

Pautas para la planificación de proyectos sostenibles de agua y selección de tecnologías apropiadas

7 de septiembre, 2012

Grupo de Acción Rotaria para Agua y Saneamiento

Versión 4.0



Este documento fue elaborado por el Grupo de Acción Rotaria para Agua y Saneamiento. Este grupo trabaja de conformidad con la normativa de Rotary International, pero no es una filial ni funciona bajo el control de Rotary International o La Fundación Rotaria.

Este documento es exclusivamente para fines informativos. El Grupo de Acción Rotaria para Agua y Saneamiento, ni Rotary International ni La Fundación Rotaria promueve ninguna tecnología, metodología o empresa en particular. Todo consejo, opinión, afirmación u otra información que aparezca en este documento se usará a criterio y riesgo del lector.

Índice de materias

| | |
|---|-------------------------------------|
| INTRODUCCIÓN..... | 5 |
| Guía para seleccionar un sistema de proyecto sostenible de Agua, Saneamiento e Higiene (WASH) | Error! Bookmark not defined. |
| Planificación para la sostenibilidad..... | Error! Bookmark not defined. |
| Optimización de los recursos disponibles..... | Error! Bookmark not defined. |
| Uso de este documento de aprendizaje electrónico para planificar e implementar proyectos sostenibles | 7 |
| RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIALES | Error! Bookmark not defined. |
| Introducción..... | 8 |
| ¿Se nos está acabando el agua? | 8 |
| ¿Qué es el agua superficial? | 9 |
| ¿Cuál es el rendimiento estacional del agua en una región? | 10 |
| ¿Cómo se pueden reducir el impacto de las sequías?..... | 10 |
| ¿Qué es el uso conjuntivo y para quién puede reducir esta práctica los impactos de las sequías? | 12 |
| ¿Qué significa Rendimiento Total Sostenible? | 13 |
| ¿Cuáles son las consideraciones de calidad de agua para los recursos hídricos superficiales? | 14 |
| ¿Cómo afecta la distancia a la fuente de abastecimiento el uso de los recursos hídricos superficiales? | 16 |
| ¿Cómo se determina la capacidad de almacenamiento de los recursos hídricos superficiales? | 17 |
| ¿Se puede captar el agua de lluvia para consumo humano? | 20 |
| ¿Cómo se determina la capacidad de almacenamiento de agua? | 20 |
| ¿Cómo se determina la necesidad de almacenamiento de agua para una familia en una comunidad pequeña? | 21 |
| ¿Cuáles son los procesos disponibles de tratamiento de aguas para recursos hídricos superficiales? | 22 |
| ¿Cómo se evalúan y monitorean los recursos hídricos superficiales?..... | 23 |
| DESARROLLO DE PROYECTOS DE RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIALES | Error! Bookmark not defined. |
| Introducción..... | 25 |
| ¿Qué constituye un proyecto de recursos hídricos superficiales? | 25 |
| ¿Cuáles son las consideraciones iniciales de diseño? | 26 |
| ¿Cuáles son las opciones de diseño? | 26 |
| ¿Cómo se distribuye el agua superficial?..... | 27 |
| ¿Cuáles son los sistemas típicos de tratamiento para aguas superficiales?..... | 27 |
| ¿Cuál es el costo de los proyectos de desarrollo de recursos hídricos superficiales?..... | 28 |
| Lista de control para el uso de fuentes hídricas superficiales | Error! Bookmark not defined. |
| AGUAS SUBTERRÁNEAS | Error! Bookmark not defined. |
| ¿Por qué se escogen aguas subterráneas como fuente de suministro de agua? | 30 |
| ¿Cómo se encuentra el agua subterránea? | 30 |
| ¿Cómo se perfora un pozo de agua? | 30 |
| ¿Cómo se determina la cantidad de agua disponible en un acuífero?..... | 32 |
| ¿Cómo se determina la calidad del agua subterránea?..... | 32 |
| ¿Cómo se aseguran las fuentes del agua de pozo? | 32 |
| ¿Cómo se extrae a la superficie el agua subterránea? | 32 |
| DESARROLLO DE PROYECTOS DE AGUAS SUBTERRÁNEAS | Error! Bookmark not defined. |
| Introducción..... | 35 |
| ¿Cuáles son las consideraciones de diseño de un proyecto de aguas subterráneas?..... | 35 |
| ¿Cuáles son las opciones de diseño de un proyecto de aguas subterráneas? | 36 |
| ¿Cuál es el costo de los proyectos de aguas subterráneas? | 45 |

