



**DISEÑO DE FILTRO CASERO
PARA TRATAMIENTO DEL AGUA DE CONSUMO HUMANO EN COMUNIDADES
INDÍGENAS DE GUATEMALA
PROCESO DE TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA
NICARAGUA - GUATEMALA**

Guatemala, Guatemala
Diciembre de 2002



CONTENIDO

- 1.- INTRODUCCION
- 2.- ANTECEDENTES DEL PROYECTO QUE PROMOVIO LA TECNOLOGIA EN NICARAGUA
- 3.- DESCRIPCION DEL FILTRO CASERO DE NICARAGUA
- 4.- DESCRIPCION DEL FILTRO CASERO PROPUESTO PARA COMUNIDADES INDÍGENAS DE GUATEMALA
 - 4.1.- ESPECIFICACIONES TECNICAS DE DISEÑO
 - 4.2.- OPERACIÓN
 - 4.3.- MANTENIMIENTO
 - 4.4.- MATERIALES NECESARIOS PARA CADA FILTRO PROPUESTO
- 5.- PROPUESTA PARA EL PROCESO DE TRANSFERENCIA DE LA TECNOLOGIA EN GUATEMALA, PARA COMUNIDADES RURALES E INDIGENAS

1. Introducción

Desde 1850 se inicia la correlación de la salud con la calidad del agua, un hecho histórico para el tratamiento y desinfección del agua se presentó en 1892 cuando la población de la ciudad de Hamburgo, Alemania, sufre una epidemia de cólera la cual fue asociada con el agua que se abastecía a la población utilizando como fuente el río Elba. No obstante, otra ciudad vecina, Altona, también se abastecía del mismo río pero no sufrió la epidemia. Esta diferencia se explicaba porque en Altona se usaban filtros lentos de arena para tratar el agua antes de suministrarla a la población.

Sin embargo a lo largo de los años se llegó a determinar que la filtración no es suficiente y hay que usar desinfectantes como el cloro, el yodo u otros. En las Américas el cloro es el producto más utilizado en la desinfección del agua de consumo humano. Históricamente, en 1902, Bélgica fue el primer país en usar cloro para desinfectar el agua, en 1905 Inglaterra inicio el uso del cloro y en 1908 comenzaron a usarlo en los Estados Unidos de Norteamérica.

Como se puede ver la filtración lenta de arena es uno de los primeros procesos de tratamiento del agua de consumo humano, es una tecnología sencilla, eficiente y económica, además es de fácil operación y mantenimiento. Se ha demostrado que un filtro lento de arena bien diseñado, operado y mantenido puede eliminar más del 99% de las bacterias patógenas.

Los procesos que se llevan a cabo en la filtración lenta de arena son: 1) el cernido, el cual elimina los sólidos suspendidos, 2) la sedimentación, la cual elimina parte de los sólidos suspendidos y algunas sustancias coloidales, 3) la degradación biológica, que también elimina sólidos suspendidos y algunas sustancias coloidales, 4) la absorción, elimina algunas sustancias coloidales y soluciones, y 5) la oxidación bioquímica, elimina partículas de todos los tamaños.

La filtración por un lecho de arena silíceo, es el método más idóneo para la eliminación de turbiedad de las aguas. Si la filtración respeta ciertos parámetros de diseño, entonces pasa a ser llamada "filtración lenta de arena" y el elemento filtrante, un filtro lento de arena (FLA). Si un FLA está bien diseñado y si se lo opera correctamente, entonces, este sistema se transforma no ya en un eliminador de turbiedad, sino también en un eliminador de bacterias y otros microorganismos; muchos de los cuales son responsables por la transmisión de enfermedades hídricas.

Un FLA es tan versátil que puede utilizarse tanto para el tratamiento de agua de una comunidad de varios cientos (a veces hasta miles) de habitantes, hasta el más simple nivel familiar.

Filtro casero para el tratamiento de agua de consumo humano

Para la tecnología de filtración lenta de arena (FLA) esta diseñada para flujo continuo, no obstante ha sido utilizada a nivel casero, con flujo intermitente, pero sin soporte técnico. Aunque hay avances en el estudio de la aplicación a nivel casero, aun no es suficiente.

