

FILTRO DE BIOARENA PVC - DESEA PERU

MANUAL DE CONSTRUCCIÓN E INSTALACIÓN



Sandy Hart, P. Geo. y David Villagarcia Ramírez
Asociación DESEA Perú, Lamay, Cusco, Perú
www.deseaperu.org

Diciembre del 2017



AGRADECIMIENTOS

Los escritores agradecen la colaboración de numerosas personas y organismos en el desarrollo del filtro de PVC y en la preparación de este manual. Esta es una versión actualizada y traducida del manual original, publicado en inglés en 2014 (Hart, 2014) y actualizado en 2017 (Hart 2017).

Matt Hastie, un voluntario con DESEA durante cinco meses en 2011, trabajó en estrecha colaboración con el autor sobre el diseño y pruebas de los filtros, además preparó el primer manual sobre la construcción e instalación del filtro de PVC. A finales de 2011, Pat Teti trajo un soldador y varillas de PVC de Canadá y ayudó con el diseño en el soporte de la tubería de salida. Además, Pat proporcionó una ayuda considerable con la redacción y revisión del manual original. Melissa Schlichting también revisó cuidadosamente el manual. Eliana Schiffer creó las ilustraciones de mantenimiento del filtro en el Apéndice 2.

El personal y los directores del *Centre for Affordable Water and Sanitation Technology* (CAWST) han proporcionado una ayuda inestimable en el diseño y evaluación de filtro. Derek Baker, Emilie Sanmartin, y Paul Earwaker (así como el personal de CAWST consultó a su vez) dieron sus apreciaciones acerca de los cálculos de carga de filtro de agua, prácticas de pruebas hidráulicas, y otros diseños. Las visitas de los miembros de CAWST, Derek Baker y Camille Dow Baker (en 2011) y Eva Manzano (en 2013 y 2015), a áreas de talleres y proyectos de DESEA fueron de gran ayuda en la evaluación del filtro de agua de PVC, tratamiento de arena, instalación del filtro y operaciones prácticas. Derek Baker y Eva Manzano también proporcionaron valiosos comentarios de revisión de este documento.

Global Water, ONG con sede en California, brindó apoyo financiero tanto para las versiones en español e inglés y como para el desarrollo de un programa de capacitación, construcción e instalación del filtro de agua.

Finalmente, al personal DESEA Perú, se les agradece por sus consultas sobre el diseño del filtro y por sus contribuciones a la evaluación en campo de las instalaciones de filtro: a los directores de DESEA Perú, Sandra McGirr, Judy Chávez Ipenza, Vilma Florez Huayllapuma, y María Luz Palomino Zamalloa; y técnicos de filtro de agua antiguos y actuales, Rosberg Huallpa Torrabla, Héctor Bolívar Surco, y Beto Palomino Ayma. Para el presente 2017, las versiones en inglés y español, Bryan Ferry (Green Empowerment Perú Administrador de Programas y DESEA Perú Coordinador de Desarrollo de la Comunidad en 2014 y 2015) proporcionan revisiones detalladas, edición y traducción; Judy Chávez y David Villagarcía llevaron a cabo la traducción y edición final; y Jacob Rodick, P. Eng. (voluntario DESEA en 2015), desarrolló el aparato utilizado para la formación del soporte de la tubería de salida, y proporcionó orientación en los procesos de fabricación del filtro en general.

USO DEL DOCUMENTO

Este documento es de contenido público y registrado bajo *Creative Commons Attribution 4.0 International License*. Para ver una copia de esta licencia visite: <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Usted está invitado a copiar, distribuir, modificar, o utilizar cualquier parte de este documento bajo las siguientes condiciones:

- Los autores y DESEA Perú deben ser reconocidos como la fuente original de este material;
- Cualquier cambio realizado al documento debe ser indicado;
- Los directores y personal de DESEA Perú no asumen ninguna responsabilidad con respecto a los resultados que pueden obtenerse del uso de la información suministrada.

ABREVIACIONES Y CONVERSIONES

mm = milímetros
 cm = centímetros
 m = metros
 mL = mililitros
 m^2 = metros cuadrados
 L = litros
 kg = kilogramos
 s = segundos
 min = minutos
 h = horas
 lb. = libras
 gal. = galones
 CFU = [bacteria] unidad de formación de colonias
 NTU = unidad de turbidez nefelométrica

1 pulgada = 1" = 25.4 mm = 2.54 cm
 ½ pulgada = ½" = 12.7 mm = 1.27 cm
 1 metro = 3.281 pies
 1 kg = 2.2 lb.
 1 L/min = 1000 mL/min = 0.264 US gal./min

COMENTARIOS

Por favor envíe cualquier comentario o consulta a los autores sobre el filtro de bioarena de DESEA Perú a: info@deseaperu.org.

TABLA DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTOS	i
USO DEL DOCUMENTO	ii
ABREVIATURAS Y CONVERSIONES	ii
COMENTARIOS	ii
1.0 INTRODUCCIÓN	1
2.0 DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO	1
3.0 EVALUACIÓN DEL FILTRO	5
3.1 Hidráulica	5
3.1.1 Prueba del filtro	5
3.1.2 Carga del filtro y tasa de flujo	5
3.2 Calidad de agua	5
3.3 Evaluación	6
4.0 CONSTRUCCIÓN DEL FILTRO	6
4.1 Materiales, costos y herramientas	6
4.2 Cuerpo del filtro	6
4.3 Plato difusor	7
4.4 Soporte del tubo de salida	7
4.5 Tubo vertical interior y el tubo de salida	8
4.6 Tapa del filtro	11
5.0 INSTALACIÓN DEL FILTRO	11
5.1 Herramientas y materiales	11
5.2 Preparación de la arena y grava	12
5.3 Transporte del filtro y materiales	13
5.4 Ensamblaje del tubo de salida	13
5.5 Balde para almacenamiento de agua	14
5.6 Capacitación, registro, y monitoreo	14
6.0 CONCLUSIONES	15
REFERENCIAS	16
LISTA DE FIGURAS, TABLAS Y APENDICES	iv

LISTA DE FIGURAS.	iv
Figura 1. Filtro de PVC DESEA Perú	2
Figura 2. Sección transversal del filtro de PVC	3
Figura 3. Soporte del tubo de salida	7
Figura 4. Molde de soporte de tubería	8
Figura 5. Soldador y varilla de PVC	8
Figura 6. Tubería interna. y tubería de salida	10
Figura 7. Patrón de corte de la tapa contrachapada	11
LISTA DE TABLAS.	
Tabla 1. Especificaciones del filtro PVC DESEA Perú y filtro CAWST V.0	4
Tabla 2. Eficiencia de tratamiento del filtro de bioarena	6
Tabla 3. Herramientas para la construcción del filtro	7
Tabla 4. Herramientas para la instalación del filtro	11
Tabla 5. Materiales para la instalación del filtro	12
LISTA DE APENDICES.	iv
Apéndice 1. Componentes y costos del filtro de PVC	17
Apéndice 2. Póster de mantenimiento y monitoreo	19

1.0 INTRODUCCIÓN

Este manual ha sido preparado para delinear los procedimientos de construcción e instalación del filtro de bioarena PVC (FBA) diseñado por DESEA Perú para su uso en las comunidades andinas. Información detallada relativa a la operación y mantenimiento del filtro de bioarena, saneamiento e higiene (WASH) están disponibles en línea del *Centre for Affordable Water and Sanitation Technology* (resources.cawst.org) en Calgary, Alberta, Canadá.

