

PROYECTO ECOLÓGICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN BIOFILTRO ACONDICIONADOR DE AGUA

La calidad del agua un estilo de vida saludable.

El agua indispensable para la vida, con el paso del tiempo se ha ido incrementando el nivel de contaminación de las fuentes de agua por lo tanto dejan de ser aptas para el consumo humano dada el peligro que representan los contaminantes orgánicos e inorgánicos.

Dentro de los contaminantes de mayor riesgo para nuestra salud lo representan los agentes patógenos como bacterias, virus, protozoarios y helmintos, cuando un patógeno entra en nuestro organismo nos enfermamos.

Otro tipo de contaminantes presentes en el agua como antibióticos, metales pesados, hidrocarburos pesticidas etc. muchas de estas sustancias pueden ser cancerígenas o venenosas y deterioran la calidad del agua, por lo cual hay que darle tratamiento para hacerla potable y apta para el consumo humano.

El agua tratada que mucha gente consume es potable pero de precaria calidad ya sea por turbidez provocada por sólidos en suspensión, mal sabor u olor y aún puede contener exceso de cloro y residuos de este como los trihalometanos producto de la desinfección, además de pesticidas y otros metales como hierro, plomo, cromo y manganeso, los cuales pueden afectar las condiciones sanitarias y estéticas del agua corriente destinada a la ingesta humana disminuyendo la calidad de vida.

Otro problema que afecta severamente la calidad del agua es la distribución y transporte; en el presente las dificultades se han incrementado a raíz de agentes externos como por ejemplo la interrupción del servicio eléctrico provocan que se detenga el bombeo y cuando este se reanuda se arrastra la suciedad de las tuberías dañando la calidad de el agua.

En el caso del transporte por cisternas el deterioro de la calidad del agua se produce por manejo inadecuado del fluido.

Adicionalmente se suma la precariedad del tratado de los envases de agua por las comercializadoras de dicho producto ya que el agua para nuestro consumo esta potabilizada pero el mal manejo de envases y limpieza de esos mismos disminuye la calidad del agua. En este aspecto es importante señalar el costo económico que implica comprar constantemente el liquido por botellones o bidones.

Sin embargo, establecido que el agua es un derecho humano fundamental para la vida y que su consumo óptimo debe estar en armonía con la naturaleza a fin de crear el mínimo o ningún impacto en el ecosistema, se hace necesario presentar proyectos que estén al servicio de las personas, a bajo costo, practico, asequible, sin afectar el medio ambiente y obtener un mejorador del agua que consumimos incluso sin energía eléctrica.

Tomando en consideración todo los aspectos anteriormente expuestos siendo una necesidad fundamental el consumo óptimo de agua potable ante cualquier circunstancia externa que afecte su calidad y pureza, a continuación se presentara un **proyecto de equipo biofiltrador y acondicionador de agua**, adaptado a mejorar la facilidad de construcción, bajar al máximo los costos, de fácil operación y simple mantenimiento. Este proyecto esta basado en un prototipo llevado a cabo hace 2 años y actualmente en funcionamiento.

El filtro de bioarena es una adaptación del filtro de arena lento tradicional que se ha utilizado para el tratamiento de agua para las comunidades por casi 20,000 años. El filtro de bioarena es más pequeño y está adaptado para darle un uso continuo, lo hace muy apropiado para tenerlo en las casas o lugares de espacio reducido. El contenedor del filtro puede estar hecho en plástico, cemento u otro material adecuado para este fin, el cual se llena con capas de grava y arena especialmente seleccionada y preparadas.

El equipo propuesto consta de 2 etapas : La primera etapa contiene un filtro de bioarena y la segunda un filtro secundario con sustratos filtrantes naturales que interviene en el acondicionamiento del agua tratada.

FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO

Primera etapa:

Esta comprende el biofiltro, a su vez esta etapa esta definida en 5 zonas en las cuales se desarrolla el proceso de filtración, que se detallan a continuación:

- 1. Zona de contención de agua a tratar:** es en donde se coloca el agua para el filtrado.
- 2. Zona de agua estancada:** Esta agua mantiene la arena mojada a la vez que deja que el oxígeno pase a la biocapa.
- 3. Zona biológica:** Se desarrolla en los 5-10 cm superiores de la superficie de arena. La arena de filtración extrae los patógenos, las partículas suspendidas y otros contaminantes. Al igual que en los filtros de arena lentos, se forma una **capa biológica** de microorganismos conocida como biocapa superior de la superficie de la arena.
- 4. Zona no biológica:** en esta zona no se desarrollan microorganismos vivos, debido a la falta de nutrientes y oxígeno.
- 5. Zona de grava:** impide que se drene la arena hacia la segunda etapa de filtrado.

Capa biológica o biocapa:

Es el componente clave del filtro que retira los patógenos. Sin ella, el filtro saca alrededor del 30-70% de los patógenos a través de entrapamiento mecánico y adsorción. La biocapa ideal aumentará la eficiencia del tratamiento removiendo hasta un 99% de los patógenos. La formación completa de la biocapa puede tomar hasta 30 días. Durante este tiempo, la eficiencia de remoción y la demanda de oxígeno irán incrementándose en la medida que la biocapa vaya creciendo. La biocapa NO SE PUEDE VER. NO es la capa resbalosa verduzca que se forma en la parte superior de la arena. La arena de filtración puede cambiar de color y oscurecerse, pero esto es debido a los sólidos suspendidos que han quedado atrapados en la arena. Los patógenos y los sólidos suspendidos se extraen a través de la combinación de procesos biológicos y químicos que se dan lugar en la biocapa y dentro de la capa de arena. Estos procesos incluyen: entrapamiento mecánico, depredación, adsorción y muerte natural de microorganismos.

Entrampamiento mecánico: Los sólidos suspendidos y los patógenos quedan físicamente atrapados en los espacios existentes entre los granos de arena.

Depredación: Los patógenos son consumidos por otros microorganismos que se encuentran en la biocapa.

Adsorción: Los patógenos se adhieren entre ellos, a los sólidos suspendidos que se encuentran en el agua y a los granos de arena.

Muerte natural: Los patógenos terminan su ciclo de vida o mueren porque no tienen suficiente alimento u oxígeno para su supervivencia.

Durante el proceso de filtrado el agua que se encuentra en la parte de arriba del filtro empuja el agua a través del difusor y el filtro, el nivel de agua en el reservorio va bajando en la medida que el agua va fluyendo uniformemente a través de la arena. La velocidad del flujo irá disminuyendo con tiempo, ya que habrá menos presión, la cual fuerza el agua a que vaya a través del filtro.

El agua que ingresa contiene oxígeno disuelto, nutrientes y contaminantes, proporcionando así el oxígeno que necesitan los microorganismos existentes en la biocapa para sobrevivir.

Las partículas más grandes y los patógenos quedan atrapados en la parte de arriba de la arena, bloqueando parcialmente los espacios porosos que existen entre los granos de arena. Esto también hace que la velocidad de flujo disminuya.

Segunda etapa:

Conformada por un cartucho construido en tubo de PVC de 2" x 20cm de largo que contiene los sustratos filtrantes (carbón granular activado impregnado en plata y zeolitas). En la entrada de este elemento filtrante se utilizara un filtro de manguera para impedir la entrada de partículas de la primera etapa.

Los sustratos filtrantes utilizados actuales contienen propiedades para el tratamiento de aguas.

Carbón activado granular (CAG) impregnado en plata

Uno de los medios de tratamiento de mayor capacidad sustancial en reducción de cloro, de trihalometanos (THM) y de metales como hierro, plomo, cromo y manganeso. También disminuyen la turbiedad producida por sólidos en suspensión la cual puede afectar las condiciones sanitarias y estéticas del agua corriente destinada a la ingesta humana. De esta manera, se logra una notable mejora en el sabor, el color y el olor del agua.

Un porcentaje del **CAG** está impregnado en sales de plata cuya función es inhibir el crecimiento de bacterias dentro del cartucho cuando ésta se encuentra en reposo. Este proceso se denomina bacteriostasis.

