella sonnei*, *Campylobacter jejuni*, *Yersinia enterocolitica*, and *Legionella pneumophila*) y protozoos (e.g., *Cryptosporidium parvum*, *Giardia lamblia*, y *Entamoeba histolytica*), además de sugerir la extensión de a tres minutos si se encuentra a una altura mayor a 2000 m s n m.

## Procedimiento de aplicación

1. Si el agua es un poco turbia, filtrar mediante un paño o tela tupida antes de hervirla.
2. Llenar el recipiente con el agua a ser hervida.
3. Hervir y dejar el agua en ebullición (presencia de burbujas) entre 5 a 10 minutos.
4. Enjuagar con un poco de agua caliente hervida el recipiente y su tapa en el cual se almacenara el agua.
5. Vaciar el agua en el recipiente y tapar.

Evite sacar el agua con otros utensilios como pocillos, vasos u otros que no estén limpios o desinfectados

## Requerimientos

- Combustible (leña, gas, kerosen) y olla.
- Ollas de 3 a 4 L.

## Ventajas

Elimina prácticamente toda la contaminación microbiológica, es un método simple y mundialmente aceptado, localmente disponible en todas las localidades.

## Condiciones limitantes

La mayor desventaja del hervido del agua es la gran cantidad de energía requerida (leña), haciendo que sea económica y ambientalmente no atractiva; además de generar humo que puede resultar molesto y contaminante al ambiente.

## Entidades que lo difunden

A nivel nacional e internacional es el método más difundido tanto en casos de emergencia, y como método de tratamiento domiciliario.

A nivel nacional el Ministerio de Vivienda y Servicios Básicos incluyó la desinfección por ebullición dentro de los Manuales de Operación y Mantenimiento de Sistemas de Agua Rurales.

## FILTRO BIOARENA PARA REMOCIÓN DE ARSÉNICO

### Principio de aplicación del filtro bioarena

Los clavos de hierro expuestos al agua y aire se oxidan rápidamente produciendo partículas de hidróxido férrico. Estudios previos han demostrado que el hidróxido férrico es un buen adsorbente del arsénico.

Un estudio comparativo con otras tecnologías para remover arsénico del agua en el año 2005 indicaba lo siguiente.

Reducción en arsénico de aproximadamente 400  $\mu\text{g/L}$  a 50  $\mu\text{g/L}$ , también se encontró una apreciable remoción de hierro<sup>+3</sup> de pozos superficiales además de una remoción de turbiedad cercana al 90%. También se ha probado la capacidad de eliminación de coliformes totales y E. coli.

Se notó una disminución de la remoción de arsénico a caudales mayores a 35 L/h.

### Procedimiento de aplicación

Un contenedor plástico de aproximadamente 40 litros de capacidad, contiene grava, arena gruesa y arena fina, con un tubo de PVC de  $\frac{1}{2}$ " saliendo de su base al exterior hasta una elevación aproximada de 40 cm.

Encima de la grava y de la arena, un recipiente con perforaciones en la base contiene trozos de ladrillo y hierro fundido, que puede ser clavos u otro.

El agua es vertida en el recipiente superior con clavos y trozos de ladrillo, posteriormente el agua es percolada hacia el recipiente inferior, donde por filtración descendente llega al tubo recolector de agua por el cual se recoge el agua filtrada, tal como se muestra en la figura 9(a y b).



Figura 9 a. Aplicación del filtro

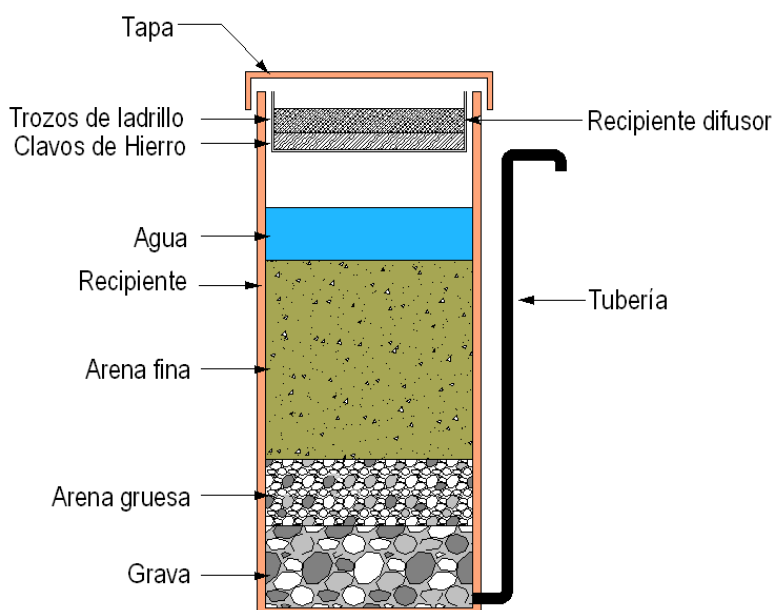


Figura 9 b. Partes del Sistema de Filtro Bioarena

**Requerimientos:**

Para la construcción del filtro se requiere lo siguiente:

Un contenedor plástico de boca ancha de aproximadamente 40 litros de capacidad y 40 cm de diámetro, un contenedor superior de aproximadamente 5 litros de capacidad con perforaciones en su base.

Tubería de ½" de pvc en longitudes de 30, 30 y 10 cm con extremos tarrajados.

