

Camilo Alberto Torres Parra
Sonia Villanueva Perdomo

El filtro de Arena lento:

MANUAL PARA EL ARMADO, INSTALACIÓN Y MONITOREO.



**Universidad
Piloto de Colombia**

UN ESPACIO PARA LA EVOLUCIÓN
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

Camilo Alberto Torres Parra
Sonia Villanueva Perdomo

El filtro de Arena lento:

MANUAL PARA EL ARMADO, INSTALACIÓN Y MONITOREO.

OPEN ACCESS



**Universidad
Piloto de Colombia**

UN ESPACIO PARA LA EVOLUCIÓN
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

Presidente

José María Cifuentes Páez

Rectora

Patricia Piedrahíta Castillo

Director de Publicaciones y Comunicación Gráfica

Rodrigo Lobo-Guerrero Sarmiento

Director de Investigaciones

Mauricio Hernández Tascón

Coordinador General de Publicaciones

Diego Ramírez Bernal

Decana del Programa de Ingeniería Civil

Ing. Civ. Dra. Myriam Jeannette Bermudez R.

El filtro de arena lento: manual para el armado, instalación y monitoreo.



Atribución no comercial - compartir igual

Autores

Camilo Alberto Torres Parra

Sonia Villanueva Perdomo

ISBN

978-958-8537-79-5

Bogotá, Colombia

Primera edición - 2014

Diseño y Diagramación

Ivonne Carolina Cardozo Pachón

Departamento de Publicaciones y Comunicación Gráfica de la UPC

Fotografías Portada

Rodrigo Senna olhos - D'água a cachoeira nos olhos //www.flickr.com

Jan Willem Geertsma - Beach sand. A nice and detailed sand/beach texture //www.freeimages.com

La obra literaria publicada expresa exclusivamente la opinión de sus respectivos autores, de manera que no representan el pensamiento de la Universidad Piloto de Colombia. Cada uno de los autores, suscribió con la Universidad una autorización o contrato de cesión de derechos y una carta de originalidad sobre su aporte, por tanto, los autores asumen la responsabilidad sobre el contenido de esta publicación.

Torres Parra, Camilo Alberto
El filtro de arena lento : manual para el armado, instalación y monitoreo /Camilo Alberto
Torres Parra, Sonia Villanueva Perdomo.—Bogotá : Universidad Piloto de Colombia, 2014.

60 páginas : ilustraciones

Incluye referencias bibliográficas (paginas 52-53)

ISBN 978-958-8537-79-5

1. Purificación del agua-filtración 2. Filtración –Equipos y accesorios I. Villanueva Perdomo, Sonia

CDD 628.72

Reseña

Este producto de investigación compila el proceso deductivo adelantado por el semillero en vivienda saludable en laboratorio y validado en campo, para realizar un diseño eficiente de descontaminación de agua para consumo humano, a partir del principio de la filtración lenta de arena. Este libro presenta de manera sistemática la problemática del acceso al agua segura que se evidencia en la zona rural del país, la teoría base de la filtración lenta de arena, el método constructivo del sistema propuesto, los resultados de calidad de agua obtenidos por el filtro en su monitoreo en campo y las consideraciones mínimas de la vivienda en relación a su habitabilidad y proceso constructivo, con el ánimo de no ocasionar riesgos a los moradores al momento de instalarlo en la vivienda. Se espera que este producto llegue a las poblaciones que necesitan empoderarse del problema de agua potable que aqueja a la zona rural del país.

Autores

Camilo Alberto Torres Parra

Ingeniero Ambiental y sanitario de la Universidad de la Salle, con posgrado en gerencia de proyectos en ingeniería de la Universidad EAN y Maestro de la Educación del Tecnológico de Monterrey en México. Es docente investigador de la Universidad Piloto de Colombia, coordinador del semillero en Vivienda Saludable en el programa de ingeniería civil y segundo líder del grupo de investigación Ambiente y sostenibilidad de la misma institución.

Ha trabajado como docente en la Universidad Distrital, Uniminuto y se desempeñó como Director del Centro de Estudios en Vivienda de Interés Social (CENVIS) de la Corporación Minuto de Dios.

Sonia Villanueva Perdomo

Ingeniera Civil de la Universidad Piloto de Colombia con experiencia en la coordinación de proyectos de vivienda enmarcados en el campo social y de asistencia técnica para la construcción y mejoramiento de la vivienda informal con la Corporación Minuto de Dios. En el momento se encuentra vinculada al área de gerencia de Interventoría de proyectos público-privados en Ingetec S.A.

Contenido

Página

1. Justificación	13
2. Antecedentes	15
3. Delimitación del problema	18
4. Filtración lenta de arena	20
4.1. Teoría de la filtración lenta de arena.	20
4.2. Mecanismos de la desinfección mediante filtración lenta	21
4.2.1. Mecanismos de transporte	21
4.2.2. Mecanismo biológico de la desinfección	22
4.2.3. Subproductos desarrollados durante la desinfección	23
4.3. Condiciones del agua de entrada al sistema de filtración: (Canepa y Pérez, 1992)	23
4.4. Operación y mantenimiento del sistema de filtración	23
4.5. Criterios para el monitoreo y evaluación	23
4.6. Ventajas de la filtración lenta (Canepa y Pérez, 1992)	25
4.7. Requerimientos para la instalación y ubicación de los filtros de arena lentos (Organización Panamericana de la Salud, 2012)	25
5. Descripción del filtro lento de arena propuesto por el semillero en Vivienda Saludable	26
5.1. Materias primas	26
5.1.1. Contenedor	26
5.1.2. Conexiones	26
5.1.3. Lecho filtrante y control de nivel	26
5.1.4. Red de drenaje de agua filtrada	26
5.2. Funcionamiento del sistema de filtrado	27
5.2.1. Entrada de agua al filtro	27
5.2.2. Filtración	27
5.2.3. Salida del agua filtrada	28
6. Manual para la construcción del filtro de arena lento del Semillero en Vivienda Saludable	29
6.1. Ensamble del filtro de instalación a la fuente de suministro de agua	36
6.1.1. Acondicionamiento del tanque	36

Contenido

	Página
6.1.2. Instalación de la línea de entrada del tanque	36
6.1.3. Instalación de la línea de salida del tanque	37
6.1.4. Instalación de la red de drenaje	38
6.1.5. Método para un buen soldado	39
6.1.6. Preparación del lecho filtrante	39
6.1.7. Conexión del ramal de distribución	40
6.1.8. Disposición del material granular en el tanque	40
6.1.9. Instalación de la válvula de flotador	41
6.1.10. Llenado y cierre del sistema de filtración	41
6.2. Montaje gráfico del sistema de filtración	42
6.3. Monitoreo del sistema de filtración	43
6.3.1. Recipientes	43
6.3.2. Alistamiento de envases	43
6.3.3. Recolección de las muestras	43
6.4. Dimensionamiento hidráulico	44
6.4.1. Velocidad de filtración	44
6.4.2. Velocidad de filtración	44
6.4.3. Perdidas de carga	45
6.4.3.1. Número de Reynolds	45
6.4.3.2. Rugosidad Relativa	45
6.4.3.3. Perdida de carga por fricción	45
6.4.3.4. Perdida de carga por accesorios	45
6.5. Comportamiento de un sistema de filtración en campo	45
6.6. Consideraciones a tener en cuenta para la instalación de un filtro lento de arena en una vivienda	47
6.6.1. Factor: Seguridad de la tenencia	48
6.6.2. Manipulación del recurso agua	48
6.6.3. Factor: Saneamiento básico	50
7. Recomendaciones generales	52
Referencias	54
Anexos	56

Presentación

La filtración lenta de arena puede ser considerada como una tecnología de fácil construcción, manejo, monitoreo y adaptación por parte de las comunidades que carecen de un abastecimiento de agua segura para consumo humano y presentan limitaciones económicas, educativas y de ubicación geográfica. Debido a que este sistema posee una eficiencia de más del 95% de efectividad en la remoción de material orgánico y microorganismos patógenos causantes de enfermedades gastroenterógenas, puede ser considerado como una alternativa económica, técnica, social y ambientalmente sostenible y viable para el tratamiento de agua a nivel casero en las comunidades rurales del país.

Es importante, con base en lo anterior, establecer un buen diseño en la tecnología de filtración, en cuanto la implementación de esta en comunidades con falencias en el abastecimiento de agua segura, beneficia a los grupos más vulnerables (niños y adultos mayores) de la población, los cuales pueden contar con una alternativa ajustada a sus necesidades y a su vez sostenible, para mejorar las condiciones de vida a través de la prestación de un servicio de agua de calidad en sus viviendas.

Este trabajo pretende socializar la experiencia en este tipo de tecnologías del semillero en vivienda saludable del programa académico de Ingeniería Civil de la Universidad Piloto de Colombia. En este contexto, se propone un método para la construcción, instalación y monitoreo de un sistema de tratamiento descentralizado en viviendas ubicadas en zona rural y que tengan problemas en el abastecimiento de calidad de agua para consumo humano. Se aborda por tanto la problemática del acceso al agua segura, la teoría base de la filtración lenta de arena, el método constructivo de un filtro lento de arena, los resultados de calidad de agua obtenidos por el sistema y unas consideraciones al momento de instalarlo en la vivienda.

Justificación

La problemática del consumo de agua de mala calidad a nivel nacional cada vez es mayor, y se incrementa por el difícil acceso tanto en abastecimiento como en tratamiento del líquido por parte de comunidades marginales situadas en la zona rural y urbana del país. Asimismo, el bajo nivel socioeconómico, desconocimiento de los riesgos de consumir agua de mala calidad y ubicación geográfica de este tipo de poblaciones, limita su acceso a soluciones viables que mejoren la calidad del agua que consumen.

Según estimaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS), aproximadamente el 80% de las enfermedades se transmiten a través de agua contaminada. Esta situación obedece a que gran parte de la población no tiene abastecimiento de agua ni saneamiento básico de calidad aceptable. Según el Estudio Nacional del Agua realizado por expertos del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), en Colombia seguirá aumentando la demanda de agua para los usos económicos y humanos. Particularmente, se presentará un incremento progresivo de la demanda de agua en lugares donde la oferta no está distribuida homogéneamente, lo cual, sumado al uso poco eficiente del agua, la deforestación, la ausencia casi total de tratamiento de aguas residuales, y la escasa y no integral gestión de cuencas y sistemas hídricos, han hecho que en un número cada vez mayor de municipios del país sean evidentes los problemas de disponibilidad de este recurso y se originen restricciones para ciertos usos por alteraciones de la calidad (Defensoría del pueblo, 2005).

Por otro lado, es común evidenciar a nivel domiciliario que las prácticas de desinfección más comunes se relacionan con tratamientos básicos que utilizan calor o químicos, los cuales se relacionan con el hervido del agua hasta su punto de ebullición (entre 90°C y 100°C) o la cloración por goteo. Lo anterior no implica que

el agua se descontamine en su totalidad, debido a que microorganismos facultativos pueden sobrevivir más allá del punto de ebullición y las reacciones del agua con el cloro, deben cumplir primeramente con los parámetros de turbiedad con menos de 5 unidades nefelométricas y un pH entre 6.5 y 8.5 para que las reacciones de desinfección se lleven a cabo. Motivo por el cual un sistema de filtración se convierte en una alternativa eficaz frente a los mecanismos de desinfección más comunes, que parten de una tradición que ha representado un gasto energético alto y un riesgo para la salud.

Teniendo en cuenta que el problema del agua es amplio y que en la mayoría de los casos genera enfermedades principalmente de tipo gastrointestinal, una opción viable es la implementación de sistemas descentralizados de tratamiento, los cuales sean asequibles y de fácil mantenimiento, con el propósito de subsanar las limitaciones económicas y educativas a las que están expuestas las poblaciones en situación de vulnerabilidad. La filtración lenta de arena se convierte entonces en una alternativa ajustada al contexto ambiental y social que se quiere abordar con el trabajo.

La propuesta de este documento es, por tanto, transmitir un conocimiento teórico a uno práctico por medio de una explicación detallada de cómo construir un

sistema de filtración utilizando materiales asequibles y sostenibles, y verificar su eficiencia en campo. Por tal razón, es necesario presentar de manera detallada las materias primas, el proceso constructivo y el monitoreo en laboratorio de un sistema que mejora las condiciones fisicoquímicas y microbiológicas del agua. Para cumplir con lo anterior, se establecieron criterios de diseño para el sistema a implementar teniendo en cuenta su validez y confiabilidad de operación, motivo por el cual se evitó el uso de dispositivos para elevar el nivel del agua (bombas), y de esta manera se logró que la operación del filtro no dependiera del suministro de energía eléctrica ni de repuestos sofisticados que normalmente no están disponibles a nivel local, y que incrementan el costo del uso y mantenimiento de la tecnología a ofrecer.

Por último, esta propuesta presenta una metodología para la construcción y el monitoreo de un sistema de filtración lenta de arena teniendo en cuenta las condiciones mínimas de la vivienda y el cumplimiento de la normatividad vigente de calidad de agua. Se aporta así al mejoramiento de la calidad de vida y habitabilidad de las personas que viven en zonas donde el agua apta para consumo escasea y requieren soluciones urgentes y pertinentes desde la ingeniería para disminuir brotes de enfermedades hídricas.