En Nicaragua hay varias experiencias, una que apoyó la OPS/OMS es la que se muestra en adelante.

Además de la experiencia de los filtros caseros en Nicaragua, en este documento se presenta el diseño de un FLA familiar que puede construirse utilizando un tubo plástico o directamente de recipientes plásticos como los utilizados para disponer la basura domiciliar.

El diseño permite el tratamiento de más de 200 litros por día, pero teniendo en cuenta que lo que se pretende es disponer de agua para beber y preparar alimentos, lo que se estima en 8 litros por persona y por día, este filtro puede proveer mucha más agua que la necesaria.

El filtro propuesto tiene la ventaja de no necesitar válvulas o llaves de tipo alguno, su operación es simple por demás y puede esperarse de él, una vida útil prolongada.

Por su cultura y las características propias de las poblaciones rurales y/o indígenas de Guatemala se considera que esta tecnología de filtros caseros, es una alternativa importante, para poder solucionar los problemas de salud y disminuir los altas incidencias de diarreas y hepatitis, causantes de una alta morbilidad y mortalidad, especialmente en los niños de las áreas rurales y/o indígenas de Guatemala.

2.- Antecedentes del proyecto que promovió la tecnología en Nicaragua

La filtración lenta de arena (FLA) se ha utilizado exitosamente desde mediados del siglo pasado en el tratamiento de agua para consumo humano, pero principalmente en sistemas colectivos de abastecimiento, es decir a gran escala. En pequeña escala, a nivel domiciliar la tecnología de filtración lenta también ha venido siendo utilizada, no obstante que el flujo del agua a través del filtro, en este caso, es intermitente y para lo cual la tecnología no había sido adaptada, teniendo una eficiencia en la eliminación de las bacterias patógenas mucho más baja que en la filtración de agua a gran escala, en donde el flujo es continuo. En la adaptación de la FLA a nivel casero hay todavía mucho por estudiar: muchas investigaciones al respecto, no aconsejan el flujo intermitente.

A principios de 1993 se inició conjuntamente con el Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Calgary, Canadá, el Centro Latino-americano de Perinatología de la OPS/OMS (CLAP/OPS) y la Representación de la OPS/OMS en Nicaragua, con el auspicio de la Agencia Canadiense para el Desarrollo Internacional (ACDI), un proyecto de investigación y adaptación tecnológica sobre filtros caseros operados intermitentemente. En el proyecto participó como contraparte directa la Dirección

Filtro casero para el tratamiento de agua de consumo humano

Municipal de Salud del municipio de Nandaime, departamento de Granada; además se constituyó un grupo interinstitucional de apoyo entre los que figuraron la Dirección de Higiene del Ministerio de Salud (MINSa), el Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA) y el Programa de Investigación y Docencia en Medio Ambiente de la Universidad Nacional de Ingeniería (PIDMA-UNI).

Evolución del proyecto

Los objetivos del proyecto estuvieron dirigidos a evaluar y desarrollar la tecnología de filtración lenta de arena a nivel casero, instalando prototipos de filtros caseros de muy fácil operación y mantenimiento y contruidos con materiales locales, en comunidades rurales del municipio de Nandaime, seleccionado por ser uno de los dos municipios donde trabaja el proyecto de Desarrollo Perinatal (DESAPER) del CLAP/OPS.

La evaluación y desarrollo de la tecnología en estudio incluyó tres componentes: el técnico propiamente dicho, la aceptabilidad de la tecnología por parte de los usuarios y los impactos en la salud derivados de su uso. Con los resultados de esta evaluación se propuso formular recomendaciones para el uso a gran escala de esta tecnología en el país.

La primera fase de la investigación iniciada en 1993 consistió en el diseño, construcción, instalación y monitoreo de cuatro prototipos de filtros utilizando diversos modelos y materiales, con el objeto de probar la eficiencia de remoción de bacterias patógenas en el agua, la facilidad de operación, mantenimiento, y especialmente, tal como se mencionó anterior-mente, la aceptabilidad de esta tecnología alternativa en las viviendas donde se instalaron tres de los cuatro prototipos.