| | |
|---|-------------------------------------|
| Lista de control para el uso de fuentes de aguas subterráneas | Error! Bookmark not defined. |
| CAPTACIÓN O COSECHA DE AGUA DE LLUVIA | Error! Bookmark not defined. |
| Introducción..... | 49 |
| ¿Qué es un sistema de techo de captación o cosecha de aguas de lluvia?..... | 51 |
| ¿Qué es un sistema de captación de suelo?..... | 53 |
| ¿Cómo se puede almacenar el agua de lluvia en presas para uso de la comunidad?..... | 55 |
| ¿Qué son los lechos rocosos de captación?..... | 55 |
| ¿Cuáles son algunas de las fuentes de contaminación de las aguas de lluvia? | 56 |
| Lista de control para el uso de agua pluvial..... | Error! Bookmark not defined. |
| CALIDAD DEL AGUA..... | 60 |
| ¿Cuáles son los estándares de calidad de agua? | 60 |
| ¿Cuál es la diferencia entre un estándar y una pauta?..... | 60 |
| ¿Para qué se da tratamiento al agua? | 61 |
| Microbiológicos..... | 62 |
| Químicos | Error! Bookmark not defined. |
| Sustancias químicas dañinas en países en desarrollo..... | Error! Bookmark not defined. |
| Lista de control para evaluar la calidad del agua..... | Error! Bookmark not defined. |
| PERSPECTIVA GENERAL DE TECNOLOGÍAS DE TRATAMIENTO | Error! Bookmark not defined. |
| Introducción..... | 76 |
| Comparación y contraste de tecnologías de tratamiento de agua..... | Error! Bookmark not defined. |
| FILTROS DE BIOARENA | Error! Bookmark not defined. |
| ¿Qué es un filtro de bioarena? | 77 |
| ¿Cuáles son los componentes de un filtro bioarena?..... | 77 |
| ¿Cómo se usa un filtro de bioarena? | 78 |
| ¿Cuánta agua trata un filtro típico?..... | 78 |
| ¿Cómo funciona un filtro de bioarena? | 79 |
| ¿Cuán bien funciona un filtro de bioarena? | 79 |
| ¿Cuánto tiempo se demora en funcionar bien un filtro nuevo? | 80 |
| ¿Cómo se mantiene en funcionamiento una biocapa? | 80 |
| ¿Por qué es importante un período de pausa entre cargas de agua?..... | 81 |
| ¿Qué otras limitaciones presentan los filtros de bioarena?..... | 81 |
| ¿Qué averías podría causar el uso incorrecto a los filtros de bioarena?..... | 82 |
| ¿Por qué deben limpiarse los filtros de bioarena? | 82 |
| ¿Qué es la “escarificación” y debe usarse para limpiar filtros de bioarena? | 82 |
| ¿Cómo se limpia y mantiene un filtro? | 82 |
| ¿Cuántos filtros de bioarena están en uso actualmente alrededor del mundo? | 83 |
| ¿Cuál es la vida útil de un filtro de bioarena?..... | 83 |
| ¿Existen controversias y afirmaciones contradictorias sobre los filtros de bioarena?..... | 83 |
| ¿Quiénes son los principales proveedores de filtros de bioarena?..... | 84 |
| FILTROS DE CERÁMICA..... | Error! Bookmark not defined. |
| ¿Qué es la filtración de agua por cerámica?..... | 88 |
| ¿Es nueva esta tecnología?..... | 88 |
| ¿Cuáles son los componentes de un filtro de cerámica?..... | 89 |
| ¿Cómo se fabrican los elementos de un filtro de cerámica?..... | 90 |
| ¿Cómo funcionan los filtros de cerámica?..... | 90 |
| ¿Por qué se agrega plata al proceso de tratamiento?..... | 91 |
| ¿Cómo se agrega la plata? | 91 |
| ¿Qué es carbón ‘activado’ y por qué se debe agregar?..... | 92 |
| ¿Cuán eficaces son los filtros de cerámica?..... | 92 |

| | |
|---|-------------------------------------|
| ¿Cuáles son las ventajas, las desventajas y la conveniencia de los filtros de cerámica?..... | 93 |
| ¿Cuáles son los factores económicos y de escala? | 93 |
| ¿Cuándo y cómo se debe limpiar el elemento de un filtro de cerámica? | 94 |
| ¿Qué más se debe hacer para el debido mantenimiento del sistema?..... | 95 |
| ¿Cuándo se debe reemplazar un filtro?..... | 95 |
| ¿Retiran los filtros de cerámica minerales beneficiosos del agua? | 95 |
| ¿Dónde se han usado filtros de cerámica? | 95 |
| ¿Quiénes son los mayores proveedores? | 96 |
| FILTRACION DE AGUA POR MEMBRANA | Error! Bookmark not defined. |
| ¿Qué es la filtración de agua por membrana?..... | 100 |
| ¿De qué material están hechas las membranas y qué aspecto tienen? | |
| ¿Es ésta tecnología nueva? | 101 |
| ¿En qué se diferencian los distintos filtros de membrana?..... | 101 |
| ¿Qué debe considerarse al seleccionar un filtro de membrana? | 102 |
| ¿Cuáles son las diferentes clasificaciones de los filtros de membrana? | 102 |
| ¿Son convenientes los filtros de membrana para cualquier región en desarrollo? | 103 |
| ¿Se necesita una bomba o un sistema a presión para la microfiltración? | 104 |
| ¿Cómo se satisfacen las especificaciones de presión para la microfiltración?..... | 104 |
| ¿Cuán eficaces son los filtros tipo caña que usan los excursionistas?..... | 104 |
| ¿Quién fabrica sistemas pequeños de filtración con membrana para uso en comunidades? | 105 |
| ¿Cómo se mantienen los filtros de membrana? | 105 |
| ¿Con qué frecuencia se tiene que retrolavar un filtro? | 105 |
| ¿Se puede retolavar un filtro con agua sucia?..... | 105 |
| ¿Qué cantidad de agua se puede filtrar/purificar al día? | 106 |
| ¿Se recomienda usar un filtro selectivo antes de la filtración por membrana?..... | 106 |
| ¿Retiran la mayoría de filtros de membrana químicos, plaguicidas, sal o metales pesados como el arsénico? | 106 |
| Tipos de membranas, propiedades y aplicaciones | Error! Bookmark not defined. |
| Tipos de membrana, especificaciones de presión, flujos y funciones | Error! Bookmark not defined. |
| Fuente: Profesora Kara Nelson, Universidad de California en Berkeley Facultad de Ingeniería Civil .. | 107 |
| Enlaces a más información sobre filtración por membrana | Error! Bookmark not defined. |
| DISINFECCIÓN DEL AGUA..... | Error! Bookmark not defined. |
| ¿Qué es la desinfección del agua? | 108 |
| ¿Qué técnicas se pueden usar para desinfectar agua? | 108 |
| ¿Qué es la cloración del agua y por qué se usa? | 108 |
| ¿Por qué se usa la luz ultravioleta para desinfectar el agua?..... | 108 |
| ¿Por qué se usa el ozono para desinfectar el agua? | 109 |
| ¿Por qué se usa el método SODIS de desinfección solar del agua? | 109 |
| LISTA DE CONTROL PARA SELECCIONAR SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUA..... | Error! Bookmark not defined. |
| IMPLEMENTACIÓN DE UN PROYECTO HÍDRICO | Error! Bookmark not defined. |
| Introducción..... | 115 |
| ¿Se trata de un proyecto del club? | 116 |
| Inicio del proyecto / Movilización..... | 117 |
| ¿Cómo se selecciona una ONG? | 117 |
| ¿Cómo se selecciona un contratista?..... | 118 |
| Conclusión y cierre del proyecto..... | Error! Bookmark not defined. |
| Lista de control para la implementación de un proyecto hídrico..... | 118 |
| OPERACIÓN Y GESTIÓN DE UN SISTEMA DE AGUA POTABLE..... | Error! Bookmark not defined. |