Antecedentes

Teniendo en cuenta la situación social, económica y de salud pública que conlleva la carencia de agua para consumo humano en un asentamiento, es primordial tener cubiertas cinco dimensiones que se consideran fundamentales para determinar el grado de precariedad de un asentamiento humano y las cuales están directamente relacionadas al bienestar y salud de un núcleo familiar (Álvarez, Nuñez y Mecerreyes, 2006, p.15). Estas dimensiones son:

- Acceso al agua potable: se considera que un hogar tiene acceso al suministro de agua potable si dispone de al menos 20 litros de agua por persona al día, a un precio inferior del 10% del total de los ingresos del hogar. El agua debe ser suministrada a una distancia que al medirse temporalmente se sitúe a menos de una hora a pie, sin que haya necesidad de someterse a un esfuerzo extremo, especialmente para las mujeres y los niños.
- Acceso a saneamiento básico: un hogar debe tener siempre acceso adecuado al saneamiento básico y además sus miembros deben disponer de un sistema de eliminación de excretas, ya sea en forma de letrina privada o pública compartida con un número razonable de personas.
- Área suficiente para vivir: se considera que una vivienda proporciona un área suficiente para que sus miembros vivan si al menos existe una habitación cerrada, con un mínimo de 4 metros cuadrados para cada 3 personas.
- Durabilidad de la vivienda: la vivienda se considera duradera si está construida en un emplazamiento no peligroso y tiene una estructura permanente y adecuada para proteger a sus habitantes de las inclemencias del tiempo, tales como la lluvia, el calor, el frío y la humedad.

- Tenencia segura: se considera que todos los individuos y grupos tienen derecho a contar con una protección eficaz del Estado contra los desalojos forzados, considerándose que se cuenta con tenencia segura cuando existen pruebas documentales que se puedan utilizar para comprobar el derecho a la tenencia y cuando existe una protección de hecho o de derecho contra los desalojos forzados.

Con base en lo anterior, es necesario tener claro dicho escenario y promover iniciativas desde la academia para tratar de aportar al mejoramiento de las condiciones de vida de la población en situación de pobreza en el país. Es por esto que los proyectos enfocados al mejoramiento de la calidad de agua deben ser un tema prioritario en el cual se involucren entes públicos y privados en pro de liderar iniciativas de transmisión de conocimiento que le brinden a las comunidades marginales una alternativa de empoderamiento social y de mejoramiento en los temas de desarrollo humano y habitabilidad, todo esto enmarcado en una responsabilidad social y ética para el mejoramiento de la calidad de vida de comunidades en alta situación de vulnerabilidad.

Teniendo como base lo expuesto, en el año 2002, OXFAM International comenzó a implementar en sus acciones humanitarias en Colombia el uso de filtros de velas cerámicas. Inicialmente, se realizó una prueba piloto para valorar el uso de filtros de agua a nivel domiciliario, usando velas importadas desde Suiza, marca Katadyn, en tres comunidades. Una vez entregados los filtros a las familias, se realizó un seguimiento y evaluación técnica en la cual se encontró que las velas filtrantes tenían la capacidad de reducir las bacterias fecales en el agua y mejoraban la calidad de la misma. También se concluyó que hay una relación significativa entre el uso de los filtros y la disminución de la enfermedad diarreica aguda (EDA), dependiendo del uso y de los hábi-

tos de higiene en la familia (Ministerio de la Protección Social, 2009).

De igual manera, desde la academia se han propuesto diferentes sistemas de tratamiento de calidad del agua para consumo humano. La Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes ha propuesto un sistema de tratamiento de agua para abastecimiento temporal a poblaciones en situaciones de emergencia. Este estudio comprende el diseño y la evaluación de un dispositivo de filtración granular como posible alternativa. El diseño involucra la disposición física del sistema, sus dimensiones, los materiales, la instalación y la operación del sistema, teniendo en cuenta el contexto en que el sistema debe operar, para hacerlo efectivo y viable. La evaluación comprende la determinación del caudal producido por el filtro y la calidad del agua tratada, en términos de remoción de sólidos suspendidos, coliformes totales y *Escherichia coli* (Zúñiga, 2010).

Por otra parte, el caso de las escuelas rurales en el municipio de Apulo (Cundinamarca) es un ejemplo claro de la problemática del acceso al agua de bebida segura en el mundo y del uso de una tecnología de tratamiento de bajo costo para su mitigación. En este caso particular, la tecnología de tratamiento utilizada consistió en un filtro de agua de uso doméstico. Esta tecnología debió ser validada con el fin de proponer parámetros para mejorar su eficacia. La evaluación diagnóstica, realizada bajo condiciones de funcionamiento reales, mostró que existe una generación de bio-películas que incrementan los recuentos de bacterias en el agua resultante de la filtración, que podría ser causada por factores climáticos sumados a otros factores relacionados con el funcionamiento de los componentes del filtro. De acuerdo con esto, se proponen parámetros para mejora de la eficiencia en remoción de indicadores microbiológicos, generando tres prototipos potenciales de filtros a los que se les realizaron

pruebas bajo condiciones controladas. Se concluye que los parámetros son apropiados para el mejoramiento en la eficiencia en remoción de indicadores microbiológicos y fisicoquímicos (Quintero y Bolaños, 2011).

Entidades como la Dirección Nacional de Atención a Desastres, la Cruz Roja Colombiana, la Gobernación de Cundinamarca y el Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (ICBF), entre otras, manifestaron su interés en la adquisición de tecnologías de fácil construcción y manejo por parte de las comunidades. Esto se debe a que lo poco que está disponible en el país no cumple con los parámetros de calidad propuestos por la normatividad ambiental vigente o en su defecto, por los altos precios y dificultad de transporte, las tecnologías de descontaminación no pueden llegar a zonas donde el problema de la calidad del agua para consumo es causante de un

detrimento en la calidad de vida y salud de estas poblaciones (Torres y Correa, 2011).

Por lo anterior, se hace necesario proponer un sistema de filtración técnica, económica, ambiental y culturalmente viable, como lo es el filtro de arena lento, el cual por su bajo costo y por su fácil transmisión de conocimiento, puede ser validado como una opción viable para las condiciones socioeconómicas y saludables en las que habitan las poblaciones en situación de pobreza o de carencia constante de calidad de agua para consumo humano. En este sentido, es fundamental recalcar que en Colombia existen fuentes de agua excesivamente contaminadas, que presentan un alto nivel de sólidos, alto grado de turbiedad, dureza, contenido de hierro y presencia de microorganismos patógenos, entre otros (Torres y Correa 2011).

Delimitación del problema

En Colombia, el 65% de la población no tiene acceso a agua potable. Uno de los 8 Objetivos de Desarrollo del Milenio de las Naciones Unidas está dirigido a reducir a la mitad, para el año 2015, la cantidad de personas que hoy no tienen este servicio. Sin embargo, el crecimiento de la población y la búsqueda de mejores estándares de calidad de vida, la lucha por obtener acceso a más y mejores fuentes de agua, el abuso ambiental, la extracción acelerada y el mal manejo del recursos, entre otros, hacen que esta meta se encuentre cada vez más lejana, en especial para los países en vía de desarrollo (Díaz, Chingaté, Muñoz, Olaya, Perilla, Sánchez y Sánchez, 2009).

Según el tercer diagnóstico sobre calidad de agua para consumo humano de la Defensoría del Pueblo realizado en el 2007, 16.7 millones de colombianos no recibieron agua apta para el consumo humano, de acuerdo con los análisis fisicoquímicos y microbiológicos reportados por las secretarías de salud encargadas de velar por la parte epidemiológica de las comunidades sin acceso a agua potable. Se constató de esta manera la amplitud del problema del agua en nuestro país, ante la comprobación de que muchas veces la mala calidad del recurso genera enfermedades principalmente de tipo gastrointestinal (Defensoría del Pueblo, 2009).

La cobertura de abastecimiento de agua de calidad en áreas rurales es menor de lo que se supondría, teniendo en cuenta el nivel de desarrollo económico del país y el desarrollo del sector. Aunque una de las razones del atraso es el conflicto armado, también hay otras razones importantes: por ejemplo, los municipios usan las transferencias del Sistema General de Participaciones (Ley 715 de 2001), principalmente para inversiones en zonas urbanas. Además, a diferencia de algunos países de América Latina, no existe una institución o un programa a nivel nacional que ofrezca asistencia técnica a

las 12 000 organizaciones comunitarias que prestan los servicios de fontanería en áreas rurales. La Ley 142 de 1994 asignó esta tarea a los departamentos, pero estos no la han llevado a cabo satisfactoriamente por su falta de conocimiento de tecnologías y parámetros establecidos de calidad (Díaz, Chingaté, Muñoz, Olaya, Perilla, Sánchez y Sánchez, 2009).

Asimismo, el Inventario Sanitario Rural (ISR) de 2002 destacaba que solamente el 21% de las organizaciones comunitarias habían recibido capacitación en fontanería y un 10% en captación y administración del servicio. Solamente el 32% emitía facturas y el 10% contaba con protocolos de medición de estándares de calidad. Para aumentar el acceso y mejorar la calidad de los servicios en estas áreas, el gobierno definió en el 2005 los lineamientos de política de agua potable y saneamiento básico para las zonas rurales de Colombia, pero no se ha alcanzado un mejoramiento representativo en este aspecto (Defensoría del pueblo, 2009).

Según una encuesta de la Superintendencia de Servicios Públicos Sanitarios (SSPD), en el 2004 el 72% de los usuarios tenía agua de calidad potable, y el 28% tenía agua de calidad no potable, con respecto a los parámetros establecidos por la legislación vigente. En algunos casos, las fuentes de donde se toma el agua, como nacimientos, pozos o aljibes, no se encuentran en las mejores condiciones, lo que aumenta el riesgo de contaminación micro-bacteriológica y dificulta el correcto abastecimiento hacia las viviendas (Torres y Correa, 2011).

En el año 2004, la población con acceso a agua potable y a un saneamiento adecuado en Colombia representaba el 93% y el 86%, respectivamente. La población rural, que representa aproximadamente el 23% de la población total del país, mostraba las tasas de cobertura más

bajas, ya que solo el 71% tenía acceso a agua potable y el 54% a un saneamiento adecuado. La cobertura es menor en la Costa Atlántica (región del Caribe), en la Orinoquía y en la Amazonía. Entre 1990 y 2004, el acceso a agua potable aumentó ligeramente del 92% al 93%. En el mismo tiempo, el acceso a saneamiento subió del 82% al 86%, a pesar de que en las situaciones de emergencia presentadas últimamente debido a las constantes precipitaciones, consecuencia de la presencia en la zona de confluencia intertropical de la región ecuatorial, que desataron un impacto negativo en el abastecimiento de agua potable, más que todo en las zonas rurales de la geografía colombiana, generando problemas relacionados con enfermedades propias de agentes etiológicos presentes en el recurso agua (Torres y Correa, 2011).

De acuerdo con los registros de toma de muestras realizadas en los municipios colombianos en el 2010, 466 municipios del país suministraron agua para consumo humano sin ningún tipo de tratamiento; de los 9425 muestreos realizados, se encontró que solo el 4% de los municipios cumplía con el suministro de agua apta para consumo según el decreto 2115 de 2007, el 70% abastecía agua con alto riesgo de contaminación y afectación para la salud del consumidor y el 21% poseía un agua inviable sanitariamente, hablando desde los aspectos físico-químicos y microbiológicos (Defensoría del Pueblo, 2011).

Así el estado colombiano haya asumido diversos compromisos en torno a la problemática del acceso a un agua segura, la problemática gubernamental y las políticas nacionales no han logrado una mejora en relación con el acceso a agua de calidad y a un saneamiento básico que proporcione las condiciones mínimas de bienestar a las poblaciones que sufren el flagelo del consumo periódico de agua no potable.

Filtración lenta de arena

Teniendo en cuenta la situación anteriormente planteada, a continuación se abordará la temática relacionada con la filtración lenta de arena, resaltando sus propiedades de descontaminación y la simplicidad en su uso, lo cual lo convierte en un sistema ideal para implementar en zonas rurales de la geografía nacional. Esta tecnología se desarrolla en forma natural, sin la aplicación de ninguna sustancia química, pero requiere un buen diseño, así como una apropiada operación y cuidadoso mantenimiento para no afectar el mecanismo biológico del filtro, ni reducir la eficiencia de remoción microbiana. Por lo anterior, es necesario soportar teóricamente por qué esta técnica es una alternativa viable para descontaminar agua de manera fácil y económica.

Teoría de la filtración lenta de arena

El filtro lento se utiliza principalmente para eliminar la turbiedad del agua, siempre y cuando esta maneje unos indicadores medios (de 10 a 20 unidades nefelométricas de turbiedad), pero si se diseña y opera apropiadamente, puede ser considerado como un sistema de desinfección del agua. La filtración lenta de arena (FLA) consiste en un conjunto de procesos físicos y biológicos que destruyen los microorganismos patógenos presentes en el agua no apta para consumo humano. Por esta característica, se puede considerar como una tecnología limpia que purifica el agua sin crear una fuente adicional de contaminación para el ambiente y el consumidor (Arboleda, 2000).

El filtro lento se caracteriza por ser un sistema sencillo, limpio y a la vez eficiente para el tratamiento de agua. Su simplicidad y bajo costo de operación y mantenimiento lo convierten en un sistema ideal para

implementar en zonas rurales y pequeñas comunidades, teniendo en cuenta además que los costos por área de terreno son comparativamente menores en estas zonas y las viviendas son autoconstruidas. La filtración lenta, como se ha mencionado, es un proceso que se desarrolla en forma natural, sin la aplicación de ninguna sustancia química, pero requiere un buen diseño, así como una juiciosa operación y mantenimiento periódico para no afectar la capa microbiológica del filtro ni reducir la eficiencia de remoción microbiológica y fisicoquímica (Solsona y Méndez, 2002).