Zeolita

Sustrato filtrantes de origen natural. La aplicación de este sustrato ayuda a ofrecer un rendimiento alto y superior en comparación con filtros de arena y carbón. La zeolita posee una estructura a base de minerales volcánicos y cristales que funcionan como intercambiadores de iones. A su vez, poseen canales de materiales micro porosos. En el

intercambio de iones los canales absorben los elementos contaminantes del agua purificándola y filtrándola.

De acuerdo al tipo de Zeolita empleada se pueden extraer diferentes minerales del agua, entre ellos el calcio. Cuando el calcio se extrae del agua se logra un ablandamiento progresivo en la dureza del agua. Los poros de la Zeolita con mayor volumen son aquellos que benefician en la retención de partículas ya que logran delimitar su paso sin diferenciar entre tipo orgánico o amoniacal un compuesto natural apto para la retención de los metales ya citados; y que, adicionalmente, posee una gran capacidad bacteriostática.

Tiempos de operación del filtro.

El filtro de bioarena es más efectivo y eficiente cuando se opera de manera intermitente y consistente. El período de pausa debe ser mínimo de 1 hora y máximo de 48 horas después de que el agua ha dejado de fluir.

El período de pausa es importante porque da tiempo para que los microorganismos que se encuentran en la biocapa consuman los patógenos del agua. Mientras los patógenos se van consumiendo, el índice de flujo a través del filtro se va restaurando. Si el período de pausa es muy prolongado, los microorganismos terminan por consumir todos los nutrientes y patógenos para finalmente extinguirse. Esto reduce la eficiencia de remoción del filtro cuando se vuelve a utilizar.

Capa de agua estancada

La correcta instalación y operación del filtro de bioarena requiere que el agua estancada tenga una profundidad aproximada de 5 cm encima de la arena durante el período de pausa. La profundidad del agua estancada puede ser de 4 a 6 cm, pero lo ideal es que sea de 5 cm . Una profundidad de agua mayor a 5 cm (2") puede causar una menor difusión del oxígeno y en consecuencia una biocapa más delgada.

Mantenimiento 1ra etapa.

Con el tiempo, los espacios existentes entre los granos de arena pueden bloquearse con los sólidos suspendidos, produciendo una reducción en la velocidad de flujo del agua. Una velocidad de flujo más lenta no es un problema en términos de calidad de agua. De

hecho, mientras más lenta sea la velocidad de flujo, mejor será la calidad del agua. Sin embargo, es posible que la velocidad sea tan lenta que ya resulte inconveniente para el usuario, haciendo que éste decida no volver a utilizar el filtro.

Revolver y botar

Con el paso del tiempo, la velocidad de flujo del agua que pasa a través del filtro irá mermando mientras que la biocapa va funcionando y atrapando sólidos suspendidos en la capa superior de la arena, si la velocidad de flujo del filtro bajará a un nivel que ya no es aceptable será necesario aplicar mantenimiento. Aun cuando la velocidad de flujo se ha reducido, el filtro todavía sigue tratando el agua de manera efectiva; lo que sucede es que el tiempo que toma llenar un contenedor de agua filtrada puede ser demasiado largo y resultar inconveniente para el usuario.

Se sugiere medir la velocidad de flujo del agua; si es menor de 0.1 litro/minuto, entonces se necesita “revolver y botar” la arena. (Se puede volver a reutilizar la arena previo lavado).

Pasos:

1. Retire la tapa del filtro.
 2. Si no hay agua sobre el difusor, añada aproximadamente 4 litros de agua.
 3. Retire el difusor.
 4. Con la palma de su mano, toque ligeramente la aparte de arriba de la arena y mueva su mano en forma circular. Tenga cuidado de no mezclar la arena de arriba con el material que está más al fondo del filtro.
 5. Saque el agua sucia con un contenedor pequeño.
 6. Bote el agua sucia.
 7. Asegúrese de que la arena esté suave y nivelada.
 8. Vuelva a colocar el difusor.
 9. Lávese las manos con agua y jabón.
 10. Coloque nuevamente el contenedor que recolecta el agua filtrada.
 11. Vuelva a llenar el filtro.
 12. Repita estos pasos hasta lograr la misma velocidad de flujo que antes.
- Al aplicar el proceso de revolver y botar, se altera la composición de la biocapa. Esto

no es problema, pues volverá a formarse nuevamente con el tiempo.