El filtro bioarena original fue diseñado por el Dr. David Manz, P.Eng., en la Universidad de Calgary a principios de 1990. El *Centre for Affordable Water and Sanitation Technology* (CAWST) fue fundada en 2001 para proporcionar formación y consultoría a organizaciones que trabajan en proyectos de saneamiento básico de agua potable y desarrolló aún más el filtro de bioarena con un bajo mantenimiento, diseño hecho de concreto para proporcionar a largo plazo tratamiento de agua potable. CAWST ha estimado que a partir de junio de 2013, se han instalado 550 000 filtros de bioarena (incluidos todos los modelos) en 55 países (Ngai, pers. comm.).

Desde 2008, DESEA Perú ha instalado los FBAs en los hogares y las escuelas en las comunidades rurales de los Andes del sur de Perú. Después de haber instalado 150 filtros de concreto, DESEA reconoció la necesidad de un filtro más ligero para el transporte a los hogares de los Andes que son inaccesibles. En 2011, DESEA diseñó un filtro bioarena usando tubería de PVC de 31,5 cm (12 pulgadas) de diámetro que conserva la geometría del filtro CAWST, pero sólo pesaba 10 kg (Figura 1). DESEA actualmente está instalando estos filtros en los hogares y escuelas en comunidades remotas de los Andes, creemos que sería igualmente bien adaptado a las comunidades en lugares donde los filtros de concreto no pueden ser fácilmente transportados.

2.0 DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO

La Figura 2 ilustra el diseño de filtro de PVC de DESEA, y la Tabla 1 resume sus especificaciones del diseño con datos comparables para el filtro de concreto de CAWST Versión 10. El filtro DESEA se construye de un tubo de alcantarilla de diámetro nominal externo de 31,5 cm (12"), grado S-25, con un espesor de 6,2 mm. El tubo se corta en pedazos de 90 cm, a la que está pegado un tapón de PVC con un traslape de 12 cm, el tapón de PVC sirve como base del filtro¹. El tubo de 31,5 cm fue seleccionado por proporcionar una amplia capacidad de tratamiento, robustez y estabilidad del filtro.

Un tubo vertical de ½" de diámetro de PVC se levanta dentro de la arena media y sale de la pared de filtro a una profundidad de 10 cm por debajo de la superficie de la arena para evitar la perturbación de la biocapa dentro de la arena superficial. Este posicionamiento del tubo vertical interior ha sido adoptado con el fin de reducir la longitud de la tubería de salida externa y reducir su exposición a agresiones externas; proporcionar para la fácil reparación de la tubería de salida (sin excavación de toda la columna de medios de arena y grava); y reducir al mínimo la presión del agua en la instalación donde pasa a través de la pared del filtro.

¹ Un fabricante de PVC en Cusco moldea las bases para DESEA, usando un horno y prensa, a un costo de US \$15.00 por tapón. DESEA está investigando otras soluciones disponibles más universalmente para bases de filtros, incluida la soldadura o la fijación de un disco plano.

El tubo externo de $\frac{1}{2}$ " diámetro se apoya en una pieza de PVC de 6,2 mm, moldeada y soldada o pegado en la pared del filtro exterior. Estos tubos de $\frac{1}{2}$ " diámetro están conectados con el tubo de salida por medio de roscas, se encuentran fijados a la pieza de 6,2 mm y permiten un fácil desmontaje y reparación. Los demás componentes son una mezcla de accesorios de $\frac{1}{2}$ " roscados o unidos con pegamento como: unión universal PVC, niple galvanizado de $\frac{1}{2}$ " x $1\frac{1}{2}$ ", dos juntas de goma, dos juntas de plástico, tubo de PVC conectado en su interior y con rosca, y un codo galvanizado.

El filtro tiene en la zona de depósito efectivo una altura de 18 cm que equivale en volumen a 12,9 L. La profundidad de la columna de tratamiento de arena es 54,5 cm, y el volumen del espacio de arena (equivalente a la capacidad de tratamiento de agua) es de 15,7 L. La diferencia entre la capacidad de tratamiento de agua y el volumen del depósito permite la variación de volumen de espacio de arena real con las diferentes capas de arena.



FIGURA 1. FILTRO DE PVC DESEA PERÚ.