Huisman y Wood describieron en 1974 el método de desinfección por medio de la filtración lenta, como la circulación del agua cruda a baja velocidad a través de un manto poroso de arena de diferentes granulometrías. Durante el proceso, las impurezas entran en contacto con la superficie de las partículas del medio filtrante y son retenidas durante un periodo de tiempo, desarrollándose adicionalmente procesos de degradación química y biológica que reducen la materia retenida a formas más simples, las cuales son llevadas en solución o permanecen como material inerte hasta un subsecuente retiro o limpieza. De estos estudios preliminares, se generaron las condiciones de diseño hidráulico de los filtros según su velocidad de filtración (Canepa y Pérez, 1992).

El agua cruda que ingresa a la unidad permanece sobre el medio filtrante entre 3 y 12 horas, dependiendo de las velocidades de filtración adoptadas. En ese tiempo, las partículas más pesadas que se encuentran en suspensión se sedimentan y las partículas más ligeras tienden a aglutinarse, lo que facilita su remoción posterior durante el tratamiento. Durante el día, bajo la radiación solar directa, se puede producir el crecimiento de algas, las cuales absorben dióxido de carbono, nitratos, fosfatos y otros nutrientes del agua para formar material celular y oxígeno. El oxígeno así formado se disuelve en el agua,

entra en reacción química con las impurezas orgánicas y hace que estas sean más asimilables por los microorganismos establecidos en la capa de origen orgánico (Canepa y Pérez, 1992).

En la capa superior de la superficie filtrante correspondiente a la arena fina, se debe formar una capa constituida por material de origen orgánico, conocida con el nombre de *schmutzdecke* o "piel de filtro", a través de la cual debe pasar el agua antes de llegar al propio medio filtrante. Este *schmutzdecke* o capa biológica está formado principalmente por algas y otras numerosas formas de vida, como plankton, diatomeas, protozoarios, rotíferas y bacterias contenidas en el agua problema, las cuales se estabilizan en los poros de la granulometría de los medios filtrantes por el efecto de la gravedad. La acción intensiva de estos microorganismos atrapa, digiere y degrada la materia orgánica contenida en el agua. Al mismo tiempo se degradan compuestos nitrogenados, se oxigena el nitrógeno, se remueve algo de color y una considerable proporción de partículas inertes en suspensión es retenida por cernido (Huisman, 1974).

Mecanismos de la desinfección mediante filtración lenta

Mecanismos de transporte

Esta etapa de descontaminación apoyada por procesos hidráulicos, ilustra los mecanismos mediante los cuales ocurre la colisión (choque) entre las partículas contenidas en el agua problema y los granos de arena. Estos mecanismos son: cernido, intercepción, sedimentación, difusión y flujo intersticial (Canepa y Pérez, 1992).

- Cernido: en este mecanismo, las partículas de mayor tamaño que los intersticios del material filtrante son atrapadas y retenidas en la superficie del medio filtrante.
- Intercepción: mediante este mecanismo, las partículas pueden colisionar con los granos de arena.
- Sedimentación: este mecanismo permite que las partículas sean atraídas por la fuerza de gravedad hacia los granos de arena, lo que provoca su colisión. Este fenómeno se incrementa apreciablemente por la acción de fuerzas electrostáticas y de atracción de masas.
- Difusión: se produce cuando la trayectoria de la partícula es modificada por micro variaciones de energía térmica en el agua y los gases disueltos en ella, lo cual puede provocar su colisión con un grano de arena.
- Flujo intersticial: este mecanismo se refiere a las colisiones entre partículas debido a la unión y bifurcación de líneas de flujo que devienen de la tortuosidad de los intersticios del medio filtrante. Este cambio continuo de dirección del flujo crea mayor oportunidad de colisión.

Mecanismo biológico de la desinfección

Como se indicó anteriormente, la remoción total de partículas en este proceso se debe al efecto conjunto del mecanismo de adherencia y el mecanismo biológico para la formación de la capa. Es necesario que para que el filtro opere como un verdadero sistema de desinfección, la capa biológica se encuentre establecida y bien formada. Solo cuando esta situación se presenta, el sistema de filtración funciona como un depurador de la contaminación microbiológica contenida en un agua problema y podrá

operar correctamente. Entonces se dice que el filtro maduró, lo que puede tardar 4 y 5 semanas, en donde se recomienda no consumir el agua que sale del sistema de filtración debido a que la capa está en su etapa de estabilización (Canepa y Pérez, 1992).

Al iniciarse el proceso de descontaminación, los microorganismos contenidos en el agua problema utilizan como fuente de alimentación el depósito de materia orgánica y pueden multiplicarse en forma selectiva, lo que contribuye a la formación de la película biológica del filtro. Estos oxidan la materia orgánica para obtener la energía que necesitan para su metabolismo (desasimilación) y convierten parte de esta en material necesario para su crecimiento (asimilación). Así, las sustancias y materia orgánica muerta se convierten en materia viva. Los productos del metabolismo son llevados por el agua a profundidades mayores y son utilizados por otros organismos. El contenido bacteriológico está limitado por el contenido de materia orgánica en el agua cruda y se relaciona directamente por la capacidad que tienen dichos organismos de encontrar el sustrato para disminuir su tasa de mortalidad, durante la cual se libera materia orgánica para ser utilizada por las bacterias de las capas más profundas y así consecutivamente (APHA, AWWA y WPCF, 1991).

Siguiendo el anterior proceso, la materia orgánica degradable presente en el agua problema se descompone progresivamente en agua, bióxido de carbono y sales como sulfatos, nitratos y fosfatos, los cuales son descargados en el efluente del filtro. La actividad bacteriológica tiende a ser más pronunciada en la parte superior del lecho filtrante y decrece gradualmente con la profundidad y la disponibilidad de sustrato. Cuando se limpian las capas superiores del filtro se remueven las bacterias que se han estabilizado, siendo necesario un nuevo periodo de maduración del filtro hasta que se logre desarrollar la actividad bacteriológica necesaria para la generación

de los procesos de desinfección. A partir de 0.50 m de profundidad, la actividad bacteriológica disminuye o se anula, produciendo así reacciones bioquímicas que convierten a los productos de degradación microbiológica en amoníaco y a los nitritos en nitratos (nitrificación). Como el rendimiento del filtro lento depende principalmente de la formación de la capa biológica, si esta no se forma robustamente la eficiencia es baja y no debe considerarse al sistema como un depurador de materia orgánica, sino como un mejorador de la calidad del agua, sobretodo de las características organolépticas (APHA, AWWA y WPCF, 1991).

Subproductos desarrollados durante la desinfección

Estos subproductos del proceso de filtración lenta se pueden considerar sustancias naturales producto de la degradación biológica de la materia orgánica en el agua y los cuales no se consideran un riesgo para la salud, ya que el proceso no requiere de sustancias químicas que reaccionen con la materia disuelta en el agua. En tal sentido, los subproductos de la filtración lenta son dióxido de carbono y sales relativamente inocuas, además de un contenido bajo de oxígeno disuelto, pero entre los parámetros de calidad. Estas condiciones pueden ser revertidas con un proceso de aireación en el agua de salida (Solsona y Méndez, 2002).

Condiciones del agua de entrada al sistema de filtración

Las condiciones del agua de entrada al sistema de filtración son las siguientes:

- Temperatura: dado que en el filtro se desarrolla en un proceso biológico, se ve afectado por las variaciones de temperatura y puede reducir el 50% de su eficiencia cuando se opera a menos de 5° C.
- Concentración de nutrientes: la velocidad de desarrollo de la formación biológica en el filtro depende de la concentración de nutrientes en el agua, debido a que esta es la fuente de alimentación de los microorganismos en la capa orgánica en formación.
- Concentración de algas: las algas son importantes en la formación del *schmutzdecke*; sin embargo, su crecimiento excesivo debido a la elevada disponibilidad de luz y nutrientes, como presencia de fosfatos y nitratos en el agua, puede crear serios problemas de operación y en la calidad de agua tratada. El control de la formación de algas es difícil, pero puede solucionarse mediante el control de nutrientes en la fuente y del efecto de la luz que cubre los reservorios de agua cruda.
- Concentraciones altas de turbiedad: es limitada la capacidad de los filtros lentos para reducir la turbiedad cuando esta es muy elevada. Ello se debe a que una alta turbiedad causa enlodamiento de la superficie del filtro, disminuye la capacidad de formación de la capa biológica y reduce drásticamente la duración de la carrera de filtración, lo cual además de afectar la calidad del agua producida, incrementa los costos de operación y mantenimiento.

Operación y mantenimiento del sistema de filtración

Las tareas de operación y mantenimiento del sistema de filtración comprenden los ajustes y medición del caudal, monitoreo de la calidad del agua producida, limpieza de la superficie de la arena, que se efectúa por

“raspado” del lecho en su capa de arena a nivel superior (aproximadamente 5 cm de arena), lavado y almacenamiento de la arena, y la posterior reconstrucción del lecho filtrante. Este periodo de mantenimiento es variable y se relaciona directamente con la calidad del agua de entrada al sistema, razón por la cual puede variar entre semanas y meses, dependiendo de la disminución del caudal a la salida del filtro (Solsona y Méndez, 2002).

La adecuada operación y mantenimiento determinan la eficiencia del filtro, principalmente en la etapa de puesta en marcha o inicio de la operación del filtro nuevo. Durante la operación normal, es importante el estado de maduración de la capa biológica, la frecuencia de los raspados, el periodo de duración de cada operación de limpieza y la forma en que se efectúe el rearenado del filtro (Canepa y Pérez, 1992).

Es necesario tener presente que luego de realizar el raspado y cambiar la arena usada por arena nueva, esta última, al no tener microorganismos estabilizados, no efectúa procesos de descontaminación biológica, motivo por el cual se recomienda raspar una capa adicional de 5 cm del sistema de filtración, y disponerla encima del nuevo material, esto con el objetivo de acelerar la maduración del filtro la arena. El raspado del lecho filtrante debe iniciarse cuando el nivel del agua en el tanque del filtro llega al máximo y el agua empieza a rebosar por el aliviadero (Huisman y Wood, 1974).

Por lo menos cada 2 años se debe realizar el lavado completo del filtro de la siguiente manera: se retira con mucho cuidado la arena y la grava para no mezclarlas; se lava la arena; se cepillan las paredes del tanque; se reacomoda el drenaje, y se vuelve a colocar el lecho de arena y la grava. Si ha habido pérdida de arena y grava, será necesario reponerla. Si hay grietas en las paredes o

en el fondo, deberán resanarse antes de colocar el lecho filtrante (Canepa y Pérez, 1992).

Como barrera de protección entre un agua segura y un agua potable, se recomienda que en el agua de salida de los sistemas de filtración se aplique una cloración controlada para disminuir el riesgo de presencia de microorganismos patógenos presentes y así asegurar la calidad del agua a consumir.

Crterios para el monitoreo y evaluación

La turbiedad, el pH y la contaminación por microorganismos patógenos del agua son los principales parámetros para la caracterización del agua superficial en las áreas rurales y de estos depende su tratamiento y los cuidados que se deben tener en cuenta en la ronda de los nacimientos de agua. Por lo anterior, es importante que cuando un agua tiene una turbiedad muy alta y presencia de material orgánico, el sistema se pueda combinar con un pre filtro o sedimentador, ya que con estos pretratamientos se busca reducir la contaminación del recurso al momento de entrar al sistema de filtración. Cuando solo se cuenta con un filtro lento, este debe cumplir con el ingreso de un agua problema de hasta 20 unidades nefelométricas de turbiedad para que el sistema no se colmate y disminuya su vida útil (Solsona y Méndez, 2002).

Para ejercer un control sobre el sistema de filtración, es importante determinar un cronograma de muestreos tanto del agua de entrada como de salida del sistema y constatar dichos resultados con la legislación ambiental vigente. Se debe considerar una serie de análisis mínimos relacionados con parámetros fisicoquímicos y microbiológicos que permitan:

- Evaluar la calidad del agua problema.
- Establecer y supervisar el rendimiento del sistema de filtración.
- Desarrollar criterios para realizar los ajustes pertinentes al filtro.
- Determinar cronograma de mantenimiento.

Ventajas de la filtración lenta

La mayor ventaja del sistema está en su simplicidad, que permite su utilización por parte de los moradores de zonas rurales de países en vía de desarrollo. Su construcción, operación y mantenimiento son sencillos. Tiene, por último, la ventaja de generar cambios organolépticos en la calidad del agua para consumo humano (Canepa y Pérez, 1992).

Requerimientos para la instalación y ubicación de los filtros de arena lentos

Según la Organización Panamericana de la Salud (2012), los requerimientos para la instalación y ubicación de los filtros de arena lentos son los siguientes:

- De preferencia, la topografía de la zona seleccionada debe reunir los desniveles necesarios para que el sistema se pueda abastecer totalmente por gravedad.
- Se deben efectuar estudios sociológicos para determinar las costumbres y creencias que pueden afectar la aceptación del sistema.
- Comprobar la información demográfica y de salud pública disponible.