En caso de una obstrucción severa drenar el filtro a traves de la válvula inferior, quitar unos 10 cm de arena, reemplazarla o lavarla. Al reemplazar la arena el nivel de esta debe de estar 5cm por debajo del nivel de agua estancada.

Mantenimiento 2da etapa.

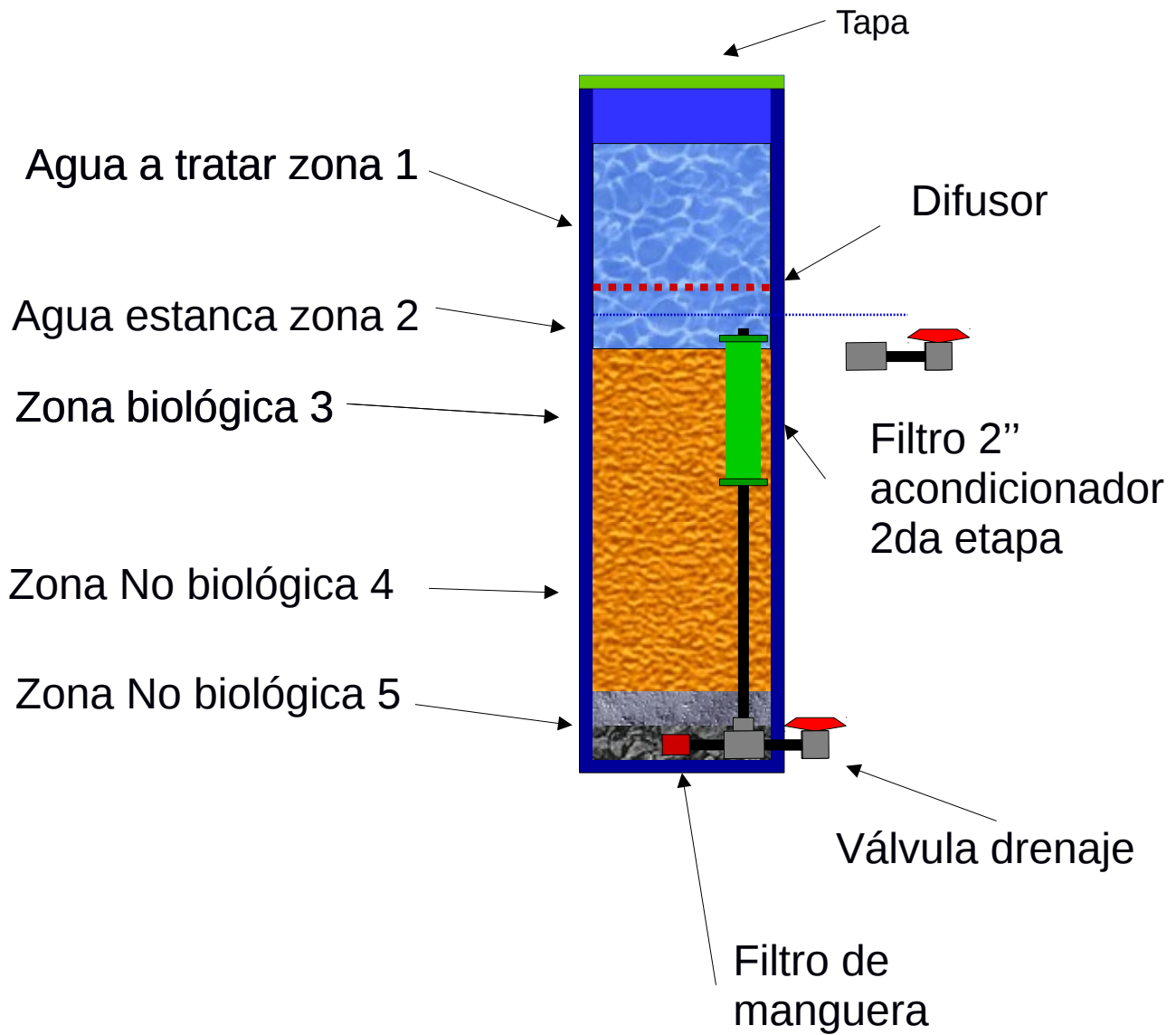
En la segunda etapa es bastante improbable que puedan ocurrir obstrucciones, sin embargo se recomienda hacerle un retrolavado periódico para mantener la eficacia y duración del CAG y las zeolitas. Para hacer esta operación se abrirá la válvula de drenaje y se hachera agua por el grifo de salida.