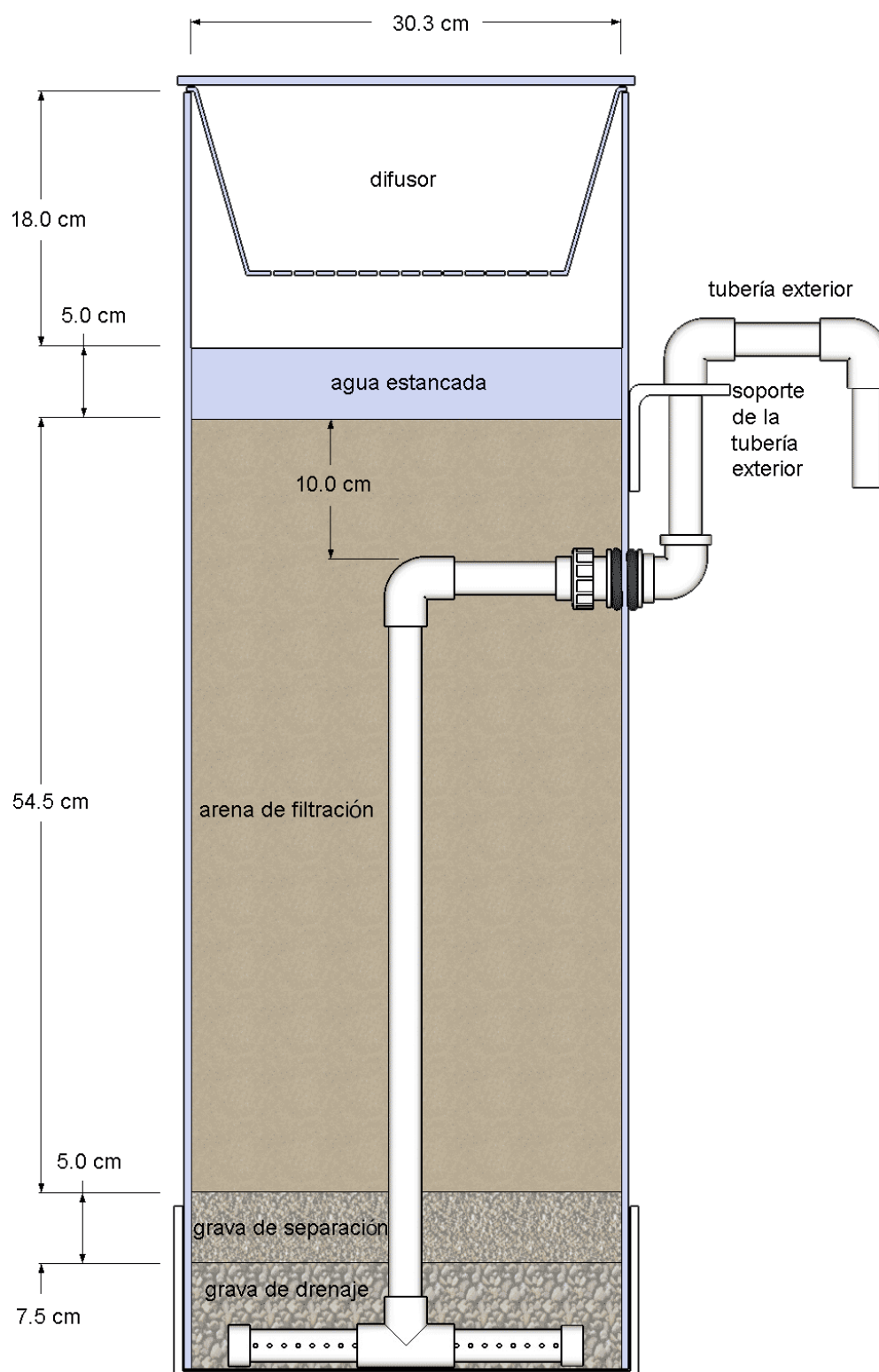
FIGURA 2. SECCIÓN TRANSVERSAL DEL FILTRO DE PVC.

TABLA 1. ESPECIFICACIONES DEL FILTRO PVC DESEA PERU Y FILTRO CAWST V.10.

DIMENSIÓN	DESEA PVC	CAWST V.10*
Diámetro interno (cm)	30,6	n/a
Diámetro externo (cm)	31,50	n/a
Área de sección transversal en superficie de arena (cm ²)	719	590
Altura interna (cm)	90,0	87,4
Volumen total del filtro (L)	64,7	n/a
Profundidad de grava de drenado (cm)	7,5	5,0
Volumen de grava de drenado (L)	5,4	±3,0
Profundidad de grava de separación (cm)	5,0	5,0
Volumen de grava de separación (L)	3,60	±3,25
Profundidad de arena de tratamiento (cm)	54,5	54,3
Volumen arena de tratamiento (L)	39,2	±30,0
Volumen de agua en arena de tratamiento (L)	15,7	12,0
Profundidad de nivel de agua sobre la arena (cm)	5,0	5,0
Profundidad disponible para almacenamiento de agua (cm)	18,0	17,8
Volumen disponible para almacenamiento de agua (L)	12,9	12,0
Tasa de llenado (L/h/m ²)	400	400
Flujo maximo (L/min)	0,5	0,4
Peso del filtro con la tubería de salida (kg)	10,0	95,0
Profundidad de la canasta difusora (cm)	13,0	15,8
Tamaño de la perforación de canasta difusora (mm)	2,0	2,0-3,0
Espaciado perforaciones de la canasta difusora (cm)	1,5	2,5

*Centre for Affordable Water and Sanitation Technology (2012); Baker, pers. comm.

3.0 EVALUACIÓN DEL FILTRO

3.1 Hidráulica

3.1.1 Prueba del filtro

Las pruebas fueron realizadas para confirmar que el filtro de DESEA mantiene un flujo uniforme a través del área transversal de la columna de arena; es decir que el agua no fluye más rápido a lo largo de la pared interior o a lo largo del tubo vertical de salida. Estas pruebas fueron llevadas a cabo transfiriendo una solución salina al filtro (una tinta de rastreo también puede ser utilizada) y luego midiendo la resistencia eléctrica de la descarga del filtro hasta que se detectara la solución salina. Si el volumen de tratamiento del filtro (en este caso, 15,7 L) es descargado totalmente antes de la detección de la solución salina, se puede asumir un flujo uniforme.

Para los ensayos de DESEA, una solución de 120 mL de cloruro de sodio en 11 L de agua del caño fue preparada y echado al filtro. La resistencia eléctrica de la descarga fue medida a intervalos de 5 minutos con un ohmímetro para determinar el caudal de la solución a través del filtro. Durante este procedimiento, se mantuvo una descarga constante mediante la adición de agua al filtro cada 10 minutos. En ensayos del filtro de DESEA, 15,8 L de agua fueron descargados antes de la detección del agua de mayor salinidad, confirmando un flujo uniforme a través del área transversal.

3.1.2 Carga de filtro y tasa de flujo

El filtro de bioarena DESEA tiene un área transversal de 0.072 m^2 , que es un 22% más grande que el filtro de concreto CAWST Versión 10 (Tabla 1). Dada esta área superficial y la profundidad de su columna de arena de tratamiento de 54,5 cm, CAWST recomienda una tasa máxima de carga de 400 L/h/m^2 (de área de sección transversal) y un flujo máximo de salida de 0,5 L/min (Sanmartin, pers. comm.).

3.2 Calidad de agua

La Tabla 2, del CAWST (2012), resume la eficiencia de tratamiento del filtro de bioarena Versión 9 de CAWST, una tecnología ampliamente evaluada². La remoción de protozoos y helmintos es prácticamente 100%, y la remoción de bacteria es típicamente en el rango de 96.5-98.5% cuando el filtro funcione de manera óptima. Dado que las dimensiones claves del filtro de PVC de DESEA son iguales o mayores que el filtro CAWST, se supone que tenga una eficiencia de tratamiento similar.

Análisis de calidad de agua han sido realizados para evaluar la eficacia del filtro de DESEA. Pruebas individuales fueron realizados por los laboratorios del Ministerio de Salud (MINSA) de Perú en Calca y por la ONG Soluciones Practicas en Sicuani sobre niveles de coliformes totales y fecales. Además, DESEA ha realizado ensayos de agua superficial con altos niveles de E. coli y bacterias totales utilizando el método *Coliscan Easygel* de Micrology Laboratories y análisis por un laboratorio en Cusco.