- Determinar los recursos humanos y materiales disponibles para adecuar el diseño del sistema.
- Estudiar la incidencia de enfermedades de origen hídrico y presencia de vectores en la zona de estudio.
- Para que la operación del sistema sea confiable, debe evitarse el uso de dispositivos para elevar el nivel del agua (bombas). De esta manera, la operación del sistema no dependerá del suministro de energía eléctrica ni de repuestos sofisticados que normalmente no están disponibles localmente y que incrementan el costo de mantenimiento del sistema.
- Si tuviera que elevarse el nivel del agua por razones topográficas, se debería efectuar una sola etapa de bombeo que eleve el agua cruda hasta un nivel, desde el cual pueda distribuirse por gravedad al reservorio y a la red.

Teniendo en cuenta la teoría anteriormente planteada, en la cual se especifican las condiciones técnicas que se deben cumplir para el diseño e implementación de un filtro de arena lento, a continuación se abordará una descripción ajustada de una propuesta de sistema de filtración desarrollada en el marco del semillero de investigación en Vivienda Saludable, perteneciente al programa de Ingeniería Civil de la Universidad Piloto de Colombia, la cual está soportada por la teoría base y al mismo tiempo, posee variaciones propias aportadas por el trabajo deductivo desarrollado en laboratorio e implementado en campo, experiencia que aportó resultados satisfactorios en relación con el cumplimiento de los parámetros mínimos de calidad de agua para consumo contemplados en la legislación ambiental vigente. A continuación se presenta un modelo de sistema de filtración en el cual se contemplan los materiales, el proceso constructivo, su implementación y monitoreo en campo de un sistema de filtración lenta de arena.

Descripción del filtro lento de arena propuesto por el semillero de investigación en Vivienda Saludable

Materias primas

Contenedor

Se ha seleccionado como elemento de contención y estructura del filtro un tanque de polietileno de alta densidad, el cual puede tener capacidad de 55 galones o un m³, según sea el caso de abastecimiento de la comunidad a abordar.

Conexiones

El filtro estará unido a la red de suministro de agua sin tratar por medio de un acople universal unido a una tubería de PVC. En cuanto a la salida del filtro, se usará un grifo y se dispondrá de un registro secundario para aislar el sistema. Posteriormente, la red hidráulica que la precede tendrá una longitud y un número de accesorios que dependerá de la vivienda en que se instalará el sistema y el punto de abastecimiento del agua a tratar.

Lecho filtrante y control de nivel

Al interior de la estructura del filtro, se encuentra la parte fundamental del sistema de filtración, constituido por: el lecho filtrante, la válvula de flotador y el sistema de drenaje. El lecho a utilizar es un medio dual compuesto de arena fina, arena gruesa y una capa de grava que sirve como soporte para el lecho. El sistema utilizado para el control de nivel está constituido por una válvula simple.

Red de drenaje de agua filtrada

La red de drenaje estará compuesta por un sistema de tubos perforados ubicados en el fondo del tanque y que soporta el lecho filtrante.

Funcionamiento del sistema de filtrado

Entrada de agua al filtro

En principio, el filtro debe tener un abastecimiento de agua constante, ya que sin esta condición la capa biológica puede decrecer en un periodo de 24 horas, alterando su buen funcionamiento. Por lo anterior, el sistema puede estar ubicado de diferentes maneras en la vivienda. La primera opción propuesta es que el filtro se ubique al lado del tanque de almacenamiento (figura 1) en la parte superior de la estructura, con el ánimo de que puedan destinarse varios puntos de toma de agua en la unidad habitacional. Así se aprovecha mejor el sistema y se mejora la captación por parte de los beneficiarios, al no acarrear el agua de un lugar a otro.

Figura 1.

Ubicación del sistema en la parte superior de la estructura

Fuente: los autores, 2013



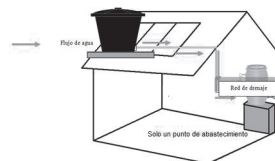
Cuando la estructura de la vivienda no presenta las condiciones mínimas de seguridad y sismorresistencia para la ubicación del filtro en su parte superior, es necesario ubicar el sistema adentro de la vivienda (figura 2). No obstante, de esta forma solo se limita la captación de agua tratada a un punto de abastecimiento, ya sea por

red o de manera manual, obligando así a los beneficiarios a realizar un acarreo manual de agua hacia los puntos que se necesiten.

Figura 2.

Ubicación del sistema adentro de la vivienda

Fuente: los autores, 2013



Por otra parte, se recomienda con aguas que presenten una alta turbiedad (más de 50 unidades nefelométricas) la no conexión directa del sistema de filtrado al agua de abastecimiento, lo anterior para prevenir la colmatación del filtro. Motivo por el cual es necesario que se realicen procesos de clarificación previos apoyados por piedra de alumbre en soluto o por sedimentación por gravedad, con el objeto de disminuir esta turbiedad ocasionada, ya sea por época invernal, por el mal mantenimiento de las redes de abasto o por la situación precaria de los nacimientos de agua que se presentan en la zona rural.

Filtración

El agua que entra al sistema de filtración puede ser regulada por una válvula del flotador o en su defecto, por disposición de manera manual si no hay conexión directa con la red, permitiendo así que el líquido pase a través del lecho filtrante por efecto de la gravedad.

En un principio, el filtro no mostrará eficiencia en su totalidad, ya que el lecho necesita un periodo de maduración para que realice una eficiente remoción de los contaminantes, proceso que llevará de 4 a 5 semanas. En este periodo de maduración tal y como se presenta al inicio de este manual, la materia presente en el flujo de agua empezará a ser removida por la capa biológica, causando que los poros presentes en el medio sean cada vez más selectivos. Como consecuencia de esto, se producirá una acumulación de materia, principalmente orgánica, que será descompuesta por medio de microor-

ganismos presentes en esta, actuando indirectamente como un agente de desinfección del agua.

Salida del agua filtrada

El agua filtrada es captada y conducida por la red de drenaje, la cual en las primeras 4 semanas debe ser utilizada para otros usos diferentes al consumo humano, ya que, como se nombró anteriormente, el filtro se encuentra en periodo de maduración de la capa biológica.

Manual general para la construcción del filtro de arena lento del semillero de investigación en Vivienda Saludable

Para el buen funcionamiento del filtro, es necesaria la consecución de unos materiales mínimos para su construcción y puesta en marcha en campo, motivo por el cual en la tabla 1 se presenta una lista detallada de los insumos a utilizar en el proceso constructivo del filtro con el propósito de ensamblar el sistema para que opere con eficiencia en campo. Cabe resaltar que los materiales utilizados en este prototipo surgen del trabajo deductivo realizado en laboratorio por el semillero de investigación en Vivienda Saludable desde el año 2010, en donde, apoyados por bibliografía especializada y diversos prototipos adelantados en la Universidad, se pudo establecer este diseño y su proceso constructivo, el cual se socializa a continuación:

Tabla I. Materiales para la construcción del sistema

(C) Características
(RP) Rangos de Precio



Tanque

C : Tanque plástico de alta densidad con capacidad para 55 galones o m^3 con tapa (según las necesidades de los beneficiarios). Para este caso práctico se utilizó un tanque de un m^3

RP : Cantidad uno (1)
\$ 100.000 - 120.000



Entrada Tanque

C : Diámetro nominal de $\frac{1}{2}$ "
RP : Cantidad uno (1)
\$ 3.000 - 5.000

Adaptador macho



C : Diámetro nominal de $\frac{1}{2}$ " PVC. Ayuda como línea de entrada en el filtro.

RP : Cantidad cuatro (4)
\$ 1.200 - 1.500

Adaptador hembra



C : Diámetro nominal de ½" PVC. Acoplado a la llave y línea de salida

RP : Cantidad cuatro (4)
\$ 1.200 – 1.500



Codo de 90°

C : Diámetro nominal de ½" PVC. Estará ubicado en línea de entrada al filtro

RP : Cantidad doce (12)
\$ 3.600 – 4.000



Unión universal

C : Diámetro nominal de ½" PVC. Se utiliza en la acometida de suministro de agua sin tratar y conecta con los accesorios de línea de entrada al filtro.

RP : Cantidad una (1)
\$ 2.000 – 2.400



Tubo PVC

C : Tubo de ½" PVC. Que será parte de la entrada al sistema de filtración

RP : Cantidad cuatro (4)
\$ 8.000 – 10.000

Salida del tanque



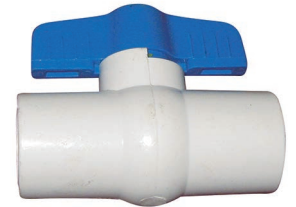
C : Diámetro nominal de 1" x 1/2"

RP : Cantidad uno (1)
\$ 3.000 – 5.000



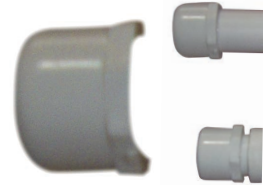
C : Grifo de 1/2". Salida de agua al punto de uso
RP : Cantidad uno (1)
\$ 3.000 – 5.000

Llave



C : Diámetro nominal de 1/2" PVC. Se utiliza en la línea de entrada del filtro.

RP : Cantidad uno (1)
\$ 1.800 – 2.200



C : Diámetro nominal de 1/2" PVC. Se utiliza en la red de drenaje para agua filtrada
RP : Cantidad uno (12)
\$ 3.600 – 4.000

Tapón

Soldadura líquida PVC



C : Soldadura PVC para uniones y acoples del sistema
 RP : Cantidad uno (1)
 \$ 5.000 – 5.500



(**)

Limpiador PVC

C : Limpiador PVC para uniones y acoples del sistema
 RP : Cantidad uno (1)
 \$ 2.000 – 2.500



(***)

Cinta teflón

C : Cinta teflón, para uniones y acoples del sistema.
 RP : Cantidad uno (1)
 \$ 700 – 1.000

(*) Imagen tomada de: http://homecenterco.scene7.com/is/image/SodimacCO/22764_1?producto308&iv=MlpRVo&wid=924&hei=924&fit=fit,1

(**) Imagen tomada de: <http://i13.photobucket.com/albums/a272/ungoliat/i01.jpg>

(***) Imagen tomada de: <http://www.artigianiriunitipalermo.it/files/86-100-PTFE-Thread-Seal-Tape-Teflon-Tape-for-Screw-Pipe-Fittings.jpg>

Flotador de bola



C : Flotador para la entrada de agua al filtro

RP : Cantidad uno (1)

\$ 14.000 – 17.00



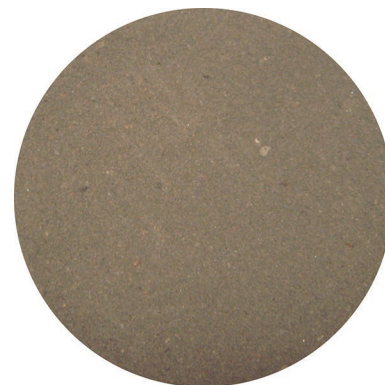
Grava

C : El tamaño de las partículas se encuentra en un rango de 20 mm y se utiliza para la capa base del lecho filtrante con espesor de 15 cm.

RP : Cantidad dos (2) bultos

\$ 14.000 – 18.000

Arena de río

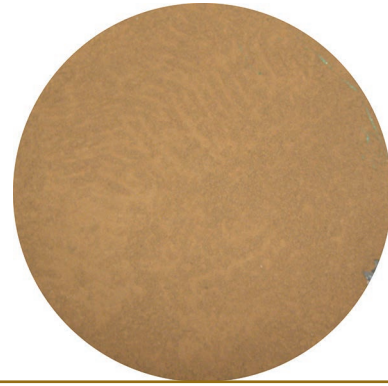


C : El tamaño de las partículas se encuentra en un rango de 0,7 y 1,2 mm y con coeficiente < 2 . Se utiliza para capa inferior del lecho filtrante con espesor de 15 cm.

RP : Cantidad cuatro (4) bultos

\$ 28.000 – 33.000

Arena de peña



C: El tamaño de las partículas se encuentra en un rango de 0,3 a 0,45 mm con coeficiente de uniformidad < 2 . Se utiliza para capa superior del lecho filtrante con espesor de 40 cm.

RP: Cantidad seis (6) bultos
\$ 42.000 – 47.000

Total
promedio de precios:
236.100 – 284.600

Fuente: los autores 2013

Ensamble del filtro de instalación a la fuente de suministro de agua

Para ensamblar el filtro de arena lento es necesario realizar los siguientes pasos para que la tecnología funcione y aporte un agua segura para consumo humano.

Acondicionamiento del tanque

El tanque de contención tendrá dos perforaciones, una en la parte superior de $\frac{1}{2}$ " pulgadas y otra en la parte inferior de 1" pulgadas, que corresponden a la entrada y salida del agua respectivamente. Luego de esto, se acoplan al tanque dichos accesorios con la ayuda de una llave inglesa. Es importante recordar que el empaque negro de los elementos de entrada y salida va por fuera del tanque y la arandela en el interior de este.



Instalación de la línea de entrada del tanque



Se toma el tubo de $\frac{1}{2}$ " de aproximadamente 6 centímetros que será destinado para la entrada del filtro, y se acopla a un codo de $\frac{1}{2}$ " de 90° y a un adaptador macho de $\frac{1}{2}$ ". Posteriormente, se suelda el accesorio denominado universal al extremo de los accesorios anteriormente nombrados y el tubo restante se suelda al codo de la línea de entrada que va hacia la universal.



Realizada la anterior conexión, se enrosca la universal y se continúa con la instalación de la línea de entrada de agua al sistema, colocando antes una válvula de bola para cortar el suministro de agua al filtro cuando se requiera.