| | |
|--|---------------|
| Introducción..... | 121 |
| ¿Cuán esencial es la participación de un líder de la comunidad? | 121 |
| ¿Por qué son importantes el funcionamiento y el mantenimiento del sistema? | 121 |
| ¿Es importante fijar y cobrar una tarifa? | 121 |
| ¿Se pueden esperar cambios en la calidad del agua una vez que el proyecto esté en funcionamiento? | 122 |
| ¿Cuán importantes son la cadena de abastecimiento de repuestos y la seguridad?..... | 122 |
| ¿Debe ponerse en práctica un sistema de supervisión y retroalimentación del proyecto? | 122 |
| Lista de control para el funcionamiento y mantenimiento de un sistema de agua potable..... | Error! |

Bookmark not defined.

INTRODUCCIÓN

Guía para seleccionar un sistema de proyecto sostenible de agua, saneamiento e higiene (WASH – *Water, Sanitation & Hygiene*)

Casi mil millones de personas no tienen acceso a un sistema de agua potable seguro y confiable. Consciente del problema, Rotary International ha adoptado dicha carencia como una de sus seis áreas de interés del nuevo modelo de subvenciones.

Ha sido un desafío para clubes rotarios y otras organizaciones no gubernamentales (ONG) suministrar agua potable segura y confiable, en tanto que aproximadamente 50 por ciento de todos los proyectos hídricos emprendidos por estas organizaciones han fracasado en cuestión de cinco años de ser construidos. Este alto nivel de fracaso se atribuir a muchos factores, entre otros:

- Selección de tecnologías no adecuadas
- El mito: “Constrúyelo y funcionará para siempre”.
- Mal emplazamiento del punto de agua
- Falta de funcionamiento y capacitación continua en mantenimiento
- Falta de repuestos
- Mala calidad o cambio en la calidad del agua
- Vandalismo, robo o conflictos
- Falta de fondos para su funcionamiento y mantenimiento
- Comisiones Comunitarias ineficaces en el manejo de sus recursos hídricos
- Seguimiento inadecuado y falta de supervisión por parte de los patrocinadores del proyecto
- Falta de control y evaluación del proyecto a largo plazo

Rotary International, La Fundación Rotaria y el Grupo de Acción Rotaria para Agua y Saneamiento, (WASRAG por sus siglas en inglés), han iniciado un programa piloto con el propósito de revertir este índice de fracaso. En julio de 2012 se dio inicio al programa piloto de un año, Proceso de Optimización de Proyectos (POP), en nueve distritos.

Planificación para la sostenibilidad

En vista de que más de mil millones de personas no tienen acceso a agua potable segura y más de dos mil millones carecen de instalaciones sanitarias adecuadas, es un gran desafío poder abastecer a todos de agua potable y saneamiento. Con 34.000 clubes rotarios alrededor del mundo, el número de proyectos necesarios para marcar una diferencia requeriría que todos los rotarios trabajasen con otras organizaciones, gobiernos de los países anfitriones y líderes comunitarios con un nuevo enfoque hacia los proyectos hídricos.

Este simple análisis pone en evidencia la importancia de hacer bien cada proyecto y de asegurarse que continúe brindando los servicios para los cuales fue diseñado durante su vida útil, así como la importancia de trabajar con los otros actores de manera eficaz para realizar proyectos sostenibles.

El objetivo es que los rotarios planifiquen, diseñen y lleven a buen término proyectos de agua y saneamiento que permanezcan en funcionamiento y sean mantenidos por comités locales integrados por residentes de la comunidad a lo largo de su vida útil. Tal como Rotary International se mantiene abocado a la erradicación de la polio del mundo, asimismo debemos apuntar a la implementación de proyectos sostenibles que continúen en pleno funcionamiento por más de diez años, incorporados al plan de servicios para la comunidad.

Para WASRAG, sostenible significa “satisfacer necesidades actuales sin menoscabar la habilidad de generaciones futuras para satisfacer sus necesidades”. De importancia crítica para la creación de proyectos sostenibles, es que los clubes rotarios integren sus proyectos locales a un esfuerzo de

planificación regional encabezado por líderes comunitarios, los rotarios del país anfitrión y alguna ONG activa en el país, con el apoyo de los clubes rotarios que actuarán como patrocinadores internacionales.

Pasos que facilitarán la realización de proyectos sostenibles a los clubes rotarios:

1. Identificar alianzas posibles en el país anfitrión para generar apoyo al liderazgo y asistan con el control y la evaluación del debido funcionamiento del sistema instalado.
2. Asegurar que el proyecto sea de propiedad de la comunidad; y demostrar la auto-suficiencia de su operación.
3. Concentrarse en las necesidades, el estado actual de la comunidad y el futuro deseado (como tener acceso a agua potable todo el año y reducir las enfermedades que se transmiten a través del agua); así como evaluar los riesgos técnicos, socioculturales y financieros que puedan afectar la viabilidad del proyecto a largo plazo.
4. Dar participación a las mujeres en el diseño inicial del sistema y en el mantenimiento continuo requerido a fin de garantizar un cambio en los hábitos de conducta e higiene.
5. Asegurar que se instalen tecnologías apropiadas para las cuales se dispongan de apoyo y servicio técnico, y
6. Centrarse en los objetivos globales de la comunidad y planificar un futuro saludable y económicamente estable.