Los resultados de los ensayos a la fecha demuestran que el agua tratada con los filtros de DESEA es adecuada para el consumo humano por los estándares de MINSA (detección de menos que el límite de 1 CFU/100mL de agua); sin embargo, un mayor muestreo puede revelar el pasaje de

² Datos de la Tabla 2 se basan en el filtro de CAWST Versión 9, lo que fue reemplazado por Versión 10 en 2009; los ensayos de Versión 10 están siendo realizados actualmente. Se espera que Versión 10 demostrará una mejor remoción de bacteria que Versión 9.

algunas bacterias según lo indicado en el sumario de datos de la Tabla 2³. Los resultados a la fecha indican que el filtro de PVC de DESEA alcanza o excédela eficiencia de tratamiento demostrada por el FBA CAWST.

TABLA 2. EFICIENCIA DE TRATAMIENTO DEL FILTRO DE BIOARENA.

	Bacterias	Virus	Protozoos	Helmintos	Turbiedad	Hierro
Laboratorio	> 98,5%	70 a 99%	>99,9%	100%	95% <1 NTU	No disponible
Campo	87,9 – 98,5%	No disponible	No disponible	100%	85%	90-95%

Fuente: CAWST, 2012

3.3 Evaluación

Evaluaciones independientes del filtro de PVC de DESEA han sido realizadas en el taller de DESEA y en campo en tres ocasiones (2011, 2013 y 2015) por representantes del CAWST. Se demostró que cumple con las especificaciones para el filtro CAWST Versión 10 (Baker, comunicación personal; Manzano, comunicación personal).

4.0 CONSTRUCCIÓN DEL FILTRO

4.1 Materiales, costos y herramientas.

La Tabla 3 detalla las herramientas utilizadas para la construcción del filtro de DESEA. Métodos más simples para el cortado y ensamblado también pueden ser utilizados, en especial si se construirán menos filtros.

Los componentes principales del filtro son el tubo del filtro de 31,5 cm de diámetro con su base y el soporte de la tubería de salida adjuntos, tubería de ½" de PVC y accesorios, canasta difusora, tapa de madera contrachapada, y balde de 20 L con caño. El costo total de los materiales del filtro, basado en precios del mercado en Cusco al momento de la redacción, es de US\$52 (ver Apéndice 1). El tiempo requerido para el ensamble del filtro (excluyendo la compra y transporte de materiales) es de aproximadamente tres horas hombre.

4.2 Cuerpo del filtro

Tubos de PVC de seis metros de largo y 31,5 cm de diámetro son cortados en seis secciones de 90 cm (Componente F1⁴); los restantes 60 cm se utilizan para fabricar el soporte de la tubería de salida. En el caso de DESEA, el tapón de 31,5 cm de diámetro interno, usada como la base, se moldea y se pega conjunto con el tubo por un distribuidor de PVC en Cusco. Estos tapones están disponibles comercialmente por fabricantes de PVC; sin embargo, en Cusco, el costo de fabricación es más bajo que el precio de venta comercial.

³ Como práctica estándar, CAWST recomienda la cloración del agua filtrada como una barrera final a los contaminantes bacterianos.

⁴ Los componentes del filtro se ilustran en la Figura 6 y están numerados y descritos en el Apéndice 1.

TABLA 3. HERRAMIENTAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL FILTRO.

lijadora de banda y bandas de lijado de grano N°80	prensa mecánica tipos “c”
taladro eléctrico	cinta métrica
brocas - 2 mm, 3 mm	guía para cortar tubería
sierra de copa - 16 mm, 22 mm, 50 mm	guía para el conjunto de tubería de salida
sierra circular	lijado de grano N°120
sierra de mano de 8-10cm de ancho, diente fino	cemento solvente de PVC
pistola de calor para soldadura de pvc	varilla de soldadura de PVC de 4 mm
terraja (dado) para tubería de ½” de pvc	cinta teflon
tornillo de banco	silicona transparente

El borde superior del filtro es nivelado con una lijadora de banda o a mano para eliminar espacios entre el cuerpo del filtro y la tapa de madera contrachapada.

Se perfora un agujero de 22 mm en la pared del filtro a la altura donde la tubería vertical interna pasa a través de la pared del filtro. Esta perforación se ubica típicamente 33 cm por debajo del borde superior del filtro; sin embargo, la medida se confirma para cada filtro. El borde de la perforación se lija para crear un sello hermético.

4.3 Plato difusor

Para el plato difusor, DESEA utiliza una batea plástica de 13 cm de profundidad y 31,7 cm de diámetro externo (F18) que está disponible comercialmente en Cusco. Para evitar cualquier formación de abolladuras en la superficie de la arena causada por los pequeños chorros del agua a través del plato difusor, DESEA perfora agujeros de 2,0 mm en una forma cuadrícula con espaciado de 1,5 cm. Algunas abolladuras en la superficie del difusor se observaron mientras se hacían las perforaciones de 2,5 mm, posiblemente debido al poco espesor del plato difusor.

Como prueba, DESEA ha fabricado un plato difusor de 16 cm de profundidad en forma de un cono truncado utilizando una lámina de metal galvanizado. A pesar de que este estilo de canasta es más caro, tomando en cuenta materiales y mano de obra, puede ser preferible en otros lugares donde los costos de mano de obra sean bajos o no se disponga de bateas plásticas. Una canasta de una lámina de metal galvanizado podría ser más duradera y puede ser formada a las dimensiones requeridas.

4.4 Soporte del tubo de salida

El soporte de la tubería de salida (F13; Apéndice 1) es un brazo de soporte hecha a la medida diseñado para resistir las fuerzas accidentales que se pudieran aplicar (Figura 3). El soporte de la tubería se fabrica con el tubo de PVC de espesor 6,2 mm sobrante, se calienta y moldea para producir una forma en ángulo recto que se pega y se suelda a la pared del filtro.

**FIGURA 3. SOPORTE DEL TUBO DE SALIDA.**

En el taller DESEA se utiliza un tostador-horno eléctrico de bajo costo para calentar uniformemente una sección rectangular de PVC sobrante (5,5 x 11,5 cm) a 200°C durante cinco minutos. Esta pieza caliente se coloca en un molde (Figura 4) y doblada en un ángulo de 90°.

Mientras que el material de PVC se está enfriando con el apoyo de abrazaderas en "C", placas metálicas y un molde de madera, se utilizan para dar forma a las superficies curvas y planas a ambos lados del soporte.

Una vez que el soporte de la tubería moldeada se ha enfriado, los bordes de la pieza son lijados para obtener una superficie uniforme en el soporte de 5 cm de ancho, largo 11 cm. En el lado plano se perfora un agujero de 22 mm de diámetro que será donde la tubería de salida se apoye.