Es importante resaltar que en el tramo de la tubería de entrada, siempre se deben utilizar dos accesorios: una válvula de bola o de cierre rápido de ½" que permitirá el flujo de agua por la tubería cuando el usuario lo requiera, y una universal de ½" que está conformada por dos elementos, uno de los cuales se coloca a la tubería que lleva el agua hasta el filtro, mientras que el otro se suelda al tramo de tubería que conecta a la entrada del tanque.

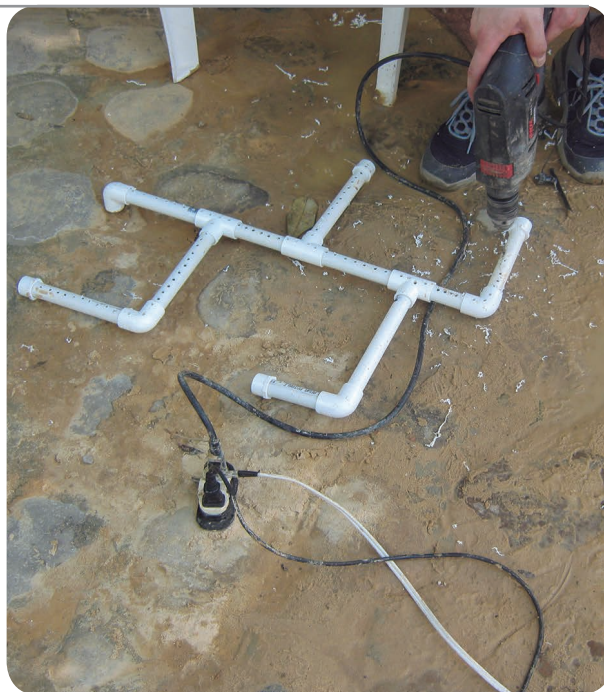
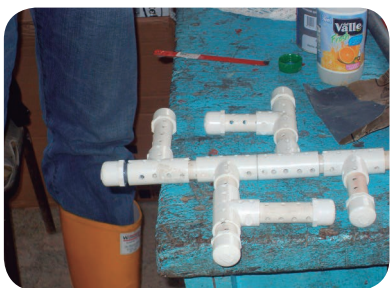
Instalación de la línea de salida del tanque

Como primera medida, se debe soldar la llave de salida a un tubo de PVC. Para el caso de la salida de tanque hay que hacer una adaptación, ya que este viene en versión de 1". Para esto es necesario colocar un adaptador macho de 1" fijado con cinta teflón; y un buje de 1" x ½" fijado con soldadura. Finalmente se suelda el tubo, unido al registro de salida, al buje de la salida del filtro para evitar las fugas de agua. Es importante resaltar que el buje de disminución del 1" x ½" se consigue en las ferreterías y se debe adquirir al momento de comprar la salida del tanque.



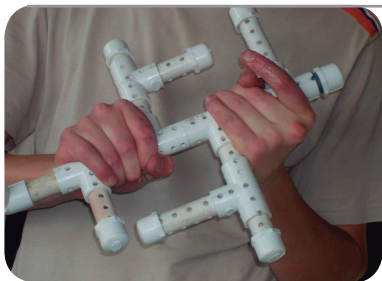
Instalación de la red de drenaje

Se ensamblan las piezas de la red de drenaje ayudado con limpiador y soldadura para PVC, para luego ser perforadas con una broca de diámetro pequeño. Para cumplir lo anterior, se debe hacer un croquis en planta del diseño a instalar del ramal o espina de pescado, así como de las longitudes y accesorios que se necesitarán antes de cortar para evitar desperdicios de material. Asimismo, se deben cortar los miples (trozos de tubo de PVC) a la medida, según el diseño, teniendo en cuenta el área disponible que tendrá el ramal en el interior del tanque partiendo de la base del diámetro de este último. El ramal debe ser perforado haciendo uso de una broca de 5 milímetros sobre toda su superficie, tratando de buscar una uniformidad entre todas las perforaciones. Se debe tratar en lo posible de no hacer perforaciones mayores de 5 milímetros, pues esto causaría que los granos de material granular como la grava pasen a la tubería y la obstruyan.



Luego de hacer las perforaciones de la tubería, se deben limpiar los miples de cualquier suciedad o pedazos de material que quedan durante la perforación, para evitar que obstruyan el paso libre de agua. Para esto se puede utilizar agua y una lija suave que facilitan este trabajo.

Cuando el armazón del ramal esté listo, se deben pegar los miples perforados a los accesorios (tapones y tees de PVC) siguiendo el dibujo que se hizo en un comienzo. Las zonas donde se debe soldar deben estar libres de cualquier suciedad, motivo por el cual se deben frotar previamente con el limpiador para PVC. Al momento de soldar no se debe agregar demasiada soldadura para evitar que cuando esta se seque obstruya la tubería, luego se debe girar con fuerza cada elemento al menos 90 grados para que quede bien soldado. El anterior procedimiento se debe realizar con agilidad, ya que la soldadura se seca rápidamente.



Método para un buen soldado

Para la construcción del sistema de filtración es necesario tener en cuenta que hay que realizar un buen proceso de soldado y ensamble de las piezas, ya que de esto depende que el flujo de agua que pase por el sistema sea más eficiente y se eviten obstrucciones en la línea de entrada o de salida según sea el caso, así como posibles fugas en el ciclo de vida del filtro. A continuación se propone un método para hacer un correcto ensamble de las piezas con soldadura líquida para PVC.

Antes de hacer una unión, por medio de soldadura líquida para PVC, es necesario tener en cuenta lo siguiente:

- Hacer el ensamble si los elementos a utilizar están completamente secos y limpios para que la soldadura actúe correctamente y no se desprenda el empalme respectivo.
- Limpiar los elementos a soldar con el limpiador removedor para PVC con el fin de eliminar impurezas que se puedan presentar al interior de la tu-

bería y que puedan dificultar el ensamble de las piezas.

- Aplicar una dosis moderada, ya que un posible exceso puede causar que el elemento se desprenda del sistema al momento de entrar en funcionamiento el sistema de filtración o causar posibles taponamientos de la tubería por acumulación de material.
- No usar brochas con fibra sintética, ya que el desprendimiento de fibras de estas a la hora de pegar, no permite un buen acople de los elementos.

Preparación del lecho filtrante

Antes de disponer el lecho filtrante en el tanque, el material granular debe cernirse previamente y lavarse con abundante agua, con el fin de quitarle todas las impurezas que trae desde su recolección. Por ejemplo, las arenas finas y gruesas vienen con presencia de polvo y en ocasiones al igual que la grava, con pedazos de madera y ramas vegetales; este tipo de desechos se pudren en el interior del filtro y producen mal olor, además de afectar la formación del lecho microbiológico.





Por lo anterior, el agua se debe verter directamente en el material y mezclar manualmente durante un periodo de aproximadamente 2 minutos, con el fin de remover las partículas que pueden estar adheridas a los granos de arena. Luego se procede a apilar el material granular de forma cuidadosa y en un sitio limpio, ya que un movimiento brusco puede causar la pérdida de este. El anterior procedimiento se debe realizar con las arenas finas, gruesas y la grava.

Conexión del ramal de distribución

Como primer paso se debe adherir el ramal de distribución a la salida del tanque, la cual conecta con la llave. Para esto es necesario soldar las piezas, ayudado de un codo de $\frac{1}{2}$ " y un tubo de entre 5 y 7 cm aproximadamente. Para facilitar el empalme de los accesorios se puede utilizar cinta teflón para crear un empaque y que la conexión quede más sólida.



Disposición del material granular en el tanque



Teniendo en cuenta la altura que deben cumplir los estratos granulares en el sistema, el material se debe disponer de la siguiente manera: el primer material que se debe ubicar en el interior del tanque es la grava gruesa de tamaño mediano de entre 7 y 8 cm de diámetro aproximadamente, y cumpliendo una altura de 15 cm, cubriendo así todo el ramal de dis-

tribución (Huisman y Wood, 1974). La segunda capa de material a colocar es la de arena gruesa de río con un tamaño efectivo de entre 0.9 - 1.1 mm y un coeficiente de uniformidad de ≤ 3 , y se vierte hasta cumplir una altura de 15 cm. Y la última capa a disponer para terminar, es la de arena fina de peña con tamaño efectivo entre 0.30 - 0.45 mm y un coeficiente

Figura 3. Alturas estratos granulares
Fuente: los autores, 2013

de uniformidad ≤ 2 , la cual debe cumplir con una altura mínima de 40 cm. Luego de disponer el material granular, se comienza por hacer la conexión de la entrada junto con la válvula de flotador. Entre cada capa de ma-

terial granular puede ir una circunferencia de material geotextil resistente al agua, con el ánimo de separar los estratos granulares y facilitar el mantenimiento del sistema de filtración durante su vida útil.

Instalación de la válvula de flotador

Para terminar con la instalación de la entrada del agua al filtro, se debe utilizar una válvula de flotador, la cual se instala conectándola al accesorio de la entrada del tanque. Para esto se debe colocar en primera instancia cinta teflón, con el ánimo de asegurar el accesorio y evitar fugas. Luego se le debe dar vueltas, enroscando la válvula de flotador para asegurarla y que cumpla con la altura mínima que debe dar la columna de agua en este tipo de sistemas. En la válvula metálica del flotador donde sale el agua a filtrar, se recomienda colocar un pedazo de media velada que funcione a manera de dissipador para que la fuerza con la que viene el agua se reduzca y no socave el lecho filtrante alterando la capa biológica en formación.



Llenado y cierre del sistema de filtración

Luego de efectuar la instalación del filtro y realizar todas sus conexiones hidráulicas, se debe llenar el tanque con agua hasta que esta llegue a su nivel máximo y eleve el flotador, haciendo que este cierre el paso y no se rebose el agua a tratar. Posteriormente, se debe verificar que se forme una columna de agua de mínimo 10 cm de altura entre el material granular fino y la tabla de agua. Este colchón de agua en primera instancia debe servir como amortiguador de la presión con la que entra el flujo de agua al filtro, y por otra parte, cumplir con las condiciones de oxígeno que requiere la capa biológica para desarrollarse.

Por último, se coloca la tapa en el tanque y se asegura, con el objetivo de evitar el contacto del interior del filtro con agentes exteriores causantes de suciedad y así disminuir la probabilidad de que se presente contacto con animales y material orgánico, los cuales pueden descomponerse y afectar el correcto funcionamiento del filtro. La tapa debe poseer unos orificios pequeños, los cuales prestarán el servicio de ventilación del filtro, ya que los procesos que se van a adelantar en este sistema son en presencia de oxígeno.

A manera de recomendación, es importante que las primeras cuatro semanas de operación del filtro, el agua aportada por el sistema se utilice en tareas de limpieza del hogar, debido a que la capa biológica no se encuentra debidamente estabilizada. Por otra parte, para obtener un agua potable luego de que la capa biológica esté formada, se pueden realizar procesos de desinfección al agua agregándole cloro de manera controlada, ya que el sistema mejora las condiciones de turbiedad y pH en el agua, impidiendo así la formación de subproductos que generen sustancias peligrosas como organoclorados.



Montaje gráfico del sistema de filtración



Figura 4. Ensamblajes generales para la construcción del filtro de arena lento

Con el objetivo de explicar de manera gráfica la importancia del despiece general a tener en cuenta al momento de realizar el montaje del filtro, en la figura 4 se muestran los ensambles más representativos durante la construcción del sistema en campo teniendo como base metodológica lo expuesto en este manual. Monitoreo del sistema de filtración.

Monitoreo del sistema de filtración

Para evaluar la eficiencia del sistema de filtración en campo, es importante verificar la remoción de contaminantes que afectan las condiciones fisicoquímicas y microbiológicas tanto del agua de entrada como del agua de salida del filtro, valorando así en el tiempo los cambios positivos y/o negativos que puede presentar el sistema propuesto. El monitoreo periódico del filtro es vital, ya que diversos factores ambientales y antrópicos pueden incidir directamente en la formación de la capa biológica y por ende en el proceso de descontaminación del agua. Asimismo, durante las primeras 8 semanas del funcionamiento del sistema, es importante evaluar con cierta periodicidad si realmente la capa biológica está cumpliendo la función de descontaminación y el agua es apta para su consumo, protocolo que luego se debe hacer por lo menos dos veces en seis meses.

Por lo anterior, para llevar a cabo el monitoreo de la calidad del agua es necesario seguir unos pasos mínimos frente al muestreo in situ, para lo cual se recomienda apoyarse en el "Manual de instrucciones para la toma, preservación y transporte de muestras de agua para consumo humano para análisis de laboratorio" propuesto por el Instituto Nacional de Salud en el 2011, en donde se establecen los pasos mínimos para realizar un monitoreo con validez y confianza en la recolección y transporte de la muestra. A partir de dicho protocolo, es necesario tener en cuenta los siguientes aspectos.

Recipientes

Estos deben ser de vidrio o de polietileno para los análisis fisicoquímicos y microbiológicos necesarios y mane-

jar un volumen de hasta 10 litros. Es importante resaltar que para la determinación de los análisis microbiológicos, se deben esterilizar dichos frascos durante mínimo 20 minutos a 121°C y a 1 atmósfera de presión en una autoclave. En general, los recipientes se deben lavar con agua destilada para prevenir la contaminación por agentes externos antes de alistarlos.