Difusor

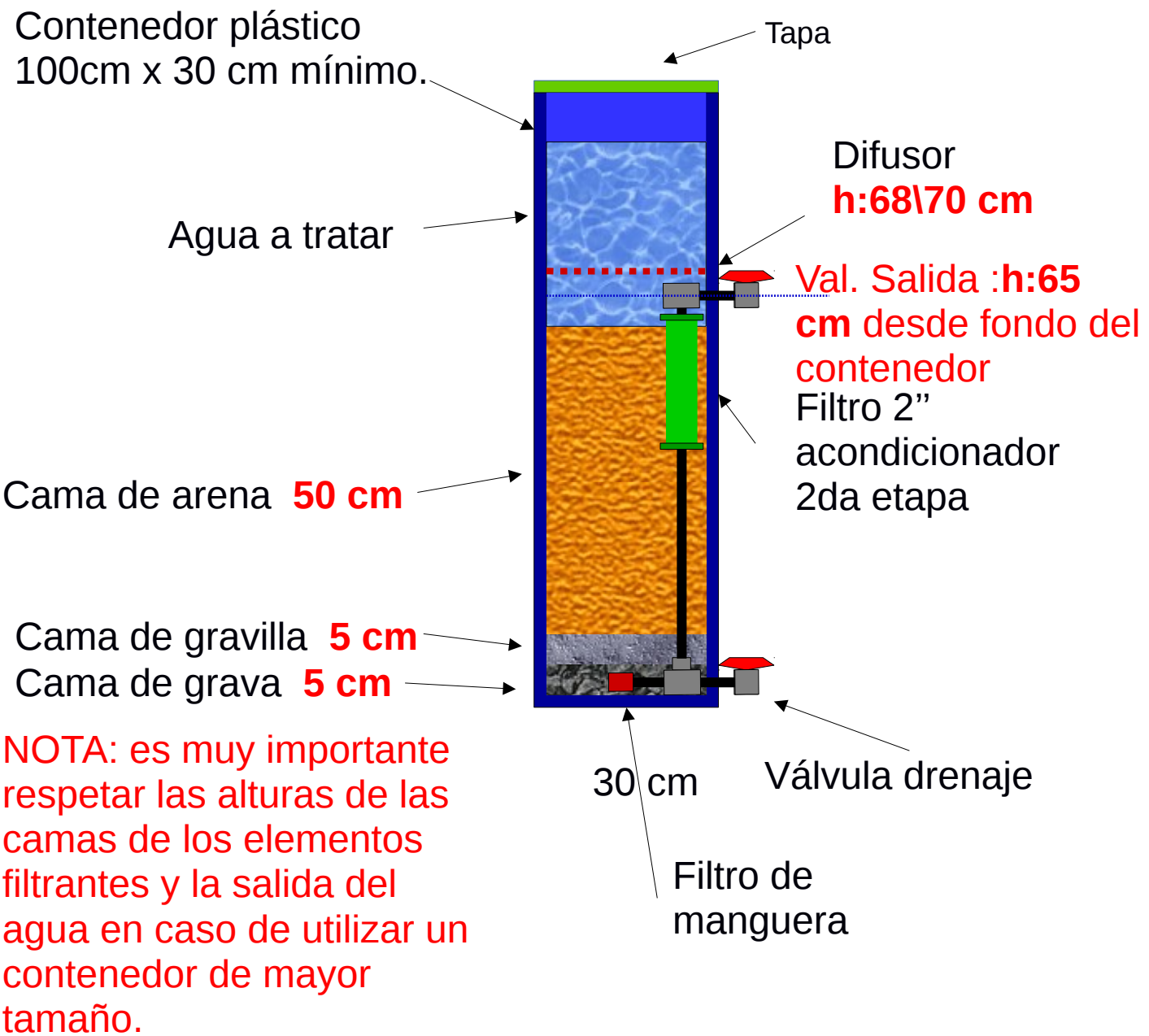
El propósito del difusor es evitar revolver la superficie de la arena y la biocapa cuando se añade agua en la parte superior del filtro. Esto es muy importante para el buen funcionamiento del filtro, pues así los patógenos no llegarán muy lejos en la cama de arena.