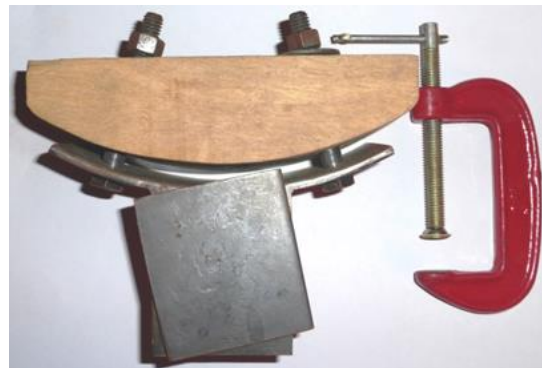


FIGURA 4. MOLDE DE SOPORTE DE TUBERÍA.

DESEA utiliza cemento PVC para pegar el soporte en su posición y fortalece la unión por soldadura de PVC usando una pistola de aire caliente y varillas de soldadura de PVC (Figura 5). Si no se dispone del equipo de soldadura recomendamos utilizar pegamento de alta resistencia y la ampliación de la zona de superficie del soporte que está en contacto con la pared del filtro.

4.5 Tubo vertical interior y el tubo de salida

La toma de agua interior y exterior de tubo de salida (Figura 2) se construyen con tubería de ½" de PVC con un espesor de pared de 2,9 mm (venden con extremos roscados en Perú y es superior a las exigencias SCH 40). Como conectores, se utilizan accesorios de tubería de PVC comúnmente disponibles, incluidos los tapones, codos, uniones, niples de diferentes medidas, todas roscadas o no roscadas. Para la fabricación de niples preparamos todas las piezas con el uso de un serrucho de 14 puntos y una tarraja de ½", además eliminamos todas las rebabas con papel lija N° 120. El uso de un patrón para cada caso es recomendable para asegurar que las dimensiones son las más exactas posibles.



FIGURA 5. SOLDADOR Y VARILLA DE PVC.

La construcción del tubo vertical interior y el tubo de salida procede de la siguiente manera (en la Figura 6 se puede observar un diagrama de los componentes, número de partes; las descripciones están en el Apéndice 1).

- Dos tubos de 11 cm, que serán los tubos de entrada vertical interior (F2; Apéndice 1) tienen cuatro filas radialmente espaciadas, agujeros de 3 mm perforados a 1 cm de distancia y a partir de 1 cm de cada extremo.
- Se pegan los tapones en los extremos exteriores (F3) de los dos segmentos de entrada, con los bordes planos de las tapas (si existen) alineado para asentar el tubo de admisión lo más cerca posible de la base del filtro (para evitar espacios donde se acumule grava al momento de instalar el filtro).

- Ambos extremos están pegados a una tee de ½" (F4).
- Un tubo de 51 cm se pega a la parte superior de la tee (F5).
- Un codo sin rosca es pegado con el tubo de 51 cm, preferentemente el codo debe de estar alineado con los tubos de entrada (F6).
- Un tubo de 10 cm (F7), con un lado roscado es unido con el codo sin rosca (F6).
- La unión universal de PVC (F8) es unido con un niple galvanizado de 4,2 cm (F9).
- **Se recomienda no ensamblar unión universal hasta que el filtro esta en su lugar de instalación, esto para evitar posibles daños durante el transporte.**
- Una junta de goma (F10), con sellador de silicona transparente aplicada a la cara orientada hacia la pared interior del cuerpo de filtro, se coloca a un lado del niple galvanizado. Dependiendo de la rigidez de la junta de goma, una junta de plástico semi-rígido (F11) se puede colocar entre la unión (F8) y la junta de goma (F10) para servir como un espaciador y para distribuir el accesorio de presión de manera uniforme. DESEA corta juntas de plástico de las tinas de lavado utilizando sierras de 40 mm para el exterior y de 22 mm para el interior.
- Un codo galvanizado roscado (F12), con junta de goma y plástico (con silicona en el lado orientado hacia la pared del filtro exterior) está firmemente apretada con el otro extremo del niple galvanizado, con el extremo verticalmente direccionado hacia arriba.
- Un tubo de PVC de 13,5 cm con el extremo inferior roscado (F14), se hace pasar a través del soporte de la tubería de salida (F13) y apretado (con cinta Teflón) en el codo galvanizado (F12).
- Los segmentos superiores del conjunto del tubo de salida, que constan de dos codos lisos (F6), un tubo horizontal de 6 cm (F15), y un tubo de salida de 8 cm (F16), todas pegadas entre sí, están pegados al tubo de 13,5 cm (F14) y alineado en ángulo recto con el cuerpo del filtro.