Alistamiento de envases

Para alistar los recipientes necesarios para la toma de muestras, es importante apoyarse de una nevera portátil. Esta puede ser en icopor y debe tener un enfriamiento simple (hielo) de mínimo 4°C, lo anterior para que las condiciones del agua a analizar se mantengan en similares condiciones a las encontradas al momento del muestreo. También se debe alistar un termómetro para la toma de temperatura al momento de la recolección, guantes, tapabocas, alcohol y un mechero para la limpieza de los puntos fijos (llaves).

Recolección de las muestras

Como primera medida, es importante limpiar el punto donde se va a recolectar la muestra, ya sea apoyado por un desinfectante o en caso de que la llave no sea plástica, se puede flamear con la ayuda de una llama y posteriormente limpiarse con alcohol.

Luego se debe dejar purgar el sistema por aproximadamente un minuto, asegurando que el agua contenida en el ramal de distribución ha sido renovada y la temperatura del agua se ha estabilizado para tomar las muestras definitivas.

Posteriormente, se procede a realizar el muestreo para los análisis fisicoquímicos, para lo cual se debe tomar un

mínimo de 1 litro de muestra, teniendo en cuenta que los recipientes se deben purgar 2 o 3 veces con el agua a recolectar. Luego de este paso se procede a la toma de la muestra definitiva y se identifican los recipientes utilizando un lapicero de cera preferiblemente.

Posteriormente se toma la muestra para los análisis microbiológicos, obteniendo un volumen de mínimo 250 ml y recolectando la muestra sin purgar el recipiente. Esta se debe recolectar de inmediato, preferiblemente con el uso de guantes y tapabocas. Luego se procede a tapar el recipiente para identificarlo y disponerlo en la nevera.

Se debe tener en cuenta que la confiabilidad de las muestras tiene un máximo de 24 horas para análisis microbiológicos y de 48 horas para análisis fisicoquímicos, motivo por el cual se recomienda mantener la cadena de frío hasta que se realicen en el laboratorio los respectivos análisis de calidad. También es de especial atención que los recipientes no se llenen en su totalidad, es necesario dejar un espacio de aire para que contribuya al mezclado de la muestra.

Dimensionamiento hidráulico

Además del cumplimiento de los parámetros de calidad fisicoquímicos y microbiológicos en la calidad del agua de salida, uno de los aspectos más importantes de la filtración lenta de arena es el comportamiento hidráulico, ya que este influye directamente en el caudal de entrada y de salida del sistema, e interfiere en el correcto funcionamiento para validar los procesos de retención del agua y formación de la capa biológica. Por lo anterior, dentro de los parámetros de diseño es necesario cumplir con una velocidad de filtración óptima, debido a que con

base en esto, se diseñaron teóricamente las alturas de los estratos granulares que componen el sistema.

Con base en lo anterior y cumpliendo la teoría, el diseño hidráulico que se debe seguir al momento de realizar un sistema de filtración lenta de arena se presenta a continuación.

Velocidad de filtración

Procesos Vf (m/h)

Filtración lenta de arena (FLA) 0,10 – 0,20

Por otra parte, existen velocidades de filtración para diseños cuyo dimensionamiento hidráulico requieren un grado de complejidad más alto, los cuales están en los siguientes rangos (CEPIS, 2000):

Velocidad de filtración

Procesos Vf (m/h)

FLA entre 0,10 - 0,20

Sedimentación (S) + FLA entre 0,15 - 0,30

Pre filtración (PF) + FLA entre 0,15 - 0,30

(S) + (PF) + FLA entre 0,30 - 0,50

Por tal razón, en velocidades mayores a 0.20 (m/h) debe considerarse un mínimo de tres unidades. El área de cada unidad (A_s) es una función de la velocidad de filtración (V_f), del caudal (Q), del número de unidades (N) y del número de turnos de operación (C) (CEPIS, 2000).

$$A_s = (Q * C) / (N * V_f)$$

Con operación continua el área de la unidad (m^2) será igual a:

$$A_s = Q / (N * V_f)$$

Con lo expuesto anteriormente, se puede inferir que cuando el tratamiento de agua con la tecnología de filtración lenta de arena se combina con un pre-filtro, sedimentador o clarificador, el objetivo específico de estas últimas unidades es reducir la turbiedad, para lo cual se puede adoptar una velocidad de filtración de 0.20 (m/h). Por otra parte, cuando el sistema de filtración no posee un pretratamiento y maneja aguas con bajas turbiedades (hasta 20 unidades nefelométricas), la velocidad de filtración se encuentra alrededor de 0.10 (m/h). Dado que la turbiedad en altas concentraciones en los filtros lentos causa enlodamiento de la superficie del lecho filtrante, esto puede afectar la calidad del agua producida y la eficiencia en el caudal de salida (CEPIS, 2000).

Por otra parte, las pérdidas de accesorios también juegan un papel importante, ya que una tubería de distribución comprende diversos accesorios (codos, tees, válvulas, entre otros), y también otras características bajo el punto de vista de carga, representado en una tubería rectilínea de mayor longitud. En esta simple idea se basa el método para la consideración de las pérdidas de carga, de gran utilidad en el momento de realizar la acometida de entrada como de salida en el sistema de filtración, cuando existen varios puntos de distribución, para lo cual es necesario tener en cuenta las siguientes fórmulas de pérdida de carga (Pérez, 2001):

Pérdidas de carga

Número de Reynolds

$$Re = \frac{V \times D}{\nu}$$

Dónde:

V = Velocidad del fluido

D = Diámetro de la tubería por la cual circula el fluido

ν = Viscosidad cinemática del fluido.

Rugosidad relativa

$$RR = \frac{K}{D}$$

Dónde:

K = Rugosidad absoluta

D = Diámetro de la tubería por la cual circula el fluido

Pérdida de carga por fricción

$$hf = f \frac{L V^2}{D 2g}$$

Dónde:

$$f = \frac{64}{Re}$$

Re = Número de Reynolds

L = Longitud real de la conducción

V = Velocidad media del flujo

D = Diámetro de la tubería por la cual circula el fluido

g = Aceleración debida a la fuerza de la gravedad

Pérdida de carga por accesorios

$$ha = K \frac{V^2}{2g}$$

Donde:

K = Coeficiente de pérdida

V = Velocidad media del flujo

g = Aceleración debida a la fuerza de la gravedad

Comportamiento de un sistema de filtración en campo

Siguiendo las recomendaciones de este documento, se instaló en el primer semestre del año 2013 un sistema de filtración en zona rural del municipio de Tocai-

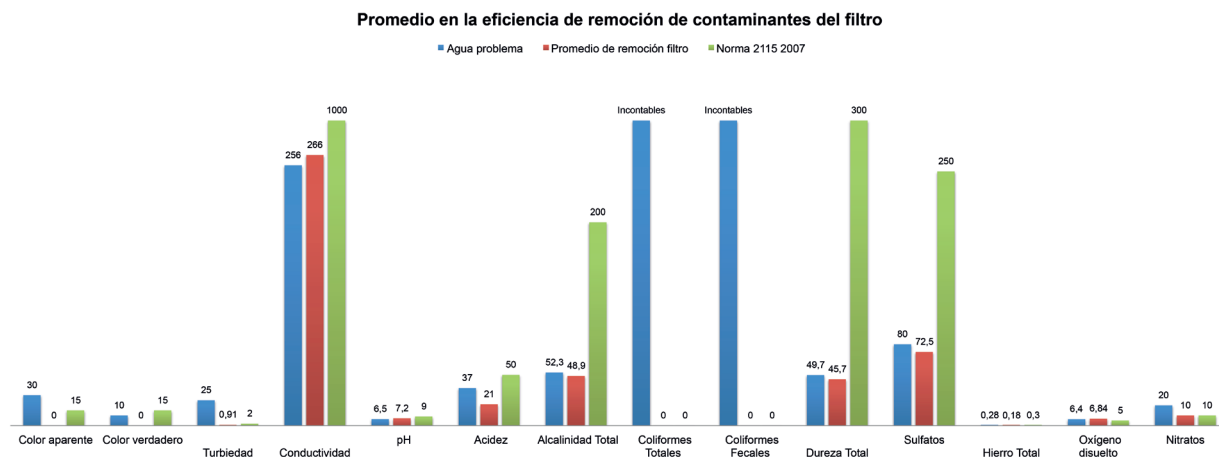
ma (Cundinamarca), el cual aportó buenos resultados en relación al tratamiento de un agua problema promedio encontrada en zona rural. Para verificar lo anterior, fue necesario determinar la eficiencia del filtro a partir de un monitoreo apoyado en la normatividad ambiental vigente, por tal motivo se analizaron 16 parámetros mínimos de calidad, los cuales fueron realizados con base en el protocolo y orientación designa-

da para la recolección de muestras de agua potable y el apoyo de los laboratorios de agua de la Universidad Piloto de Colombia. Este monitoreo tuvo tres análisis en un periodo de duración de 8 semanas, en donde se tomaron las muestras in situ y el promedio de sus resultados se comparó con el agua problema y la norma 2115 de 2007. Dichos resultados se muestran en la figura 1.

Figura 1.

Promedio en la eficiencia de remoción de contaminantes del filtro

Fuente: los autores, 2003



En relación al comportamiento del sistema de filtración en la descontaminación del agua problema y teniendo en cuenta los tres muestreos adelantados en campo, se pudo establecer en promedio lo siguiente:

- El parámetro de color tuvo una remoción del 100 % de unidades platino cobalto.

- En turbiedad presentó una disminución del 96.4 % de unidades nefelométricas.
- En la conductividad mantuvo un promedio de 266 microsiemens/cm
- En relación al pH mantuvo un promedio de 7.2 neutro.
- En cuanto a la acidez demostró una disminución del 41.6 % de carbonato de calcio (CaCO₃).

- En la alcalinidad se evidenció una disminución del 6.5% de CaCO_3 .
- En cuanto a los coliformes totales y fecales, de tener un parámetro de incontables, pasó a cero unidades formadoras de colonias/100 cm^3 .
- En cuanto a la dureza total se presentó una disminución del 8.04% de CaCO_3 .
- En el parámetro de sulfatos se pudo evidenciar una disminución del 12.5%.
- En hierro tuvo una disminución del 35.7%,
- En nitratos se obtuvo una disminución del 50%.
- En oxígeno disuelto se obtuvo un promedio de 6.84 partes por millón, evidenciando esto un aumento del 6.2% en este importante parámetro.

Teniendo en cuenta los anteriores valores promedio arrojados durante el monitoreo tal y como se observa en la figura 1, se pudo evidenciar que el filtro, además de mejorar la calidad de agua problema, cumplió con el objetivo de proveer un agua segura acorde a lo establecido por la legislación ambiental vigente. Lo anterior indica que la tecnología propuesta sí mejora las condiciones microbiológicas y fisicoquímicas de un agua problema, disminuyendo considerablemente los valores de contaminación presentes en el caudal problema y aumentando la calidad del agua para consumo humano. Se ofrece así un agua segura y se previene considerablemente el riesgo de padecer enfermedades gastroenterógenas por consumo periódico de agua de mala calidad.

En relación con lo anterior, el sistema de filtración instalado en el municipio de Tocaima, realmente cumplió con lo establecido en el marco teórico de este documento al ser coherente en la práctica en relación a la remoción de contaminantes y a la facilidad de su construcción y monitoreo. Por este motivo, a manera de recomendación, es importante que los materiales, así como el proceso constructivo, se respeten, además de trabajar manco-

munadamente con los beneficiarios de esta tecnología, ya que esto fomenta la transferencia de conocimiento y las comunidades necesitadas del recurso agua realmente evidencian que el sistema sirve y mejora sus condiciones de vida.

En conclusión un filtro lento de arena, tal y como se comprobó en campo, bien construido y debidamente operado, se puede considerar como un sistema de desinfección económico y de fácil adquisición en relación con los materiales para su construcción; aunque se puede pensar que su costo de implementación en comunidades pobres es elevado, su relación costo - beneficio es alta. Por lo anterior, se debería incluir este tipo de proyectos en los planes de desarrollo municipales con el objetivo de contar con recursos económicos y humanos necesarios para el desarrollo de soluciones descentralizadas de este tipo, las cuales están acordes a la propiedad privada, en donde cada familia responde por sus recursos y tratamiento del agua para consumo humano.

Consideraciones a tener en cuenta para la instalación de un filtro lento de arena en una vivienda

La vivienda se puede concebir como un lugar que brinda privacidad, espacio suficiente, accesibilidad física, seguridad adecuada, seguridad en tenencia, estabilidad y durabilidad estructural, iluminación, calefacción y ventilación dignos. Una infraestructura básica que incluya abastecimiento de agua, saneamiento y eliminación de desechos, factores apropiados de calidad del medio ambiente y de salud, y un emplazamiento adecuado y

con acceso a fuentes de trabajo y a los servicios básicos, todo ello a un costo razonable (Caja de Vivienda Popular, 2011).

Teniendo en cuenta lo anterior, al momento de establecer proyectos técnicos y sociales como el propuesto en este documento, es necesario tener claro el concepto de vivienda, ya que lo que se busca con la transferencia de esta tecnología es apoyar al mejoramiento del bienestar del núcleo familiar que compone un hogar. Motivo por el cual es necesario analizar integralmente las condiciones de la vivienda, para este caso, la parte estructural de la unidad habitacional, ya que el instalar un sistema de estas dimensiones y peso, tal y como se expone en la figura 1, generaría un riesgo en los habitantes si la casa beneficiaria no cumple con poseer una estructura segura que no genere accidentes. Por tal razón, es necesario identificar dentro del componente técnico diversos aspectos básicos de la vivienda, los cuales ayuden a identificar la ubicación más apropiada para la implementación del sistema de filtración, todo esto enmarcado dentro de la normatividad vigente (NSR-10, Título E).