El enfoque tripartito con el que está experimentando el programa piloto POP abarca:

1. Formar un equipo regional o un comité de agua que determine las prioridades del país y se encargue de la gestión general de un programa por etapas;
2. Formar un Equipo de Planificación y Rendimiento del Programa (PRP, también conocido como el Cuerpo de Servicio Rotario) que asistirá al equipo regional y a los líderes comunitarios en la evaluación de las necesidades y la preparación de un análisis alternativo de la mejor solución tanto técnica como operativa
3. Aplicar las Pautas Técnicas de WASRAG y un sistema de apoyo en el país para contar con un Sistema Sostenible de Agua, Saneamiento e Higiene (WASH) que satisfaga las necesidades conjuntamente definidas por las partes.

El programa piloto POP busca apoyar un programa que con el tiempo suministre servicios de agua, saneamiento e higiene (WASH) con una cobertura del 100% en todos los poblados de distritos y países rotarios. Este enfoque generará un sistema de apoyo compartido que propiciará el establecimiento de un programa de salud e higiene personal junto con un programa de capacitación para los operadores/comités de agua que rinda servicios continuos al área del proyecto.

El enfoque regional puede también brindar una mayor eficiencia con el uso de instalaciones compartidas y sistemas de apoyo operativo que rindan servicio a un mayor número de residentes a un menor costo por unidad. Cuando se implementa un solo proyecto a la vez en áreas rurales de manera aislada, el costo administrativo, de capacitación, control y apoyo para el mantenimiento de las instalaciones no solo será mayor sino que limitará el tiempo y los recursos disponibles para el siguiente proyecto. A lo que se añade una mayor probabilidad de que el proyecto fracase en sus primeros cinco años.

Optimización de los recursos disponibles

Al existir más de dos mil millones de personas que necesitan ayuda para desarrollar un sistema seguro de agua potable y saneamiento, las organizaciones de servicio no se pueden dar el lujo de abordar este desafío de manera ineficaz. Aunque Rotary tiene un número limitado de voluntarios y recursos financieros, cuenta con un historial y reputación de utilizar sólidos principios y prácticas de gestión administrativa en sus emprendimientos humanitarios. El piloto POP aplica medidas para una mayor eficiencia y eficacia en su curso normal de acción, mediante los esfuerzos concertados de los clubes patrocinadores local e internacional y las autoridades y ONG locales), con una estructura de administración y apoyo centralizada en Rotary (WASRAG).

La asociación estratégica con organizaciones que tienen una visión compartida de proyectos sostenibles permitirá que la evaluación de las necesidades se realice por país o por región. Esta evaluación se centrará sobre un plan conjunto de acción con el fin de diseñar, financiar e implementar sistemas de agua potable y saneamiento con una cobertura del 100 por ciento de las áreas prioritarias, que contribuirá a optimización de los recursos limitados de las organizaciones que comparten la meta de suministrar sistemas seguros y sostenibles de agua potable y saneamiento. Este enfoque es parte del programa piloto POP que empezó en julio de 2012.

Uso de este documento de aprendizaje electrónico para planificar e implementar proyectos sostenibles

Las directrices técnicas de WARSAG —*Pautas para la Planificación de Proyectos Hídricos Sostenibles y Selección de Tecnologías Adecuadas* y las *Pautas para la Selección de Proyectos Sostenibles de Sanidad e Higiene*) son el primer paso de este nuevo programa de aprendizaje electrónico. Este documento reseña los siguientes puntos:

- Evaluación de las fuentes de suministro de agua
- Evaluación de la calidad del agua
- Evaluación y selección de tecnologías adecuadas de tratamiento
- Planificación e implementación de un proyecto
- Control de rendimiento del proyecto implementado

El documento ha sido preparado para rotarios con niveles básicos de comprensión sobre el tema del manejo de aguas, aunque también orienta al lector hacia niveles más avanzados de diseño y operación.

Después de tomar parte en este programa de aprendizaje electrónico, los participantes tendrán acceso a los expertos técnicos del Grupo de Acción Rotaria para Agua y Saneamiento (WASRAG), a través del programa “Preguntar a un Experto”. Los participantes podrán contactarse con profesionales de amplia experiencia en el tema en cuestión.

RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIALES

Introducción

El agua superficial es el primer contacto directo de la humanidad con el agua. Se presenta en forma de lluvia, ríos, lagos y océanos. No sorprende que la gran mayoría de seres humanos viva cerca de un cuerpo de agua superficial. En las siguientes páginas se ofrece una perspectiva general sobre los recursos hídricos superficiales y cómo pueden aprovecharse como fuente de agua potable, especialmente en el mundo en desarrollo donde los rotarios dedican mucho tiempo y energía en emprendimientos humanitarios. Esta información proviene mayormente de Wikipedia (http://en.wikipedia.org/wiki/Water_resources#Surface_water).

¿Se nos está acabando el agua?

Ésta es una pregunta muy frecuente. La respuesta es negativa. Hay la misma cantidad de agua sobre la tierra que a fines de la última edad del hielo, hace 10 a 12 mil años. El agua cubre el 70,9% de la superficie de la tierra y es vital para todas las formas de vida conocidas.

El 96,5% del agua del planeta se encuentra en los océanos; el 1,7% en aguas subterráneas; el 1,7% en glaciares y en los casquetes polares de la Antártida y Groenlandia; una pequeña fracción en otras masas de agua significativas; y 0,001% en el aire en forma de vapor, nubes (formadas de partículas sólidas y líquidas suspendidas en el aire) y precipitación.

Sólo el 2,5% del agua de la tierra es dulce, y el 98,8% de la misma se encuentra en el hielo y las aguas subterráneas. Menos del 0,3% de toda el agua dulce del planeta se encuentra en ríos, lagos (aguas superficiales) y en la atmósfera; y una fracción aún menor (el 0,003%) se encuentra en cuerpos biológicos y productos fabricados.