A finales de 1994, se inicia la segunda fase, la cual consistió de los mismos componentes de la primera, con la diferencia que esta se hizo a escala intermedia, evaluando la tecnología a nivel de una comunidad entera. Con base en los resultados de los prototipos de la primera fase, se diseñó un filtro de concreto que resultó mucho más económico, más sencillo y más práctico (ver gráfico). En la comunidad seleccionada, Valle Meniere, se instalaron 57 filtros en igual número de viviendas, con una población de alrededor de 300 personas.

Los componentes de capacitación técnica y de educación sanitaria sobre los temas de calidad del agua y su relación con la salud, así como de la construcción, uso y mantenimiento de los filtros, son parte esencial del desarrollo del proyecto en todas sus fases.

Resultados del proyecto

La primera fase del proyecto duró aproximadamente 12 semanas, una vez contruidos e instalados los prototipos en tres viviendas de tres comunidades diferentes (una vivienda por comunidad). Su comportamiento fue monitoreado mediante visitas de asesoría y apoyo a los usuarios, y análisis bacteriológicos del agua cruda y después de

Filtro casero para el tratamiento de agua de consumo humano

filtrada. Los análisis fueron realizados una vez por semana simultáneamente por dos laboratorios, el de la Dirección Municipal de Salud de Nandaime y el Regional de control de calidad del agua de INAA, ubicado en la ciudad de Granada.

Después de algunas semanas de que los prototipos de filtro fueron operados adecuadamente, y que se desarrollara la eficiencia de remoción de bacterias, alcanzaron un porcentaje de remoción de 99% o más de las bacterias coliformes fecales presentes en el agua. Las concentraciones mínimas estimadas de la concentración de bacterias coliformes en el agua a tratar variaron entre 2,000 y 4,000 por 100 ml. Las conclusiones de esta fase fueron de que los prototipos presentaron un desempeño excelente y que tuvieron una gran aceptabilidad por parte de los usuarios.

Igual que en la primera fase, en la segunda, los resultados fueron muy positivos: alto porcentaje de remoción de bacterias, buena aceptabilidad social y la notable reducción de las enfermedades entéricas y parasitarias, entre ellas el cólera.

Motivados por estos resultados, desde mediados de 1995 a la fecha, el MINSA y el Instituto Nicaragüense de Fomento Municipal (INIFOM), con la asistencia técnica y financiera de la OPS/OMS, iniciaron la promoción del uso masivo de la tecnología a nivel nacional, mediante un proyecto de construcción de los filtros en las Alcaldías Municipales y su posterior instalación en las comunidades más afectadas por las enfermedades asociadas con el consumo de agua contaminada.

Paralelamente al incremento en la construcción de los filtros, hace falta profundizar la investigación sobre la tecnología de filtración lenta de arena a nivel domiciliario, a fin de fijar criterios y parámetros de diseño, construcción y operación. Por ejemplo:

- Determinar la relación entre los parámetros de diseño del filtro, tales como el tipo de arena, altura de agua sobre la arena, ubicación y diseño del plato difusor, el método de descarga del agua cruda dentro del filtro y el posible uso de geomembranas en la superficie del filtro para mejorar su eficiencia.
- .Determinar la relación existente entre las características de la operación del filtro y su eficiencia. Faltan por responder preguntas tales como la frecuencia de operación, el volumen de agua filtrada versus tiempo de operación, entre otras.
- .Diseñar, construir y probar filtros de diferentes tipos de materiales, con la finalidad de abaratar costos de producción, conservando o mejorando la eficiencia de remoción.
- .Evaluar la eficiencia de los filtros para remover el vibrión cólera de las aguas para consumo humano.