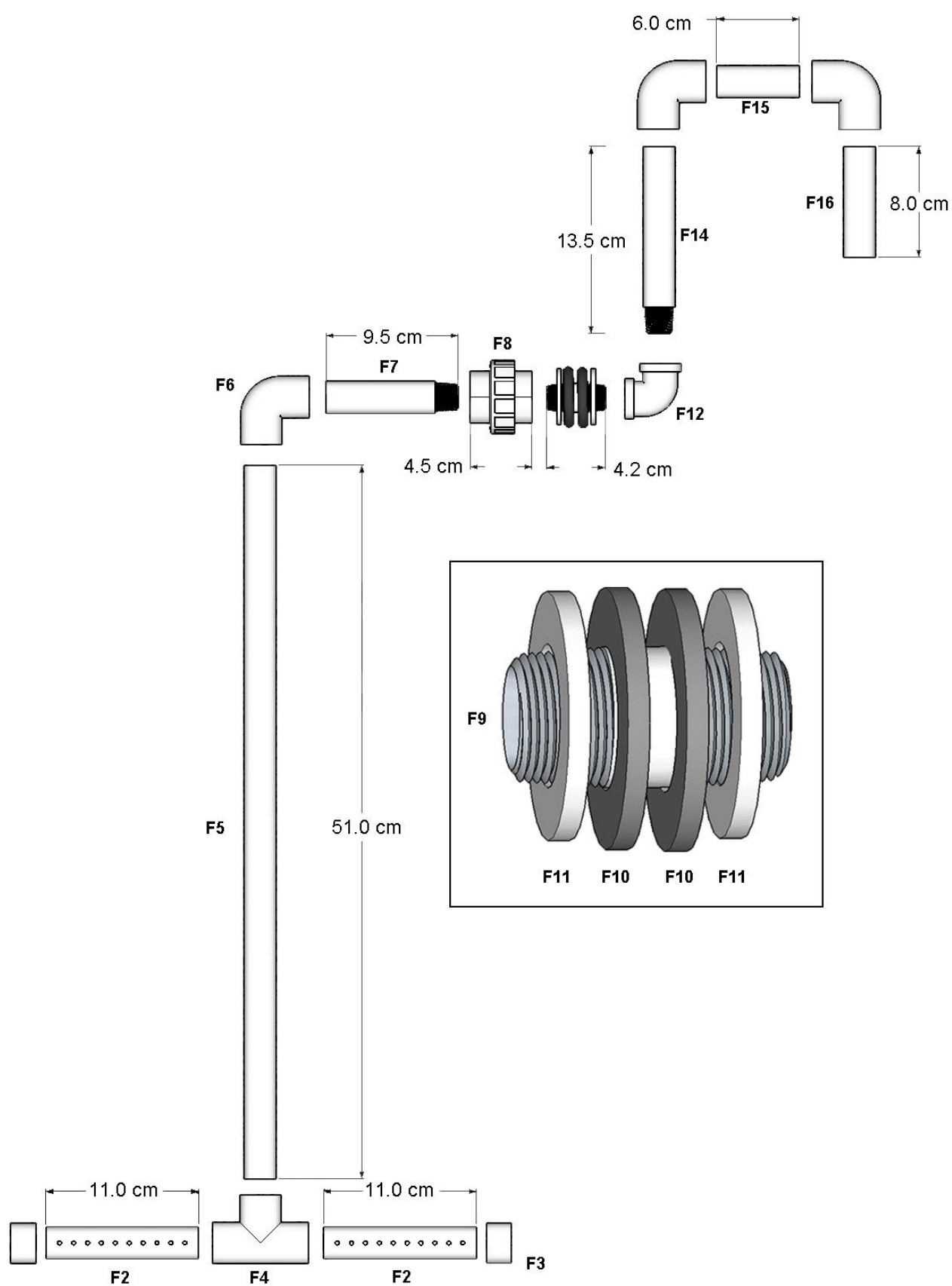


FIGURA 6. TUBERÍA INTERNA Y TUBERÍA DE SALIDA.

4.6 Tapa del filtro

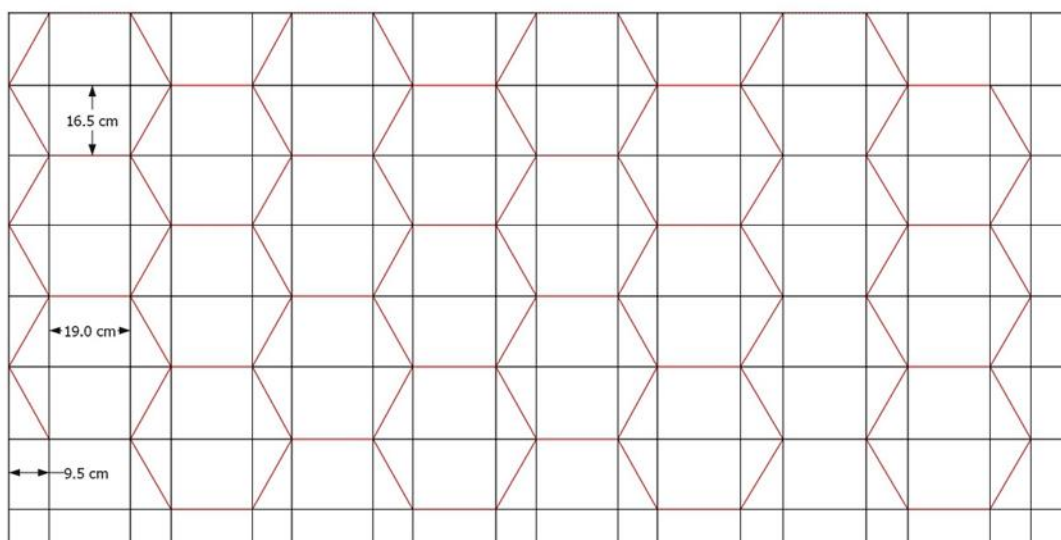
DESEA corta hexágonos de madera contrachapada de 4 mm (24 por placa) que sirven como tapas del filtro. Las tapas circulares funcionan igual de bien pero requiere una sierra caladora y demanda más tiempo. Las tapas son cubiertas con barniz para madera, esto proporciona duración extra (algunos de los filtros han sido instalados hace cinco años y las tapas siguen trabajando).

El patrón de los cortes en hexágonos es como sigue (ver Figura 7):

- Dibujar líneas paralelas a lo ancho de la madera contrachapada con espacio alternado de 9,5 cm y 19 cm, comenzando a 9,5 cm. de un extremo.
- Dibujar líneas paralelas a lo largo de la madera contrachapada con un espaciado de 16,5 cm.
- Conectar los puntos que se intersectan, formando hexágonos de 33 cm de ancho.

Algunos usuarios de los filtros colocan una hoja plástica sobre la tapa, la tubería de salida, y balde para mantener el filtro y balde libre de insectos.

FIGURA 7. PATRÓN DE CORTE DE LA TAPA DE MADERA CONTRACHAPADA.



5.0 INSTALACIÓN DEL FILTRO

5.1 Herramientas y materiales

TABLA 4. HERRAMIENTAS PARA LA INSTALACIÓN DEL FILTRO.

cinta métrica
nivel de 25 cm
batea para lavado
pico mediano

vara para medir (marcado con profundidades de capas de grava, medir a partir del filtro de borde superior)
alicate de presión
llave inglesa
cronómetro
papel del lija N° 120
pañó de limpieza

TABLA 5. MATERIALES PARA LA INSTALACIÓN DEL FILTRO.

cuerpo del filtro (F1)
3,6 litros de grava lavada de 6 mm (5,0 litros de grava no lavada de 6 mm)
5,4 litros de grava lavada de 12 mm (6,5 litros de grava no lavada de 12 mm)
40 litros de arena lavada de 0,7 mm (50 litros de arena no lavada)
tubería interior montada (F2-F11) – ensablada en el taller; instalada en lugar final
tubería exterior montada (F14-F16) – ensablada en el taller; instalada en lugar final
canasta difusora
balde de 20 litros con una perforación de 16 mm para caño de salida
tapa del balde con una perforación de 22 mm para el tubo de salida
pegamento cemento solvente de PVC
tubo de silicona sellante
cinta teflón
madera contrachapada de forma hexagonal de 33 cm de ancho

5.2 Preparación de la arena y grava

Métodos para la selección, cernido y lavado de grava y arena están descriptos en detalle en el manual del filtro de CAWST (2012). En resumen, la grava de drenado es del tamaño que pasa a través de un cernidor de ½" (12,7 mm), pero no de un cernidor de ¼" (6,3 mm); la grava de separación pasa a través de un cernidor de ¼", pero no de un cernidor de 0,7 mm; y la arena de filtración es de una granularidad tal que pasa a través de un cernidor de 0,7 mm. Una fracción de los limos y las arcillas que quedan dentro de la arena fina cernida son removidas mediante el lavado repetido de pequeñas cantidades por vez. La consistencia correcta de la arena de tratamiento puede ser chequeado mediante un ensayo de jarra (referirse a CAWST, 2012 para detalles) y confirmado por medición del flujo de salida. Para el filtro DESEA, el flujo debe ser $\leq 0,5$ L/min y, para la comodidad del usuario, $\geq 0,2$ L/min. Para el filtro correcto funcionamiento el flujo no debe exceder de 0,5 L/min.