El agua potable segura es esencial para los seres humanos y otras formas de vida. En las últimas décadas, el acceso a agua potable segura ha mejorado en casi todo el mundo; pero cerca de mil millones de personas aún viven sin agua segura, y más de 2.500 millones sin saneamiento apropiado. Existe una clara correlación entre el acceso al agua potable segura y el producto interno bruto (PIB) per cápita. No obstante, algunos analistas calculan que para el año 2025 más de la mitad de la población mundial enfrentará una mayor vulnerabilidad en cuanto a su acceso al recurso hídrico. Según un informe reciente, para el 2030 la demanda superará 50 veces la oferta de agua en algunas regiones del mundo. Aproximadamente el 70% del agua dulce que usa la humanidad se destina a la agricultura.



El ciclo del agua (conocido científicamente como el ciclo hidrológico) se refiere al intercambio continuo de agua dentro de la hidrósfera y entre la atmósfera, la humedad del suelo, las aguas superficiales (incluidos océanos, hielo, ríos y lagos), el agua subterránea y las plantas.

El agua se desplaza perpetuamente por cada una de esas regiones en el ciclo de agua, formado por los siguientes procesos de transferencia:

1. Evaporación de océanos y mares al aire y transpiración de plantas y animales terrestres al aire;
2. Precipitación del vapor de agua que se condensa en el aire y cae a la superficie del suelo o al mar;
3. Escorrentía del agua por la superficie del suelo, generalmente hasta desembocar en el mar.

La mayor parte del vapor de agua sobre los océanos regresa a los océanos, pero el viento transporta vapor de agua sobre la superficie terrestre al mismo ritmo en que la escorrentía desagua en el mar, alrededor de 45 billones de toneladas anuales. En la superficie terrestre, la evaporación y la transpiración contribuyen 72 billones de toneladas adicionales al año. La precipitación, a una tasa de 119 billones de toneladas anuales sobre la superficie del suelo, se manifiesta de varias formas: las más comunes son la lluvia, la nieve y el granizo, con cierta contribución de la niebla y el rocío. El agua que se condensa en el aire (en forma de nubes) es capaz de refractar luz solar y producir arco iris, así como atrapar la energía solar evitando que ésta vuelva a escapar al espacio, contribuyendo de esa manera al calentamiento global.

La escorrentía de agua con frecuencia se acumula en las cuencas que fluyen a los ríos. Parte del agua se desvía para la agricultura. Los ríos y mares ofrecen oportunidades de viaje y comercio. A través de la erosión, la escorrentía da forma a la superficie terrestre, cortando valles y formando deltas con suelos ricos y terrenos planos idóneos para el establecimiento de centros demográficos. Las inundaciones se producen cuando los ríos se desbordan y fluyen hacia áreas adyacentes generalmente bajas. Una sequía es un período prolongado de meses o años durante el cual la región sufre una deficiencia de precipitación, lo cual causa una menor disponibilidad del recurso hídrico.

¿Qué es el agua superficial?

Las aguas superficiales son las que se encuentran en los ríos, en lagos o humedales de agua dulce y en el hielo glaciar. Éstas se reabastecen naturalmente por medio de la precipitación y su pérdida se debe a la descarga a los océanos, la evaporación, la evapotranspiración y la infiltración en el suelo subsuperficial.

Aunque la única entrada natural a cualquier sistema de aguas superficiales es la precipitación dentro de su propia cuenca, la cantidad total de agua en ese sistema en un momento dado también depende de muchos otros factores, entre otros, la capacidad de almacenamiento de lagos, humedales y represas artificiales, la permeabilidad del suelo debajo de dichas masas de almacenamiento de agua, las características de escorrentía en la cuenca, cuándo se da la precipitación pluvial y las tasas locales de evaporación. Todos esos factores también afectan la proporción del agua que se pierde.

Las actividades humanas tienen un gran impacto sobre esos factores, a veces devastador. Los seres humanos frecuentemente aumentan la capacidad de almacenamiento del agua al construir represas, y la disminuyen al drenar humedales. Aumentan la cantidad y velocidad de la escorrentía al pavimentar áreas y canalizar el flujo de arroyos.

La cantidad total de agua disponible en un período dado es una consideración importante. Algunos usuarios humanos tienen una necesidad intermitente de agua. Por ejemplo, muchas fincas agrícolas necesitan grandes cantidades de agua durante las temporadas secas, y no la necesitan en absoluto durante las temporadas lluviosas. Para abastecer de agua a esa finca, un sistema de aguas superficiales requerirá de una gran capacidad de almacenamiento para poder captar el agua a lo largo del año y descargarla en un corto período de tiempo.

No obstante, a largo plazo la tasa promedio de precipitación en una cuenca es el límite máximo de consumo promedio de las aguas superficiales naturales de esa cuenca.

Las aguas superficiales naturales se pueden incrementar importando aguas superficiales de otras cuencas mediante canales o acueductos. También se pueden incrementar artificialmente por otros medios, pero en la práctica esas cantidades son insignificantes. Los seres humanos también pueden causar la “pérdida” de aguas superficiales (volverlas inutilizables) por medio de la contaminación.

¿Cuál es el rendimiento estacional del agua en una región?

La disponibilidad de aguas superficiales fluctúa con las estaciones. La temporalidad se ve influenciada por la precipitación, temperaturas y otros fenómenos climatológicos. Por eso se tiene que tomar en consideración el rendimiento estacional de las aguas superficiales a la hora de planificar su recolección y preservación.

Una buena planificación debe reflejar respuestas rutinarias y de emergencia a fluctuaciones estacionales de las aguas superficiales.

Las sequías son desastres, por ejemplo, que se repiten periódicamente y requieren de una respuesta de emergencia, por lo que es importante entenderlas y tener planes de contingencia. Normalmente las respuestas de emergencia se centran en el envío de asistencia en forma de alimentos y apoyo humanitario para salvar vidas, lo cual incluye la rehabilitación de perforaciones, campañas de vacunación de emergencia, etc. Después de una sequía, se deben iniciar programas de rehabilitación, y luego regresar a las actividades ‘normales’ de desarrollo en varios sectores, como salud y educación. (Oxfam, “Disaster Risk Reduction in Drought Cycle Management: A Learning Companion,” <http://community.eldis.org/?233@@.59cdc973/10!enclosure=.59cf3bc9&ad=1>).