3.-Descripción técnica del filtro del proyecto de Nicaragua

El filtro casero (ver gráficos) cuenta con 5 partes principales, a saber:

- El recipiente hecho de concreto, hablando de dimensiones internas, tiene una base cuadrada de aproximadamente 40 cm. de lado y una altura de aproximadamente 92 cm.
- La tubería de drenaje del agua filtrada consiste de un tubo de PVC de 1/2" de diámetro, colocado como se especifica en el dibujo, perforado en la parte que está dentro del recipiente para la captación del agua filtrada y la parte que sale fuera del recipiente debe ir empotrada en una de las paredes del mismo.
- El material filtrante, consiste de una capa de 10 cm. de grava gruesa (piedra triturada de 1/2"), colocada en el fondo del recipiente, envolviendo el tubo de drenaje y sobre ella una capa de 40 o 50 cm. de arena fina, de características físicas similares a la que se utiliza en los filtros lentos de arena de flujo continuo, es decir de tamaño efectivo entre 0.15 y 0.3 mm. y coeficiente de uniformidad menor que 5, aunque según la experiencia cualquier arena fina limpia de un banco local, podría ser utilizada satisfactoriamente.
- El plato difusor es un ladrillo de concreto con perforaciones de 1/4" de pulgada, distribuidas uniformemente en todo el ladrillo. Este dispositivo tiene la finalidad de recibir el agua sin filtrar y distribuirla uniformemente para evitar los disturbios que se podrían provocar sobre la capa de arena si se descargara el agua directamente sobre ella.
- La tapa del filtro puede ser de madera o de concreto, debe asegurar que el filtro se mantenga hermético, evitando la introducción de polvo, insectos y otros contaminantes indeseables al interior del filtro.

Operación del filtro casero de Nicaragua

El filtro es operado sencillamente de la siguiente manera:

- Disponer de recipientes exclusivos para el almacenamiento de agua cruda o sin tratar y de recipientes adecuados y limpios para el almacenamiento del agua filtrada (agua limpia).
- Colocar uno de los recipientes para almacenar agua filtrada debajo de la tubería de salida del filtro.
- Remover la tapa del filtro y descargar lentamente un volumen de agua cruda equivalente al volumen del recipiente de agua limpia.
- Captar el agua filtrada, colocar el recipiente en un sitio adecuado y usarla principalmente para beber y cocinar.

Filtro casero para el tratamiento de agua de consumo humano

- Los mayores porcentajes de remoción de las bacterias patógenas se presentan después de aproximadamente dos semanas de buena operación del filtro. Este periodo puede ser mayor si la arena es más gruesa que la recomendada.

Mantenimiento del filtro casero de Nicaragua

El mantenimiento del filtro es sencillo, una vez que se observa que la velocidad con que pasa el agua por el material filtrante ha disminuido, es decir que si para filtrar un mismo volumen de agua tardamos dos veces más de lo que normalmente se tardaba, entonces se debe quitar o remover una capa de arena de 2 o 3 cm. de espesor. Esta arena debe ser repuesta inmediatamente, esa misma después de lavarla o con arena nueva limpia.

Conclusiones y recomendaciones del proyecto de FLA en Nicaragua

La investigación sobre los filtros desarrollada en el municipio de Nandaime ha demostrado que estos son de bajo costo, sencillos de operar y mantener, de gran aceptabilidad entre la población y muy eficientes en la reducción de riesgos a la salud, por el alto porcentaje de bacterias que se eliminan de las aguas de consumo humano.

De esta manera el sector rural, e incluso el urbano marginal dispone de una nueva tecnología casera para mejorar la calidad del agua de bebida y consecuentemente mejorar la salud, no obstante que debe profundizarse su investigación.

Aún cuando el filtro no hubiere recibido ningún mantenimiento durante un año, una evaluación hecha 15 meses después de instalados en la comunidad Valle Meniere, se realizaron mediciones durante una hora continua en filtros sin mantenimiento y se concluyó que pueden filtrar de 10 a 12 bidones (recipientes plásticos) de 5 galones de capacidad. En filtros con buen mantenimiento y limpieza (cada 6 meses), se pueden filtrar de 18 a 20 bidones en una hora.

Los filtros por lo tanto, tienen la capacidad suficiente para filtrar en una hora el volumen o cantidad de agua requerida diariamente por una familia de 6 personas, considerando la dotación per cápita para uso doméstico establecida para el sector rural de Nicaragua de 9 galones/ persona/día.

En la promoción del uso masivo de los filtros se ha observado una gran aceptación de parte de las autoridades y población en general, viéndose limitado el desarrollo de su uso solamente por asuntos de los pocos recursos que actualmente están disponibles, por tal motivo se recomienda la formulación de proyectos y la búsqueda de financiamiento para la implementación de los mismos.