Importante: si la fuente de agua con la que llena el filtro no es confiable se recomienda desinfectar con cloro u otro método el agua filtrada. Nunca agregue cloro u otro desinfectante dentro del filtro esto eliminaría la capa biológica y dañaría los componentes del filtro acondicionador.

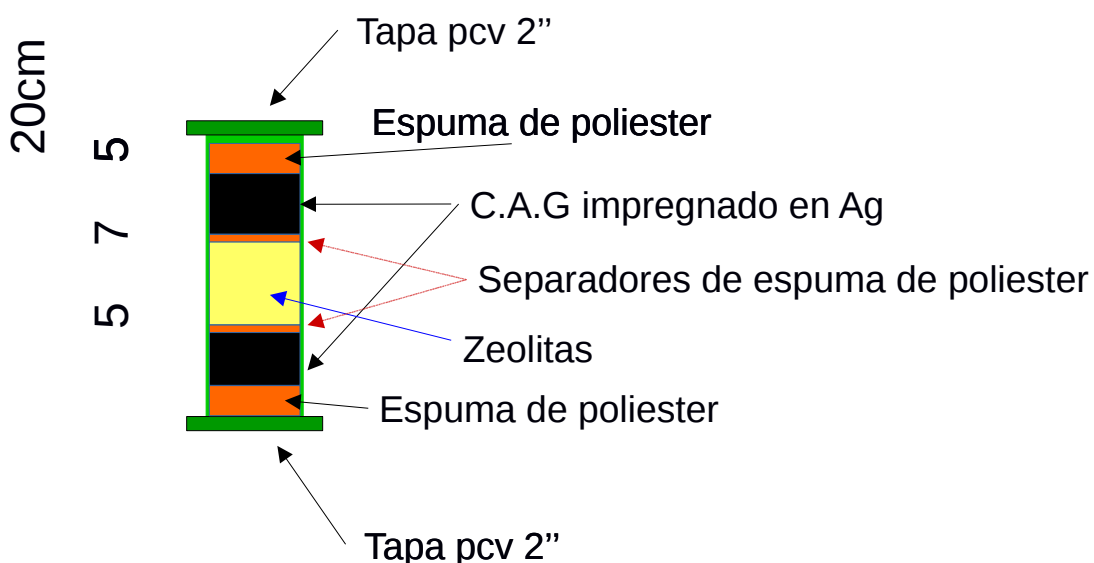
ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO



Esquema Biofiltro acondicionador de agua

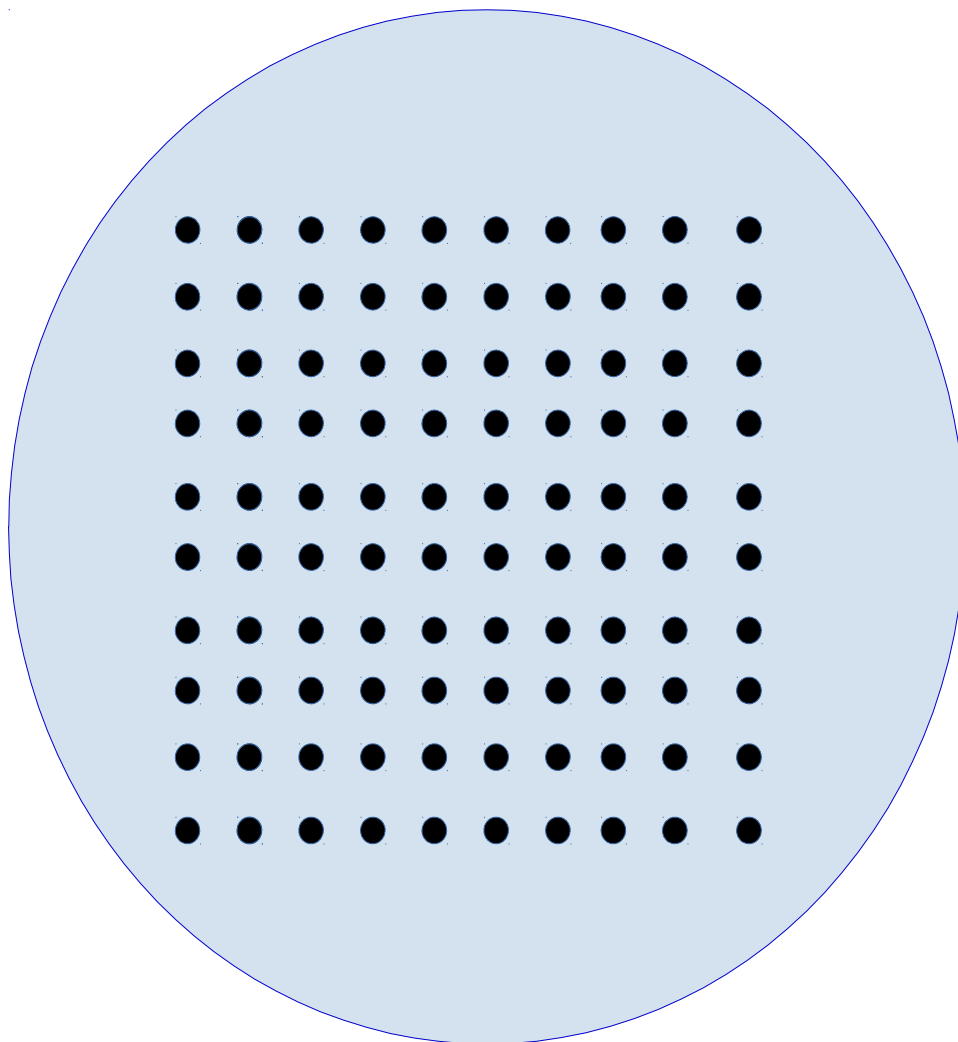


Detalle de filtro acondicionador 2da etapa



ESQUEMA PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL DIFUSOR

Nota: el tamaño del difusor puede variar según el diámetro interno del contenedor



Los orificios tendrán un diámetro de **3mm** y la separación entre agujeros será de **2,5 cm**.

Recomendación: la cantidad de agujeros estará entre, mínimo **80** y máximo **100** .

Materiales empleados en la construcción:

- Un (1), contenedor plástico (tipo bote para basura) 100cmx 30cm mín. con su respectiva tapa.
- Dos (2), tubería y accesorios pvc o polipropileno:
- Dos (2) tapas pvc 2"
- 20cm tubo pvc 2" para la construcción del filtro acondicionador..
- Dos(2) pasamuros de 5/8"
- Un (1) filtro de manguera 5/8"
- Un (1) te de 5/8"
- Un (1) codo 90 grados 5/8"
- Dos (2)válvulas 5/8"
- Pegamento pvc o epoxi.
- Placa plástica o zinc (deberá ser del diámetro interno del contenedor, ya que debe quedar ajustada dentro del contenedor)

Materiales filtrantes:

1. Arena lavada, grano < 0,7mm cantidad aproximada 30 litros.
2. Grava lavada 12mm cantidad aproximada 3 litros.
3. Gravilla lavada 6mm cantidad aproximada 3,5 litros.
4. Carbón granular activado impregnado en plata cantidad aproximada 0,5 litros.
5. Zeolitas cantidad aproximada 0,4 litros.