¿Cómo se puede reducir el impacto de las sequías?

El modelo para el Manejo de Ciclos de Sequía conceptualiza las sequías como ciclos con cuatro fases de advertencia: normal, alerta, emergencia y recuperación. Considerarlas como un proceso cíclico en lugar de un evento aislado precedido y seguido por actividades de desarrollo ‘normales’ ofrece claras ventajas (Oxfam, “Disaster Risk Reduction in Drought Cycle Management: A Learning Companion,” <http://community.eldis.org/?233@@.59cdc973/10!enclosure=.59cf3bc9&ad=1>).

Algunos de los beneficios de integrar este modelo a la programación son los siguientes:

- Optimiza el momento oportuno, la idoneidad y la eficacia del trabajo, asegurando que las actividades se ajusten a la etapa actual del ciclo de sequía.
- Brinda un marco común dentro del cual todos los trabajos humanitarios, de desarrollo y de incidencia política se pueden alinear para reforzarse mutuamente.
- Reduce la prominencia de actividades tradicionales de socorro, y hace hincapié en la necesidad de atenuar los desastres y tomar medidas preventivas.

La Reducción del Riesgo de Sequías (*DRR, Draft Risk Reduction*) es un valioso método para analizar los programas humanitarios, de desarrollo y de incidencia política, a fin de mejorar su calidad y eficacia al trabajar con el colectivo más vulnerable.

El riesgo se reduce con mayor eficacia cuando los principios de Reducción de Riesgo de Sequías se internalizan dentro de una programación de mayor alcance. Estos principios se deben considerar en cada etapa del ciclo del programa.

Los resultados esenciales de este proceso deben incluir un entendimiento de:

- El alcance e importancia relativa de los peligros que afectan a la población en cuestión;
- Los riesgos prioritarios expresados por la comunidad;
- Los grupos en mayor riesgo de ser gravemente afectados;
- Por qué algunos grupos resultan más afectados que otros (incluido un análisis de capacidad de todas las partes, en particular de la comunidad misma);
- Por qué algunos grupos tienen menor resistencia que otros;
- Actividades complementarias para reducir riesgo y vulnerabilidad y mejorar la capacidad de resistencia y respuesta de las comunidades;
- Un plan de acción (por ejemplo, un plan de manejo de desastres de la comunidad).

De importancia clave para integrar el Manejo de Ciclos de Sequía a programas en áreas áridas y semiáridas es familiarizarse con el programa “A Prueba de Sequías”, lo cual implica que todos los equipos del programa tienen que tomar en consideración cómo se continuará o modificará las intervenciones en el (muy probable) caso de una sequía (Oxfam, “Disaster Risk Reduction in Drought Cycle Management: A Learning Companion,”

<http://community.eldis.org/?233@@.59cdc973/10!enclosure=.59cf3bc9&ad=1>). Como mínimo deberá asegurarse de que:

- Las propuestas de proyectos incluyan opciones para una gama de actividades en las diferentes etapas del ciclo de sequía;
- Los presupuestos incluyan montos de contingencia para actividades adicionales o ampliadas que puedan requerirse durante la sequía;
- El personal del proyecto tenga las destrezas y capacitación necesarias para implementar tanto las actividades de desarrollo como las humanitarias, según lo dicten las circunstancias;
- y
- Se incorpore al proceso de toma de decisiones del programa, la información proveniente de sistemas de advertencia temprana, ya sean externos o internos, aún en casos en que el enfoque del programa no apunte directamente a la respuesta a situaciones de peligro. Por ejemplo, un proyecto de educación deberá incluir de todas maneras información de advertencia temprana sobre sequías o inundaciones para implementar sus respectivos planes de contingencias.

Es imprescindible contar con información sólida para la programación del Manejo de Ciclos de Sequías, tanto para identificar la etapa del ciclo de sequía, como para examinar y evaluar la aptitud de las intervenciones (Oxfam, “Disaster Risk Reduction in Drought Cycle Management: A Learning Companion,”

<http://community.eldis.org/?233@.59cdc973/10!enclosure=.59cf3bc9&ad=1>).

Las siguientes recomendaciones asegurarán la calidad de los sistemas de manejo de información:

- *Mejorar el seguimiento externo de contexto.* Pasar de un seguimiento y sistema de evaluación por proyecto a uno de manejo de información integral ayudará al personal del proyecto a entender cómo el contexto externo afecta sus actividades de programación. Por ejemplo esto puede incluir recopilar información que muestre los cambios en la condición económica de la comunidad (clasificación de riqueza), tener acceso al uso de activos productivos, infraestructura y mapeo de recursos, así como cambios de normativa o regulaciones.
- *Recopilar la información idónea.* La mayoría de los programas recopilan demasiada información. Los programas tienen que examinar las decisiones que se tomen para ejercer influencia, y ver qué información se requiere para ese propósito. De esa manera se puede recopilar solamente la información necesaria.

La lista a continuación subraya posibles componentes e intervalos para recopilar información.

- *Asegurar que los sistemas de información se basen en unos cuantos indicadores inteligentes.* Una sola estrategia con metas y objetivos compartidos es un elemento clave del 'Enfoque de Programa Único'. El progreso hacia esas metas y objetivos se mide por medio de un número reducido de objetivos e indicadores acordados. Los indicadores deben estar claramente relacionados con la lógica del programa y deben hacer referencia a vulnerabilidades y capacidad de resistencia. El uso de indicadores similares que requieran información diferente, o demasiados indicadores, reduce las posibilidades para la recopilación de información y que el seguimiento y la evaluación brinden la información necesaria para tomar decisiones.
- *Aumentar la capacidad de usar, analizar y responder a información.* Con frecuencia la cantidad de información no es el problema, sino la brecha crítica entre la calidad y el uso de esa información.
- *Crear una organización de aprendizaje.* Es fundamental registrar y compartir información entre los miembros del personal de diferentes programas y entre los programas de diferentes áreas o países.

¿Qué es el USO CONJUNTIVO de aguas y para quién puede reducir esta práctica los impactos de las sequías?