Es importante evaluar las condiciones estructurales de la vivienda, ya que se deben verificar los requisitos mínimos de diseño y construcción de esta y en especial, su componente estructural, dado que el sistema de filtración, cuando se instala sobre la estructura de la casa, tiene mayores posibilidades de abastecer más lugares (cocina, baño, patio) y no limitarse a un punto fijo en donde la familia beneficiaria deba cargar el agua hasta el sitio de aprovechamiento. Por lo anterior, la ubicación ideal del sistema de tratamiento es en la parte superior de la casa, en donde por recomendación de un ingeniero, la estructura soporte las cargas ejercidas por el filtro, razón por la cual, antes de instalar el sistema, es necesario revisar el reforzamiento en muros, vigas y columnas, a fin de aumentar los puntos de abastecimiento del agua

que proporciona el filtro en la vivienda y no ocasionar un riesgo sobre el núcleo familiar beneficiario.

Para cumplir lo anterior, es importante tener una guía que direcciona al ingeniero en los componentes normativos y técnicos para identificar los puntos más críticos en relación al componente estructural de la vivienda. Es por lo anterior que en la tabla 2 (Anexos) se presenta una organización metodológica a tener en cuenta al momento de evaluar las condiciones de vulnerabilidad estructural para la instalación del sistema, y así poder determinar la ubicación del filtro en la casa con carencia de agua de calidad.

Por otra parte, para que el sistema de filtración cumpla con la función de mejorar las condiciones de calidad de vida de los beneficiarios, es necesario evaluar unas condiciones mínimas de habitabilidad de la vivienda relacionadas con la seguridad de la tenencia, el saneamiento básico y la manipulación del recurso agua, ya que existen diversos factores susceptibles de incidir en la contaminación del agua luego de su tratamiento. Dicha evaluación debe estar relacionada con el apoyo al manejo de espacios saludables y seguros en la vivienda, para lo cual se debe revisar el cumplimiento de una serie de indicadores ligados a una habitabilidad saludable, los cuales se relacionan en unas preguntas de indagación que buscan dimensionar unas variables mínimas que influyen directamente en la contaminación del recurso agua en la unidad habitacional, promoviendo así los espacios insalubres susceptibles de materializar enfermedades del agua.

Factor: seguridad de la tenencia

Uno de los principales estresores de la vivienda es la seguridad de tenencia y una condicionante para la instala-

ción de un sistema de filtración, ya que se deben tener en cuenta unas condiciones mínimas en relación con este indicador para, de esta manera, no aumentar el riesgo de los beneficiarios al momento de ofertar un sistema de descontaminación de agua. Frente a la seguridad de la tenencia en una comunidad, este factor de riesgo puede considerarse como un estresor de la vivienda, ya que la población puede presentar incomodidad en el lugar que habita, ya sea por factores relacionados a la estructura de la vivienda, barrio o la legalidad en el lote y en la construcción. Cabe resaltar que así las personas sean dueñas de su vivienda, pueden presentar ilegalidad en su lote y en su construcción. Este punto es de alta importancia cuando se decida instalar un sistema de filtración en la vivienda, debido a que las comunidades desconocen cuáles son los protocolos legales para validar sus derechos sobre su lote y construcción de su unidad habitacional, lo que fomenta, colateralmente, la informalidad y los asentamientos de alto riesgo cuando se les brindan condiciones como el acceso a un agua de calidad.

Teniendo en cuenta lo anterior, es necesario que al momento de evaluar las condicionantes para la instalación de un sistema de filtración, se tengan en cuenta los siguientes interrogantes en relación con este factor:

Tipo de vivienda:

- a. Casa.
- b. Apartamento.
- c. Cuarto(s) en inquilinato.
- d. Improvisada (carpa, refugio natural, plásticos, etc.).

La vivienda ocupada por este hogar es:

- a. Propia totalmente pagada.
- b. Propia, se está pagando.

- c. En arriendo.
- d. Otra, especifique.

¿El lote donde está ubicada la vivienda es legalizado?

- a. Sí.
- b. No.
- c. No sabe.

Topografía del terreno: la vivienda está ubicada sobre un terreno (puede señalar varias opciones):

- a. Plano.
- b. Ladera.
- c. Inundable.
- d. Relleno.
- e. Irregular.
- f. Deslizamiento.

Manipulación del recurso agua

Los impactos a la salud ocasionados por la mala manipulación del recurso agua, pueden estar directamente relacionados con las condiciones de distribución y materiales usados para la edificación de la vivienda, como también con la falta de educación y costumbres propias de cada población. El riesgo presente en relación con la materialización de enfermedades no debe ser ajeno al momento de instalar un sistema de filtración, debido a que el agua tratada puede contaminarse durante la manipulación por parte de los beneficiarios de la tecnología y así no incidir en la disminución de los factores de riesgo relacionados a cuadros de morbilidad como diarreas, vómitos, gastroenteritis, cólera y tifus, entre otros. Por este motivo, es importante verificar unas condiciones mínimas en campo que brinden un panorama claro en los puntos donde

se debe trabajar con la comunidad para que el agua del filtro sea correctamente manipulada tanto en la entrada como en la salida del sistema.

Teniendo en cuenta lo anterior, es necesario que al momento de evaluar las condicionantes para la instalación de un sistema de filtración, se tengan en cuenta los siguientes interrogantes en relación con este factor:

¿De dónde toman principalmente el agua para consumir en la vivienda? (puede señalar varias opciones de respuesta)

- a. Acueducto público.
- b. Acueducto comunal o veredal.
- c. Pozo con bomba o aljibe.
- d. Laguna o aljibe.
- e. Río, quebrada o manantial.
- f. Aguas lluvias.
- g. Carro tanque.
- h. Agua embotellada.
- i. Otro. Especifique.

¿Con qué regularidad ustedes obtienen el agua de esta forma?

- a. Permanente, es decir, 24 horas al día.
- b. Horario establecido.
- c. De manera irregular.
- d. No posee abastecimiento.

¿En qué almacenan el agua para consumo humano? (puede señalar varias opciones).

- a. Recipiente o tanque con tapa.
- b. Recipiente o tanque sin tapa.
- c. No almacena.

¿En caso de usar tanque o recipiente, cada cuánto lo lava?

- a. Diariamente
- b. semanalmente
- c. Quincenalmente
- d. Mensualmente
- e. Semestralmente
- f. Anualmente.
- g. No lo lava

¿En dónde está ubicado el tanque o recipiente?

- a. Interior de la vivienda.
- b. Exterior de la vivienda bajo techo.
- c. Exterior de la vivienda sin techo.

¿Qué hace con el agua antes de tomarla? (señale una sola opción).

- a. La consume sin tratamiento.
- b. La hierven previamente. ¿Cuánto tiempo la hierven?
- c. La filtran.
- d. Le aplica cloro.
- e. Otro. Especifique _____

Factor: saneamiento básico

El tener unas condiciones sanitarias mínimas que no generen riesgos a la salud en la vivienda es de vital importancia al momento de la instalación del filtro en conjunto con la comunidad, dado que una mala higiene tanto personal como en la casa, genera focos de contaminación que pueden tener como consecuencia cuadros de morbilidad relacionados con enfermedades como la esquistosomiasis, la gastroenteritis y enfermedades de la piel,

lo cual causa así un riesgo adicional para que el agua tratada se contamine y no cumpla con su función de apoyar el mejoramiento de la calidad de vida de los beneficiarios. Es importante que se verifique en la vivienda si las condiciones mínimas de higiene se presentan, ya que si el sistema de filtración en su entorno entra en contacto con suciedad y agentes externos que impacten la capa biológica en formación al interior del tanque, así como la salida del agua en sus diferentes puntos, el agua tratada se puede considerar no apta para consumo debido a su contaminación in situ.

Teniendo en cuenta lo anterior, es necesario que al momento de evaluar las condicionantes para la instalación de un sistema de filtración, se tengan en cuenta los siguientes interrogantes en relación con este factor:

¿Cuál es la disposición final de las basuras en este hogar? (puede señalar varias opciones).

- La recoge el servicio de aseo municipal.
- Quema a campo abierto.
- La botan al campo abierto.
- La entierran.
- La tiran a fuentes de agua.
- Otro. Especifique_____

¿Cómo hace aseo en su vivienda? (señale una sola opción, la más predominante).

- Solo barre.
- Barre y trapea.
- Solo trapea.
- Barre y lava.

- Solo lava.
- Riega con agua y barre.
- Otro. ¿Cuál? _____

Considera usted que su vivienda posee:

- Inodoro limpio en buen estado
1. Sí ____ 2. No ____ 3. N/A ____
- Lavamanos cerca del inodoro
1. Sí ____ 2. No ____ 3. N/A ____
- Baños impermeabilizados
1. Sí ____ 2. No ____ 3. N/A ____
- Mesón de la cocina en material no poroso
1. Sí ____ 2. No ____ 3. N/A ____

¿La casa cuenta con los siguientes elementos por separado?:

- Lavamanos
1. Sí ____ 2. No ____ 3. N/A ____
- Lavaplatos
1. Sí ____ 2. No ____ 3. N/A ____
- Lavadero de ropas
1. Sí ____ 2. No ____ 3. N/A ____

Luego de ir al baño usted se lava las manos

- Sí
- No

Antes de consumir verduras y frutas crudas, ¿las lavan?

- Sí
- No

Recomendaciones generales

Dentro de los parámetros de implementación del sistema de filtración, además se deben tener en cuenta aspectos que ayuden a alargar la vida útil del sistema, por lo que se sugiere seguir las siguientes indicaciones al momento de su construcción y operación:

- Se debe identificar la fuente de abastecimiento de agua más cercana, ya que el dimensionamiento hidráulico depende de un flujo constante en donde la gravedad juega un papel determinante, dado que el sistema no estará provisto de bombas mecánicas o eléctricas que ayuden al abastecimiento continuo de agua.
- Una vez seleccionado el sitio donde será ubicado el filtro, se debe revisar que la tubería y accesorios queden precisos y ubicados de forma correcta en la red de abastecimiento, ya que de esto depende que no existan fugas y pérdida de agua.
- En el momento de seleccionar los materiales requeridos para la implementación del sistema, se sugiere que los materiales granulares como las gravas y arenas sean preferiblemente de la zona, ya que en el momento de realizar el mantenimiento del filtro se asegura que el tamaño nominal de los agregados sea muy similar al utilizado inicialmente en su construcción.
- Para el correcto funcionamiento del filtro se sugiere hacer un proceso riguroso de lavado a los materiales granulares, así como al tanque de contención, ya que este proceso asegura la efectividad en el funcionamiento y procura una vida útil más larga.
- En caso de que el filtro se ubique a la intemperie, este debe contar con una tapa que lo proteja de agentes externos como son los efectos climáticos o

animales, los cuales pueden llegar a ser foco de enfermedades infectocontagiosas perjudiciales para los humanos (enfermedades tropicales).

- Se debe hacer un seguimiento minucioso al nivel de los estratos granulares, ya que una reducción en el nivel de la capa superior de arena, es un indicador del urgente mantenimiento del filtro. Por tal motivo, se debe realizar un raspado de los primeros 2 cm de arena y remplazarlos por arena de las mismas características y en la misma proporción. Este procedimiento se sugiere sea realizado en un máximo de un día, puesto que se debe preservar la capa microbiológica que lleva activa desde el momento que empieza a funcionar el filtro de arena lento, lo cual es causante en gran medida del éxito del sistema.

- Por otra parte, es importante recomendar que este tipo de proyectos tienen una alta participación comunitaria, ya que sin el compromiso de los beneficiarios, dichos sistemas no cumplen su función de descontaminación y su eficiencia se puede ver comprometida por la no formación de la capa biológica en el tiempo.

- Es necesario educar en higiene y saneamiento ambiental a las personas beneficiarias del sistema, ya que sus hábitos de limpieza y convivencia pueden

ocasionar focos de contaminación ideales para la materialización de enfermedades infectocontagiosas en donde se necesitan tres elementos (el agente, el huésped y el ambiente) que en muchas de las comunidades rurales se cumplen.

- En cuanto a los residuos generados por el sistema cuando este cumpla su vida útil, es importante que al recalibrar o cambiar algunos accesorios hidráulicos, estos vayan a una disposición final de manera correcta. Sin embargo, en relación con los materiales granulares, estos se pueden limpiar con abundante agua y exponerse a los rayos ultravioleta de la radiación solar propia de la zona, para lo cual es necesaria la realización de un volteo periódico de estos, con el fin de eliminar los microorganismos perjudiciales para la salud que puedan contener. Dichos materiales se pueden utilizar en procesos de jardinería, estabilización de taludes por medio de reforestación o en zonas públicas como parques recreativos.

- Se debe continuar con la investigación desde la academia, con el ánimo de impulsar este tipo de proyectos con alto índole social, debido a que la responsabilidad social universitaria debe tener en cuenta el compartir su conocimiento con poblaciones marginales que por su precaria situación han visto vulnerados sus derechos, así como la privación de las necesidades básicas para vivir dignamente.