Dependiendo de los caminos de acceso y de la cantidad de filtros a instalar, DESEA cierra la grava y la arena de filtración en su taller o transporta los agregados no cernidos directamente al campo para cernir en sitio con la asistencia de los beneficiarios. En todos los casos, el lavado de la arena y la grava se lleva a cabo por los beneficiarios con la dirección de técnicos de DESEA, enfermeras o promotoras de salud. A menudo se requiere la supervisión para asegurar que la arena de tratamiento no es lavada demasiado, lo que puede resultar en flujos de salida mayores que el prescripto 0,5 L/min.

5.3 Transporte del filtro y materiales

Tres o cuatro personas (o viajes) son requeridos para llevar el filtro, la arena y la grava (a menudo se utilizan caballos en los andes). El cuerpo del filtro de 10 kg, la tubería de salida, el balde, canasta difusora y las tapas pueden ser llevados al hombro utilizando una eslinga. Los 45-50 litros de arena son más convenientemente trasladados en sacos. El equipamiento para la instalación del filtro es fácilmente transportado por una sola persona. Los beneficiarios normalmente transportan el filtro y los materiales a sus casas.

5.4 Ensamblaje del tubo de salida

El primer paso en el lugar de instalación es el montaje final de los componentes interiores y exteriores. Estos componentes se prepararon y fueron montados parcialmente en el taller, pero no pegados por completo con el fin de evitar daños durante el transporte (véase la sección 4.5). Sólo el accesorio de compresión, compuesto por la unión, niple, arandelas de goma (con silicona), y el codo de alta presión, se instalan en el taller.

- En primer lugar, comprobar que la unión de PVC (F8), niple galvanizado (F9), y las juntas de goma y plástico (F10 and F11); en la pared interior del filtro se encuentran completamente apretados junto con las juntas exterior (F10 and F11; con silicona aplicada), el codo galvanizado (F12), y el segmento vertical de la tubería de salida exterior (F14).
- Después, pega el segmento interior de 9,5 cm (F7) y el conjunto de tubo vertical con el extremo de la unión universal (F8).

Ubicar el filtro debe de ser ubicado en un lugar conveniente dentro de la casa, evitar que este a la intemperie, cerca a una fuente de calor (fogon) o que este expuesto directamente al sol es importante para el buen funcionamiento del filtro. Las casas de los Andes en las que DESEA instala filtros tienen pisos de tierra, por lo tanto es necesario ubicar una superficie estable, horizontal y nivelada.

Para instalar la arena y la grava, el filtro es primero llenado con agua a un nivel poco inferior que la mitad de su profundidad. La grava lavada de drenaje es luego echado en el filtro y la vara de medición calibrada es utilizada para nivelar la superficie de grava a una profundidad de 7,5 cm sobre la base del filtro (y 5 cm por encima de la tubería perforada de entrada). La grava lavada de separación es luego echada en el filtro y nivelada con la vara de medición a una profundidad de 5 cm sobre la capa de grava de drenaje.

La arena fina lavada es luego echada rápidamente en el filtro, de una bolsa de 15 litros por vez, asegurando que hay suficiente agua para cubrir la arena. La distancia del borde del filtro a la base del segmento horizontal de la tubería de salida exterior (F15) es medida para determinar el nivel de la profundidad del agua en el filtro durante el periodo de pausa. El nivel del agua dentro del filtro se mantiene al mismo nivel de la base del segmento horizontal de la tubería de salida exterior. La superficie de la arena es inicialmente nivelada a una profundidad de 4 cm por debajo de este nivel de agua. Este nivel permite 1 cm de asentamiento de la arena, dejando la profundidad de agua deseada de 5 cm sobre la arena.

Al finalizar la instalación, el depósito de filtro se llena y el flujo medido para confirmar un flujo inferior o igual a 0,5 L / min. En esta etapa final de la instalación, una fina capa de limos y arcillas puede asentarse sobre la superficie de la arena y hacer que la velocidad de flujo sea menor de lo deseable. En este caso, se añade agua al filtro, la superficie de la arena se agita, y el agua turbia se

recoge y desecha. Este procedimiento de "revolver y botar", termino implementado por CAWST, también puede ser necesario periódicamente durante el uso del filtro, especialmente si la fuente de agua es turbida.

5.5 Balde para almacenamiento de agua

Debido a su extendida disponibilidad, durabilidad y bajo costo (en el Perú), DESEA utiliza baldes plásticos de 20 litros, anteriormente utilizados para almacenar aceite de cocinar, para almacenar agua filtrado (Figura 1). Estos son baldes seguros para almacenamiento de comidas que pueden ser fácilmente reemplazados por los beneficiarios. La tubería de salida de PVC de ½" se ajusta en una perforación hecha en la tapa del balde (en caso de una perforación irregular, una arandela de goma de 22 mm de diámetro interior puede ser colocada sobre la perforación). Un grifo de salida se inserta en una perforación de 16 mm cerca de la base del balde; se coloca silicona en la junta interior tanto como la junta exterior del grifo; y luego se ajusta el grifo en su posición.

En las casas en las cuales DESEA instala filtros, los baldes de almacenamiento generalmente están ubicados encima de dos bloques de adobe; ladrillos, troncos y tablas pueden funcionar igual de bien, pero la base debe ser sólida y nivelada. La altura del balde se dispone para permitir que aproximadamente 3 cm de la tubería de salida de ½" entre en la tapa del balde. Para remover el balde, la tapa se levanta a lo largo de la tubería de salida y el balde se remueve hacia atrás. La tapa se mantiene alineada con el balde, pero no apretado, para permitir la remoción frecuente para limpieza. Más que cualquier otra instrucción de mantenimiento, se hace énfasis en que un balde de almacenamiento limpio es vital para mantener agua limpia para el consumo.

5.6 Capacitación, registro y monitoreo

Antes de la instalación de un filtro de agua en el hogar de un beneficiario (y antes que el beneficiario cierna y lave su arena y grava) enfermeras de DESEA Perú realizan un taller de 1,5 horas con pequeños grupos de beneficiarios sobre buenas prácticas de higiene, saneamiento y operación del filtro de agua. Al momento de la instalación del filtro se proveen instrucciones adicionales a beneficiarios relacionadas al mantenimiento del filtro y al programa de monitoreo de DESEA.