En muchas partes del mundo, las sequías y las temporadas lluviosas vienen en ciclos cuasi-predecibles. "Cuasi" quiere decir que es posible predecir con un margen de un año o dos cuándo se repetirá una u otra parte del ciclo seco-lluvioso. Lo que es más difícil de predecir es la magnitud y duración del período lluvioso o del período seco. Por ejemplo, en California se pueden anticipar fuertes sequías que duran de 2 a 4 años más o menos cada 10 años. Al entender esto, los ingenieros hidráulicos pueden planificar el uso de tecnologías adecuadas que permitan el consumo de agua durante las épocas de sequía y su recolección y almacenamiento durante los períodos lluviosos.

Cuando la cantidad de agua disponible durante los ciclos secos y lluviosos limita el suministro de agua a una región, se puede implementar un programa de **uso conjunto**, lo que significa que durante épocas de sequía, cuando la disponibilidad de agua superficial es limitada (el agua en lagos y represas se agota y los ríos se secan), el agua se extrae del subterráneo por medio de pozos. Cuando regresa el período lluvioso, se usan nuevamente las aguas superficiales como principal suministro, y se empieza a reponer el agua subterránea agotada. Normalmente las aguas superficiales almacenadas duran de uno a dos años antes de agotarse en períodos que no llueve mucho. Por otro lado, el agua subterránea almacenada puede durar varios años antes de bajar el nivel del agua freática a niveles críticos (por debajo de los puntos de bombeo en los pozos de agua).

Cuando llueve después de ciclos extrema pluviosidad/sequía, se debe considerar el uso conjuntivo de los recursos hídricos. Aunque esto crea una solución más compleja para resolver el problema de suministro de agua, tiene la ventaja de ser más sostenible y mejor para el crecimiento económico y la prosperidad a largo plazo.

¿Qué significa Rendimiento Total Sostenible?

Antes que una región pueda crecer y prosperar, se tiene que determinar la cantidad de agua disponible en ella, tanto de aguas superficiales como de aguas subterráneas. Sólo así se puede determinar el límite de su crecimiento. Esta cantidad final de agua disponible se llama **“Rendimiento Total Sostenible”**. El rendimiento sostenible deberá ser calculado por un ingeniero hidráulico: con frecuencia el país anfitrión del proyecto contrata a ingenieros hidráulicos con los conocimientos necesarios para ayudar en la planificación de sus recursos hídricos. A continuación presentamos la definición de Rendimiento Sostenible de Aguas Superficiales:

- El recurso hídrico total menos los requisitos ambientales de consumo
- Ríos con regímenes de caudal ambiental establecidos: rendimiento actual
- Zona húmeda: veinte por ciento de rendimiento desviable (caudal anual promedio)
- Zona árida: cinco por ciento de rendimiento desviable, definido como la cantidad que toma en cuenta el requisito de caudal ambiental
- Diferencia entre el caudal anual promedio y el caudal ambiental estimado
- Niveles de cantidades promedio de agua por año (equivalente a rendimiento desarrollado)
- Distribución de volumen mientras los estudios detallados de requisitos hídricos ambientales están pendientes
- Rendimientos reportados que consideran los posibles escenarios de desarrollo y la aplicación de factores objetivos de gestión (incluidos los recursos hídricos ambientales) para el consumo.

A fin de determinar la disponibilidad de aguas superficiales para el consumo humano y la producción de alimentos, se deberá ejecutar la debida gestión de los recursos hídricos que incluye:

- Planificación de los recursos hídricos
- Expansión del rendimiento a partir de aguas superficiales existentes
- Análisis de rendimiento seguro
- Protección de recursos hídricos superficiales
- Evaluación y extracción de aguas superficiales
- Derechos hídricos y adquisición de recursos
- Manejo de calidad de agua

Los métodos que se practican para determinar rendimientos sostenibles son:

- Cálculo simple
- Cálculo analítico simple
- Modelización numérica detallada

Existe una fuerte correlación entre las variaciones climáticas y el rendimiento de los cuerpos de aguas superficiales. La lluvia aporta la mayor contribución, y su contribución positiva tiene una alta relevancia estadística. Tal como se explicó en la sección anterior con respecto al uso conjuntivo, la implicación de esta conclusión para el rendimiento de agua es que los años con buena precipitación pluvial mejoran el rendimiento del agua, mientras que los años de baja precipitación pluvial o de sequía disminuyen sus rendimientos. Como las tendencias climáticas recientes sugieren cada vez una mayor sequedad, es importante que se desarrollen una serie de estrategias para resolver problemas reales y posibles de escasez de agua. Algunas de esas estrategias se enumeran a continuación:

- A nivel doméstico, los usuarios pueden empezar por adaptarse a un suministro limitado de agua para lograr un uso más eficaz de este recurso.

- En el sector agrícola, se deberá dar preferencia a métodos de irrigación que conservan agua como el riego por goteo o el uso de regaderas o cántaros, en lugar del riego por aspersión, que consume más agua.
- Como práctica generalizada, también se deberán cubrir los cultivos con mantillo para reducir la evapotranspiración del suelo.
- A nivel de política, los gobiernos deberán hacer un esfuerzo concertado para transferir agua de regiones con cuencas abundantes (con superávit de suministro de agua) a regiones con cuencas limitadas, mediante conductos de transferencia entre cuencas. Se recomienda el uso de conductos porque estos reducen el riesgo de evaporación durante su traslación frente al uso de canales o acueductos.
- Se deben emprender programas masivos de forestación para moderar las condiciones meteorológicas y el clima de la región, estabilizar el ecosistema, mejorar el régimen hidrológico, mejorar el rendimiento de las aguas en represas, detener la migración de dunas (donde corresponda), reducir la frecuencia de sequías e invertir la tendencia hacia una mayor sequedad.
- Uso conjuntivo de los recursos de aguas superficiales y subterráneas.