Accesorios en pvc un codo, un tapón macho de 1", arandelas de goma para evitar fugas

22.0 litros de arena fina de diámetro menor a 1 mm

4.0 litros de arena cuarzosa de 3 a 6 mm de diámetro

6.0 litros de grava de 6 a 15 mm de diámetro

5 kilos de clavos no galvanizados

Trozos de ladrillo de tamaño aproximado de 5 cm

**Ventajas:**

De acuerdo a un estudio realizado entre usuarios en Bangladesh, algunas ventajas percibidas era: Su sencillez de uso y mantenimiento, remueve arsénico y disminuye la contaminación bacteriológica.

**Entidades que lo difunden****Bolivia:**

No existen instituciones que difundan esta tecnología. El Centro de Aguas y Saneamiento Ambiental, está experimentando con un modelo de tamaño menor al convencional Kanchan

**Internacional:**

La tecnología de la filtración lenta domestica adecuada para la remoción de arsénico es difundida por ENPHO en Nepal, MIT y CAWST a nivel internacional. Estas instituciones han producido material para la construcción y operación del filtro, que se encuentra disponible en Internet.

# FILTRO CERÁMICO

## Principio de aplicación del filtro cerámico

El agua cruda pasa a través de un medio poroso fino que contiene plata coloidal como desinfectante a un recipiente que guarda el agua desinfectada de donde se puede extraer por medio de un grifo.

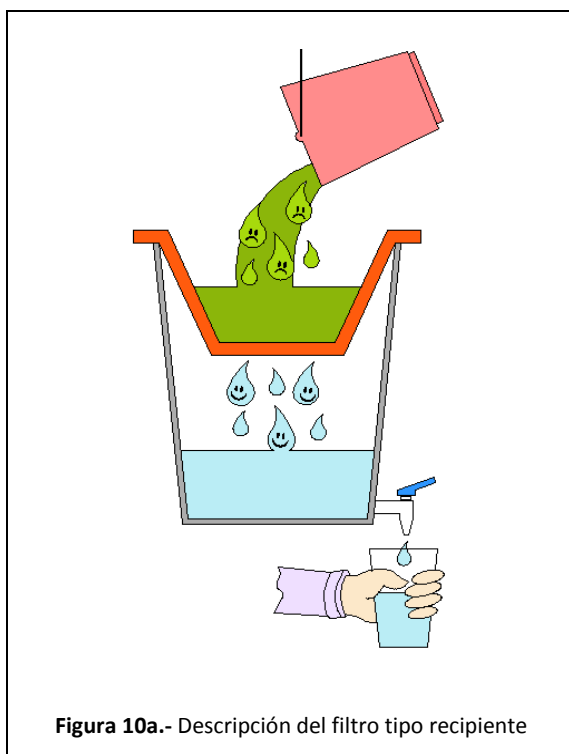
El elemento filtrante puede tener una vida de aproximadamente 2 años, y el recipiente más de 5 años.

Puede producir entre 1 y 2 litros de agua por hora.

## Procedimiento de aplicación

Consiste en un elemento filtrante y un recipiente con grifo. El recipiente puede ser hecho de cerámica, acero inoxidable o plástico, dependiendo de la preferencia del usuario. El elemento filtrante es cerámica porosa, que obtiene su porosidad de la mezcla de la arcilla con un compuesto orgánico combustible como aserrín o cáscara de arroz. Esta mezcla es moldeada y quemada, dejando una estructura porosa muy fina que evita que las bacterias la atraviesen y permite que el agua sí la atraviese. Para evitar el recrecimiento de bacterias en el filtro, los filtros ya salidos del horno son revestidos de una solución de plata coloidal que actúa como agente bioestático.

El elemento filtrante es colocado encima el recipiente y el agua cruda es vertida sobre el elemento filtrante, que puede contener 8 litros de agua, produciendo agua tratada a una tasa de 1 a 2 litros por hora. Llenándose 3 veces por día el filtro puede producir entre 20 y 40 litros por día, que es suficiente para una familia promedio, ver figura 10.



### **Limpieza y mantenimiento del filtro**

Consiste en limpiar el elemento filtrante con un cepillo suave cuando los poros se han saturado. Al mismo tiempo el elemento recipiente se debe limpiar para evitar el crecimiento bacteriano. Se recomienda cambiar el elemento filtrante cada 2 años.

Se recomienda la limpieza cada semana

#### ***Requerimientos:***

- El agua debe ser lo más clara posible
- El filtro debe estar ubicado al interior del hogar

#### ***Ventajas:***

- No se requiere de compuestos químicos
- Depende del usuario
- Depende de insumos disponibles si existe un programa de implementación en la zona
- Funciona independientemente del tipo de clima

### **Entidades que lo difunden**

#### ***Internacional:***

A nivel internacional la fundación Práctica basada en Holanda y Filtronica, basado en Nicaragua realizan la difusión.

## Profesionales responsables

### Elaboración:

Olver Coronado Rocha  
Alvaro Mercado Guzmán  
Leovigildo Claros Bascope

### Ilustraciones:

René Marco del Río Estevez

### Dirección:

Lic. MSc. Ana María Romero Jaldín

### Realizado por:

Centro de Aguas y Saneamiento Ambiental  
Facultad de Ciencias y Tecnología  
Universidad Mayor de San Simón  
Cochabamba - Bolivia