Es recomendable que en aquellas comunidades donde se instalen los filtros se prevea la realización de análisis bacteriológicos del agua filtrada, mediante muestreos aleatorios integrados en los programas de vigilancia y control de calidad del agua.

4.- Descripción del filtro casero propuesto para comunidades indígenas en Guatemala

4.1.- Especificaciones técnicas de diseño

Para el diseño se ha adoptado un recipiente de diámetro variable, aunque se toman como extremos diámetros entre 30 y 60 cms, ya que los recipientes convencionales (desde un recipiente de basura hasta un barril) tienen esas medidas extremas. Dependiendo del diámetro que se adopte, dependerá la altura y demás características.

En su interior tiene un lecho filtrante compuesto por tres capas: una inferior de 0.05 m de gravilla (1/4 a 1/2 “), una intermedia de 0.05 m de arena gruesa (2-6 mm) y una superior de 0.40 m de arena fina (0.5 – 2mm).

La clasificación de las arenas es ideal, pero en condiciones de imposibilidad, el filtro también operará bien con arena fina de río, lavada.

Sobre la capa superior (de la arena fina) se coloca en toda la superficie una tela geotextil, al que se llama “filtro geotextil” que retendrá la mayoría de las partículas gruesas de turbiedad.

Interiormente se coloca una simple tubería en PVC de 1/2” para captar las aguas filtradas que salen por la parte superior por simple derrame.

La parte horizontal inferior del tubo recogerá las aguas filtradas para lo cual debe tener varias ranuras por donde penetrará el líquido. Exteriormente solo aparece una tubulación sin llave. El filtro tiene una tapa.

En lo general, este filtro propuesto especialmente para comunidades indígenas, y áreas marginales tiene las mismas partes del filtro desarrollado en Nicaragua.

La tabla que se presenta a continuación permite construir filtros caseros de distintas medidas, según la disponibilidad de recipientes y se basa en una velocidad de filtración de $0.2 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times \text{h}$

Filtro casero para el tratamiento de agua de consumo humano

DESCRIPCION	UNIDA DES	DIAMETROS (m)				
		0.30	0.35	0.40	0.50	0.60
Área filtración	M ²	0.071	0.096	0.1256	0.0196	0.280
Caudal filtración real	L/h	14	19	25	39	56
Caudal filtración nominal	L/h	15	20	25	40	60
Coronamiento (borde de seguridad)	M	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Altura para recibir 20 litros	M	0.28	0.20	0.16	0.10	0.07
Tirante fijo (sobrenadante)	M	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Arena fina	M	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
Arena gruesa	M	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Gravilla ¼ a ½ “	M	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Total altura recipiente	M	0.93	0.85	0.81	0.75	0.72

Se observará que cada diseño tiene un caudal de filtración que está de acuerdo al área de filtración.

Para que un FLA opere eliminando microorganismos, debe respetar la velocidad de filtración, la que está en relación al caudal que pasa por el filtro. El agua cruda debe de tener una turbiedad no mayor de 50 UT.

Como toda la tabulación del sistema es de ½” si no se colocara una restricción a la salida del filtrado, el caudal que pasaría por el filtro sería muy alto y no cumpliría con el requisito de velocidad adecuada.

Por ello se debe colocar una restricción, tal como una placa perforada, o directamente un tapón con un agujero, idealmente soldado para que no pueda ser quitado por el usuario.

La restricción adecuada se logrará con un método de prueba y error, colocándola y luego midiendo los caudales que se filtren.

4.2.- Operación

El filtro opera con porciones de 20 litros por vez.

El usuario debe volcar por la parte superior ese volumen y colocar el recipiente de forma de recibir el agua filtrada por la boca de descarga.

Hay que hacer notar que el filtro solo trabajará adecuadamente una vez que haya “madurado”, lo que ocurre luego de dos a tres semanas de estar cargado con agua.

Antes de ese periodo, el agua estará bien filtrada pero puede contener gérmenes patógenos, por lo que es importante que se desinfecte con cloro.