Referencias

- Álvarez, E., Núñez, P. y Mecerreyes, C. (2006). Seguimiento de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) en el sector del Hábitat. *Quórum. Revista de pensamiento iberoamericano*, (15), 13-25. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=52001502>
- Arboleda, J. (2000). *Teoría práctica de la purificación del agua*. Bogotá: McGraw- Hill.
- APHA, AWWA y WPCF (American Public Health Association, American Water Works Association y Water Pollution Control Federation). (1991). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (16a. ed). Washington: Amer Water Works Assn.
- Caja de Vivienda Popular. (2011). *Documento Técnico-Diagnóstico Propuesta de Modelo de Gestión*. Bogotá: Alcaldía Mayor de Bogotá.
- Canepa, L. y Pérez, J. (1992). *Manual I, II y III: Teoría y Evaluación, Diseño, Operación, Mantenimiento y Control*. Lima: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente.
- Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS). (2000). Programa regional para la promoción del uso de tecnologías apropiadas en saneamiento básico: plantas de filtración lenta. Colombia. CEPIS/OPS. Recuperado de <http://www.bvsde.ops-oms.org/eswww/fulltext/tratagua/lenta/lenta.html>
- Defensoría del Pueblo. (2005). *El derecho humano al agua en la constitución, la jurisprudencia y los instrumentos internacionales*. Recuperado de http://www.defensoria.org.co/red/anexos/pdf/11/agua/der_agua.pdf
- Defensoría del Pueblo. (2009). *Abc del derecho humano al agua*. Recuperado de http://www.sindicatosporelagua.org/documentos/colombia/PUBLICACIONES/abc_agua.pdf

- Defensoría del pueblo. (2011). *Diagnóstico de la calidad del agua para consumo humano año 2010*. Recuperado de <http://www.defensoria.org.co/red/anexos/publicaciones/calidadAgua.pdf>
- Díaz, A. Chingaté, N. Muñoz, D. Olaya, W. Perilla, C. Sánchez, F. & Sánchez, K (2009). Desarrollo sostenible y el agua como derecho en Colombia. *Revista Estudio Socio Jurídico*, 1(11), 84-116. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/esju/v11n1/v11n1a5.pdf>
- Huisman, L. y Wood, W.E. (1974). *Slow sand filtration*. Recuperado de http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/ssf9241540370.pdf
- Instituto Nacional de Salud. (2011). *Manual de instrucciones para la toma, preservación y transporte de muestras de agua de consumo humano para análisis de laboratorio*. Recuperado de <http://www.ins.gov.co/sivicap/Documentacion/Manual%20instrucciones%20toma,%20preservacion%20B3n%20y%20transporte%20de%20muestras%20agua.pdf>
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2010). *Reglamento Colombiano de Construcción sismo resistente NSR-10*. Recuperado de http://www.uptc.edu.co/export/sites/default/facultades/f_ingenieria/pregrado/civil/documentos/NSR-10_Titulo_A.pdf
- Ministerio de la Protección Social (Junio, 2009). *Estrategia de Entornos Saludables. Impulso al Logro de los Objetivos de Desarrollo del Milenio con Equidad*. Conferencia llevada a cabo en el Tercer encuentro nacional de Entornos Saludables y Desarrollo Territorial en Colombia, Bogotá, Colombia.
- Organización Panamericana de la Salud. (2012). *Filtros: Filtros lentos de arena (tratamiento domiciliar)*. Colombia: Organización Panamericana de la Salud. Recuperado de <http://www.col.ops-oms.org/saludambiente/guia-filtros.htm>
- Pérez, R. (2001). *Diseño de instalaciones hidrosanitarias y de gas para edificaciones*. Bogotá: Grupo Editar.
- Quintero, O. y Bolaños, I. (noviembre, 2011). *El fortalecimiento de las capacidades de los actores sociales en la gestión integrada del recurso hídrico (GIRH) desde la perspectiva de la educación ambiental no formal*. Conferencia llevada a cabo en el Congreso Internacional Agua 2011, Cali, Colombia.
- Solsona, F. y Méndez, J. (2002). *Desinfección del agua*. Lima: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente.
- Torres, C. y Correa, J. (septiembre, 2011). *Sistema de tratamiento a partir de la filtración lenta de arena para el mejoramiento de la calidad de agua para consumo humano. Programa piloto para proyectos de investigación con potencial empresarial en Bogotá*. Conferencia llevada a cabo en el Programa Davinci segunda edición 2010-2011.
- Zúñiga, D. (2010). *Diseño y evaluación preliminar de un sistema de tratamiento de agua para abastecimiento temporal a poblaciones en situaciones de emergencia*. Bogotá: Universidad de los Andes.

Anexos

Anexo I

Tabla 2.

Estructura metodológica para determinar la ubicación del sistema de filtración según las condiciones estructurales de la vivienda

Pregunta	Respuestas	Componente técnico	Componente normativo	Glosario
Topografía del terreno: ¿La vivienda está ubicada sobre un terreno?	Plano Inclinado (<=15 %) Ladera (>15 %)	El técnico debe identificar la morfología y los riesgos por remoción en masa	Representación cartográfica que contiene linderos, títulos de dominio y detalles constructivos, de acuerdo a la Ley 80 de 1993	Ladera: pendiente de una montaña por cualquiera de sus lados Plano: terreno donde o tiene una pendiente significativa
¿Tiene información de riesgos o amenazas naturales de su comunidad?	Sí No Describe	Identifica los riesgos por remoción en masa, deforestación, contaminación ambiental	Decreto 1424 de 1989. Artículos 1 y 3, inventario de asentamientos humanos en zonas de riesgo, trámites para la obtención de recursos para la reubicación. Decreto ley 1400 de 1984, Código de construcciones sismo-resistentes	Amenaza natural: probabilidad de ocurrencia de un evento potencialmente desastroso (en este caso de origen natural), durante cierto periodo de tiempo, en un sitio determinado. Tales eventos pueden ser deslizamientos, inundaciones, erupciones volcánicas, sismos e incendios forestales
¿Cuál es el sistema constructivo principal de la vivienda?	Bahareque Mampostería confinada Mampostería estructural Pórticos Estructura metálica Prefabricado Madera Combinación de los señalados Vivienda provisional	Se debe identificar y determinar si el sistema constructivo está diseñado para las diversas exigencias, construido técnicamente y con un mantenimiento adecuado.	Debe cumplir con los requerimientos mínimos de acuerdo a la NSR-10	Bahareque: sistema de construcción de vivienda a partir de palos entretrejidos con cañas, zarzo y barro. Mampostería confinada: se basa en la conformación de un muro que luego se confina con vigas y columnas de concreto reforzado. Mampostería estructural: son los muros que resisten fuerzas horizontales, cargas vivas y muertas en el caso de que constituyan soporte de un entrespiso
¿Cómo es la cimentación? (puede seleccionar más de una)	Tiene vigas de concreto reforzado Tiene cemento ciclópeo Tiene zapatas aisladas Tiene placa No tiene nada	Se debe identificar la cimentación adecuada para el tipo de suelo existente y de esta manera determinar costos que genere una construcción económica y segura en su componente estructural.	NSR-10 Título H	Cimentación: es la encargada de soportar el peso de la construcción que estará sobre ella y transmitir al suelo las cargas o pesos correspondientes en una forma estable y segura.

Pregunta	Respuestas	Componente técnico	Componente normativo	Glosario
¿Con qué se puede rayar el concreto de los elementos estructurales?	Uña Tapa de esfero Llave	Se debe realizar el diagnóstico con elementos de diferente resistencia, los cuales indiquen la calidad del concreto actual de la vivienda.	Manual de construcción de edificaciones de mampostería	Concreto: producto resultante de la mezcla de un aglomerante (generalmente cemento, arena, grava o piedra) que al fraguar y endurecer adquiere una resistencia similar a la de las mejores piedras naturales.
¿Cuál es el ancho promedio de los muros? (en metros)	Escriba el número	Se debe identificar si los muros cumplen con las dimensiones mínimas para un correcto proceso constructivo	NSR-10 Título E	Muro: estructura continua que de forma activa o pasiva produce un efecto estabilizador sobre un terreno
En promedio el espesor del mortero de pega de los ladrillos es de:	☐0.7 cm 0.7 y 1.3 cm ☐1.3 cm	Se debe verificar que el espesor de la pega no debe ser menor a 0.7 cm ni mayor a 1.3. El promedio ideal es del orden de 1.0 cm	Manual de construcción de edificaciones de mampostería	Mortero: mezcla de cemento, arena y agua. La arena proporciona a la mezcla el volumen y el cemento mantiene unidas las partículas. Las durezas dependen de las proporciones utilizadas.
¿Las juntas son uniformes?	Sí No	La vulnerabilidad sísmica de la vivienda depende de una serie de factores y detalles que deben evaluarse con cuidado como son los aspectos constructivos, donde es importante la calidad de las juntas de pega en mortero.	Manual de construcción de edificaciones de mampostería	Juntas: unión que consiste en mantener las tensiones que se desarrollan en la estructura.
¿Con qué se puede rayar el mortero de pega?	Uña Tapa de esfero Llave	Se debe realizar el diagnóstico con elementos de diferente resistencia, los cuales indiquen la calidad del mortero actual de la vivienda	Manual de construcción de edificaciones de mampostería	Mortero: mezcla de cemento, arena y agua. La arena proporciona a la mezcla el volumen y el cemento mantiene unidas las partículas, las durezas dependen de las proporciones utilizadas

Pregunta	Respuestas	Componente técnico	Componente normativo	Glosario
¿Qué porcentaje de los ladrillos se encuentran desportillados o con grietas?	Menos del 30 % Entre el 31 % y 70 % Más del 71 %	Este porcentaje es indicador que le ayuda a determinar al técnico el posible grado de vulnerabilidad de la vivienda en su aspecto constructivo	Manual de construcción de edificaciones de mampostería	Ladrillo: elemento de construcción generalmente hecho con nada de barro cocida de forma rectangular
¿Todos los muros de la vivienda están confinados?	Sí No	Identificar los muros que resisten fuerzas horizontales, además de soportar las cargas verticales, muertas y vivas, en el caso de que constituyan soporte del entrepiso y/o cubierta	NSR-10 Capítulo E.3.1.2	Muro confinado: Aquellos que presentan continuidad vertical desde la cimentación hasta el diafragma superior del nivel considerado, que no tienen ningún tipo de aberturas y que están confinados.
¿Cuál es la longitud TOTAL de muros longitudinales? (en metros)	Escriba el número	Identifica que la edificación tenga una buena simetría y rigidez	NSR-10 Capítulo E.3.6	Muro: estructura continua que de forma activa o pasiva produce un efecto estabilizador sobre un terreno
¿Cuál es la longitud TOTAL de muros transversales? (en metros)	Escriba el número	Identifica que la edificación tenga una buena simetría y rigidez.	NSR-10 Capítulo E.3.6	Muro: estructura continua que de forma activa o pasiva produce un efecto estabilizador sobre un terreno
¿La cantidad de muros LONGITUDINALES es suficiente? (chequear E.3.6.4)	Sí No	Identifica que la edificación tenga una buena simetría y rigidez	NSR-10 Capítulo E.3.6.4	Muro: estructura continua que de forma activa o pasiva produce un efecto estabilizador sobre un terreno
¿La cantidad de muros TRANSVERSALES es suficiente? (chequear E.3.6.4)	Sí No	Identifica que la edificación tenga una buena simetría y rigidez	NSR-10 Capítulo E.3.6.4	Muro: estructura continua que de forma activa o pasiva produce un efecto estabilizador sobre un terreno

Pregunta	Respuestas	Componente técnico	Componente normativo	Glosario
¿Distancia máxima entre columnas contiguas? (en metros)	Escriba el número	Se debe identificar si las columnas están confinadas, lo cual ofrece una resistencia en una eventualidad sísmica	NSR-10 Capítulo E.	La columna es el elemento estructural vertical empleado para sostener la carga de la edificación y su funcionalidad en la estructura depende de su forma, espaciamiento y capacidad de carga
¿El acero de refuerzo de los elementos estructurales se alcanza a ver?	Sí No	Se identifica el tipo de refuerzo utilizado	NSR-10 Capítulo E.3.6.4	Material utilizado para el refuerzo de estructuras, por su importancia debe estar comprobada su resistencia, dimensiones y límites físicos o químicos. Ya que debe cumplir con los detalles mostrados en planos y especificaciones.
¿Hay viga de amarre sobre todos los muros?	Sí No	Se debe identificar que todos muros estructurales deben estar amarrados entre sí mediante una viga de corana o embebida en la losa de entrepiso	NSR-10 Capítulo E.3.6.4	Viga de amarre es el elemento utilizado para unir estructuralmente las columnas. Se construye en sentido perpendicular y se apoya sobre las columnas
¿Las columnas son continuas desde la cimentación hasta la cubierta?	Sí No	Se debe identificar si las columnas están confinadas, lo cual ofrece una resistencia en una eventualidad sísmica	NSR-10 Capítulo E.3.6.4	La columna es el elemento estructural vertical empleado para sostener la carga de la edificación y su funcionalidad en la estructura depende de su forma, espaciamiento y capacidad de carga
¿La cubierta está debidamente sujeta a los muros?	Sí No Realice una descripción	Se debe identificar si la cubierta está anclada a las vigas que confinan y amarran los muros	Manual de construcción de edificaciones de mampostería	Se denomina cubierta al entramado inclinado que cierra una vivienda en su parte superior.