Durante la instalación, DESEA registra la fecha, flujo del filtro, nombres de los beneficiarios, sector de la comunidad, coordenadas GPS y fuentes de agua. Un poster se monta cerca del filtro para ilustrar las buenas prácticas de mantenimiento y para que las enfermeras de DESEA y promotoras de salud comunitaria (mujeres residentes entrenadas en la inspección de los filtros como parte de una capacitación completa sobre el salud básico), puedan mantener un registro de las inspecciones realizados de los filtros (Apéndice 2). El personal de DESEA regresa dentro de un mes para revisar la condición del filtro y para proveer más instrucciones, posteriormente se regresa cada 3 meses durante el primer año. Luego del primer año, DESEA llevan adelante el monitoreo del filtro y la educación en saneamiento e higiene. DESEA ha encontrado que este seguimiento y programa de educación es esencial para lograr una alta tasa de uso correcto del filtro.

Finalmente, DESEA Perú y los dueños del hogar beneficiado firman un acuerdo en el que se estipula el compromiso de monitoreo y entrenamiento por parte de DESEA y las responsabilidades de uso y mantenimiento del filtro de los beneficiarios. DESEA se compromete a un año de seguimiento. Las familias aceptan mantener el filtro y el balde limpio, echar agua diariamente, reemplazar inmediatamente cualquier componente defectuoso (como grifo, balde, canasta difusora, etc.) todos los cuales están disponibles para venta por las promotoras de DESEA, y no mover el filtro sin la asistencia de personal de DESEA.

En el caso que un filtro se deba mover, el personal de DESEA y los residentes pueden desplazar cuidadosamente el filtro manteniéndolo en posición vertical en el centro de una lona o manta. El filtro entonces se puede llevar en una posición vertical por cuatro personas tratando de perturbar lo menos posible los medios de este.

6.0 CONCLUSIONES

Este manual describe el diseño, construcción y detalles de instalación de un filtro de bioarena de PVC diseñado por DESEA Perú para uso en áreas remotas de los Andes Peruanos. Al momento de la elaboración de este documento DESEA había instalado más de 400 filtros en cinco comunidades Andinas. Las especificaciones de diseño, prueba hidráulica, análisis de agua, y observaciones de campo confirman que este filtro cumple las especificaciones de CAWST para remoción de patógenos transmitidos por agua y los objetivos para el uso casero del filtro. Este manual ha sido elaborado para facilitar la replicación del filtro por otras organizaciones que se dedican a los temas de agua y saneamiento en lugares remotos.

REFERENCIAS

Baker, Derek, P. Eng. Comunicación personal. Associate, Centre for Affordable Water and Sanitation Technology, Calgary, Alberta, Canada.

Centre for Affordable Water and Sanitation Technology. 2012. *Manual de construcción del filtro de bioarena*. edición de agosto de 2012. Calgary, Alberta. 193 p. Versión digital disponible en http://resources.cawst.org/package/biosand-filter-construction-manual_es.

Earwaker, Paul. Comunicación personal. antes International Technical Advisor, Centre for Affordable Water and Sanitation Technology, Calgary, Alberta, Canada.

Hart, J.S., P. Geo. 2014. *DESEA Peru PVC Biosand Water Filter Construction And Installation Manual*. Lamay, Cusco, Peru. 18 p.

Hart, J.S., P. Geo. 2017 (Vers. 2). *DESEA Peru PVC Biosand Water Filter Construction And Installation Manual*. Lamay, Cusco, Peru. 18 p.

Ngai, Tommy. Comunicación personal. Director, Research Learning, Centre for Affordable Water and Sanitation Technology, Calgary, Alberta, Canada.

Manzano, Eva. Comunicación personal. International Technical Advisor, Centre for Affordable Water and Sanitation Technology, Calgary, Alberta, Canada.

Sanmartin, Emilie. Comunicación personal. International Technical Advisor, Centre for Affordable Water and Sanitation Technology, Calgary, Alberta, Canada.

APÉNDICE 1. COMPONENTES Y COSTOS DEL FILTRO DE PVC.

Descripción	Dimensiones	Part #	Unidades	Costo (USD)	Foto (fuera de escala)
Tubo de PVC con tapa en extremo pegada en posición (grados 25)	12" – 31,5 cm de diámetro; 90 cm de profundidad interior; 6,2 mm de espesor	F1	1	41.50	
Entrada de la tubería con perforaciones espaciadas a 3 mm	Tubo de PVC de ½" nom.; 11 cm de largo	F2	2	0.23	
Tapón liso	PVC de ½" nom.	F3	2	0.36	
Tapón liso	PVC de ½" nom.	F4	1	0.40	
Tubería vertical interior	Tubo de PVC de ½" nom.; 51 cm de largo	F5	1	0.49	
Codo liso, sin rosca	PVC de ½" nom.	F6	3	0.24	
Tubo horizontal de la tubería de salida interior	PVC de ½" nom.; 10 cm de largo; enroscado en un extremo	F7	1	0.09	
Unión universal	PVC de ½" nom.; 4 cm de largo; enroscado	F8	1	0.80	
Niple galvanizado	Nom. ½" x 4 cm de largo; con rosca	F9	1	0.60	
Junta de goma	4 cm d.e.; 2,2 cm i.d.	F10	3	0.60	
Junta de plástico	4 cm d.e.; 2,2 cm i.d.	F11	2	0.05	
Codo galvanizado	Nom. ½"; enroscado	F12	1	0.50	

Descripción	Dimensiones	Part #	Unidades	Costo (USD)	Foto (fuera de escala)
Soporte de la tubería de salida de PVC con el agujero de 22 mm	Longitud 11 cm.; ancho de 5 cm.; espesor 6,2 mm	F13	1	0.00	
Tubo vertical de la tubería de salida exterior; roscado en un extremo	13,5 cm de largo; PVC de ½" nom.	F14	1	0.14	
Segmento horizontal de la tubería de salida exterior	PVC de ½" nom.; longitud de 6 cm; sin rosca	F15	1	0.06	
Salida vertical	PVC de ½" nom.; longitud de 8 cm; sin rosca	F16	1	0.08	
Canasta difusora con perforaciones de 2 mm en diámetro en una cuadrícula de 1.5 cm	31,7 cm d.e., 13 cm de profundidad	F17	1	1.75	
Tapa de madera contrachapada hexagonal	33 cm de ancho; 4 mm de espesor	F18	1	0.68	
Balde y tapa (con perforación de 22 mm de diámetro)	20 litros	F19	1	2.40	
Caño de plástico	8 x 8 cm	F20	1	0.76	
Costo total				51.73	

APÉNDICE 2. PÓSTER DE MANTENIMIENTO Y MONITOREO.

2017

DESEA

Agua, salud y educación para las familias andinas



PRIMEROS AUXILIOS POR ATRAGANTAMIENTO





¡Para agua segura, usa tu filtro diario!



¡Limpia tu filtro y balde!