Filtro casero para el tratamiento de agua de consumo humano

4.3.- Mantenimiento

El mantenimiento es simple y consiste tan solo en lavar cada tanto el filtro de geotextil con agua limpia. Si la arena de la parte superior se entupiera mucho, habrá que retirar los 3 o 4 cms superiores, lavar esa arena y volverla a colocar.

4.4.- Materiales necesarios para cada filtro propuesto

En el siguiente cuadro se listan los materiales necesarios para construir el prototipo de filtro propuesto.

ITEM	CANTIDAD
Recipiente plástico con tapa	1
Tubo PVC ½"	1 M
Codo PVC ½" hembra roscado	3
Empaque PVC ½"	2
Niple PVC ½", 15 cm longitud	1
Gravilla	6 L
Arena gruesa	6 L
Arena fina	50 L
Disco de tela geotextil, de diametro aprox 0.40M	1

5.- Propuesta para el proceso de transferencia de la tecnología en Guatemala, para comunidades rurales e indígenas

Para transferir la tecnología de los FLA en Guatemala, dirigidas a comunidades indígenas se propone que se planifiquen y ejecuten las siguientes etapas del proceso.

ETAPA 1: PROTOTIPOS

- En esta etapa lo primero que se debe hacer es definir el diseño del o los prototipos que se utilizarán en el proceso de transferencia. Muy importante resulta el definir los tipos de recipientes que serán utilizados para los filtros, y eso, obviamente determinará los costos de los prototipos que sean definidos.
- Cuando ya se hayan diseñado y construidos los prototipos, se deben seleccionar ciertas viviendas en ciertas comunidades rurales **y/o indígenas** que presenten las condiciones reales donde se promoverá la instalación de filtros caseros. De preferencia se deben instalar de 3 a 5 modelos de cada prototipo.
- Las familias seleccionadas para poner en funcionamiento los prototipos deben ser entrenadas, al menos a los jefes de familia en la operación y mantenimiento del filtro y sobre conocimientos sanitarios básicos.

Filtro casero para el tratamiento de agua de consumo humano

- Instalados los prototipos se deben realizar evaluaciones de carácter técnico y social del prototipo a fin de conocer la aceptabilidad social, la facilidad de operación y mantenimiento, y la eficiencia de remoción de bacterias, durante un periodo aproximado de 12 semanas
- Los resultados de las evaluaciones deben ser analizados minuciosamente y deben servir para tomar la decisión de continuar a la siguiente etapa o no.

ETAPA 2: ESCALA INTERMEDIA

- En esta etapa se debe seleccionar una o dos comunidades rurales y/o indígenas en las que en todas las viviendas se instalen filtros caseros, uno por vivienda. Cuando la o las comunidades estén seleccionadas, se debe hacer un trabajo intenso de promoción social y educación sanitaria a los efectos de lograr el involucramiento de la comunidad en todas las fases de esta etapa, como por ejemplo, en la construcción e instalación de los filtros y en las evaluaciones de carácter técnico y social que se realizarán una vez que estén instalados los filtros en todas las viviendas. Se recomienda que se instalen entre 40 y 60 filtros en igual número de viviendas.
- Igual que en la etapa anterior, Instalados los prototipos se deben realizar evaluaciones de carácter técnico y social del prototipo a fin de conocer la aceptabilidad social, la facilidad de operación y mantenimiento, y la eficiencia de remoción de bacterias. También se debe realizar una evaluación de los costos unitarios de producción de cada uno de los prototipos y la capacidad de adquisición de los mismos por parte de los comunitarios. Las evaluaciones deben realizarse durante un periodo aproximado de 12 semanas.
- Los resultados de las evaluaciones deben ser analizados minuciosamente y deben servir para tomar la decisión de continuar a la siguiente etapa o no.

ETAPA 3: PROMOCION DEL USO MASIVO DE LA TECNOLOGIA

- Esta promoción se debe hacer, divulgando la tecnología de FLA mediante eventos de capacitación, preparación y diseminación de manuales de operación y mantenimiento.
- Otro medio para la promoción es la gestión de financiamiento de proyectos ante la cooperación externa o promoviendo la creación de microempresas a nivel local.

Filtro casero para el tratamiento de agua de consumo humano