Instalación adecuada

1. El filtro está nivelado.
2. El filtro está ubicado en un lugar adecuado, alejado de la intemperie y de los animales.
3. La arena y la grava se colocaron añadiéndolas al agua del filtro.
4. La superficie de la arena del filtro está plana y nivelada.
5. La profundidad del agua arriba de la arena es de 5 cm.
6. La velocidad de flujo del filtro es menor a 0.4 litros/minuto.

REFERENCIAS PARA ESTE PROYECTO

Buzunis, B. (1995). Intermittently Operated Slow Sand Filtration: A New Water Treatment Process (Filtración Lenta e Intermitente con Arena: Un Nuevo Proceso para el Tratamiento de Agua). Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Calgary, Canadá.

Baumgartner, J. (2006). The Effect of User Behavior on the Performance of Two Household Water Filtration Systems (El Efecto del Comportamiento del Usuario en el Rendimiento de Dos Sistemas de Filtración de Agua en Hogares). Tesis de Maestría. Departamento de Población y Salud Internacional, Escuela de Salud Pública de Harvard, Boston, Massachusetts, Estados Unidos.

Duke, W. y D. Baker (2005). The Use and Performance of the Biosand Filter in the Artibonite Valley of Haiti: A Field Study of 107 Households (El Uso y Rendimiento del Filtro de Bioarena en el Valle Artibonito de Haití). Universidad de Victoria, Canadá.

Earwaker, P. (2006). Evaluation of Household BioSand Filters in Ethiopia (Evaluación de los Filtros de Bioarena en Hogares de Etiopía). Tesis de Maestría en Manejo de Agua (Abastecimiento de Agua Comunitario). Instituto del Agua y del Ambiente, Universidad de Cranfield, Silsoe, Reino Unido.

Elliott, M., Stauber, C., Koksai, F., DiGiano, F., y M. Sobsey (2008). Reductions of E. coli, echovirus type 12 and bacteriophages in an intermittently operated 2 household-scale slow sand filter (Reducción de E. coli, ecovirus tipo 1 y bacteriófagos en un filtro de arena lento intermitente para dos hogares). Water Research, volumen 42, Ediciones 10-11, Mayo 2008, páginas 2662-2670.

Ngai, T., Murcott, S. y R. Shrestha (2004). Kanchan Arsenic Filter (KAF) – Research and Implementation of an Appropriate Drinking Water Solution for Rural Nepal (Filtro de Arsénico Kanchan (KAF) – Investigación e Implementación de una Solución Adecuada para obtener Agua de Consumo Humano en el Área Rural de Nepal).

Palmateer, G., Manz, D., Jurkovic, A., McInnis, R., Unger, S., Kwan, K. K. y B. Dudka

(1997). Toxicant and Parasite Challenge of Manz Intermittent Slow Sand Filter (Problemas de Tóxicos y Parásitos en el Filtro de Arena Lento Intermitente de Manz). Environmental Toxicology, volumen. 14, pp. 217- 225.

Stauber, C., Elliot, M., Koksai, F., Ortiz, G., Liang, K., DiGiano, F., y M. Sobsey (2006). Characterization of the Biosand Filter for Microbial Reductions Under Controlled Laboratory and Field Use Conditions (Caracterización del Filtro de Bioarena para la Reducción Microbial bajo Condiciones Controladas en Laboratorio y Uso en Campo). Water Science and Technology, Vol. 54, No. 3. pp 1-7.

Sobsey, M. (2007). UNC Health Impact Study in Cambodia (Estudio de Impacto en la Salud en Camboya de la UNC). Presentación, Camboya.

Stauber, C. (2007). The Microbiological and Health Impact of the Biosand Filter in the Dominican Republic: A Randomized Controlled Trial in Bonao (El Impacto Microbiológico y el Impacto en la Salud del Filtro de Bioarena en República Dominicana). Sustentación de Tesis de Doctorado, Departamento de Ingeniería y Ciencias Ambientales, Universidad de Carolina del Norte, Chapel Hill, Estados Unidos.