Para Seguimiento y Evaluación (*Monitoring and Evaluation - M&E*) se recomienda examinar los sistemas propuestos por el Grupo Independiente de Evaluación del Banco Mundial – “How to Build M&E Systems” (“Cómo Establecer Sistemas de Seguimiento y Evaluación”) de Keith Mackey.

¿Cuáles son las consideraciones de calidad de agua para los recursos hídricos superficiales?

Esta sección ofrece un breve vistazo de cómo la calidad del agua puede afectar las aguas superficiales. El material presentado en esta sección es de un artículo en Wikipedia (en inglés) sobre la calidad del agua (http://en.wikipedia.org/wiki/Water_quality). Más detalles sobre estándares de calidad de agua y los impactos de diferentes contaminantes aparecen en la sección de este documento titulada Calidad del agua.

La calidad del agua incluye sus propiedades físicas, químicas y biológicas. Es una medición de la condición del agua frente a los requisitos de una o más especies bióticas, así como al contacto primario o consumo humano, que se usa de manera referencial para establecer criterios, estándares y objetivos de calidad de agua, cuyo cumplimiento sea verificable. Los estándares más comunes que se usan para evaluar la calidad del agua están relacionados con la salud de los ecosistemas, la seguridad de contacto primario y el agua potable.

Para el consumo humano, los contaminantes que se pueden encontrar en aguas no tratadas incluyen microorganismos como:

- Virus y bacterias
- Contaminantes inorgánicos como sales y metales
- Contaminantes químicos orgánicos procedentes de procesos industriales y uso de petróleo
- Plaguicidas y herbicidas
- Contaminantes radioactivos

La calidad del agua depende de la geología y el ecosistema local, así como de su uso humano (sistemas de desagüe, contaminación industrial y el uso excesivo que pueden reducir el nivel del agua).

Los estándares primarios regulan sustancias que pueden afectar la salud humana; y los secundarios requieren las calidades estéticas (que afectan el sabor, olor o apariencia).

Las regulaciones que establecen límites para los contaminantes presentes en el agua tienen como propósito proteger la salud humana. Es aceptable que el agua potable contenga cantidades pequeñas de algunos contaminantes; la presencia reducida de dichos contaminantes no indica que el agua presente un riesgo para la salud.

Es incierta la calidad del agua no tratada que es extraída directamente de un arroyo, lago o acuífero. Las aguas superficiales generalmente tienen un menor contenido de minerales. Por otro lado, contienen muchos más contaminantes y pueden no ser aptas para el consumo humano a menos que se les dé el tratamiento debido.

La contaminación del agua proviene de muchas fuentes. Las municipalidades e industrias a veces arrojan desechos y aguas negras a masas de agua que se usan como suministro público de agua. Ésta es una fuente de contaminación muy grave. La escorrentía sobre la superficie también arrastra lodo, hojas y vegetación descompuesta a los arroyos y lagos, así como excrementos humanos y de animales. Estos desechos orgánicos propician la producción de algas y bacterias nocivas.

En muchos países y comunidades, mayormente en regiones en desarrollo, muchas veces no hay una debida separación entre los recursos hídricos y los sistemas para aguas residuales o negras.

Muchos creen que los ríos y arroyos se purifican a sí mismos a lo largo de un caudal de unos 30 kilómetros. Pero eso no se debe dar por sentado, aunque la naturaleza sí reduce la contaminación orgánica de varias maneras como:

- Las bacterias y las algas consumen grandes cantidades de desechos orgánicos. Microorganismos más grandes devoran bacterias y algas; y, a su vez, esos microorganismos fuentes de alimento para peces y otras formas superiores de vida animal.
- A menos que el régimen del caudal sea demasiado alto, el lodo y la materia suspendida se asienta naturalmente al fondo, y la oxidación reduce el impacto que causa la materia orgánica. Los lechos rugosos de ríos y arroyos y los canales de desagüe aceleran ese proceso.
- Debido a sus rayos ultravioletas, la luz solar también tiene un efecto germicida sobre el agua. La luz solar no es constante por condiciones nubladas, y no está disponible de noche.

Por lo general, los lagos y embalses (especialmente los grandes) arrojan un contenido de sólidos disueltos bastante constante. Como son relativamente más estáticos que las masas de agua en movimiento, los lagos y embalses son cuencas de asentamiento muy eficientes, y como consecuencia, son menos turbias que las aguas corrientes.

Las masas de agua significativas con frecuencia se ven sometidas a cambios estacionales que hacen que el agua se vuelva bastante turbia por un tiempo. Las tormentas fuertes también revuelven los ríos, lagos o embalses, haciendo que sus aguas se enturbien.

Para suministrar el agua debida para cada tipo de demanda, así se trate de una autoridad sanitaria o un hogar, se deben considerar dos importantísimos factores:

- ¿Qué indica el análisis del suministro de aguas crudas?
- ¿Qué uso final se le dará al agua?

Se debe monitorear por un período de tiempo cualquier posible fuente de agua para consumo humano:

- *Contaminantes primarios*
 - coliformes Totales y Fecales – Semanalmente por un año
 - Turbidez, Color, Olor, Temperatura, Sólidos Suspendidos y Disueltos Totales - Mensualmente
- *Contaminantes secundarios*
 - Total de Carbono Orgánico – Por estación
 - Serie de Nitrógeno (nitratos, nitritos, amoníaco) – Mensualmente
 - Algas – Mensualmente todo el año en las entradas, principales tributarios y en una o más ubicaciones en la masa de agua.

El análisis de una fuente de agua puede mostrar que contiene:

- Minerales disueltos
- Gases disueltos

- Turbidez y sedimentos,
- Color y materia orgánica,
- Sabor y olor, y/o
- Microorganismos.

Que estas impurezas sean dañinas en una situación dada depende de:

- La naturaleza y cantidad de impurezas
- La tolerancia permitida para cada una de las impurezas
- El uso final del agua.

Se debe hacer un seguimiento continuo a la calidad de las aguas superficiales y preparar los siguientes informes:

- Informes mensuales de seguimiento y control
- Informes trimestrales de seguimiento y control
- Informes anuales de calidad de agua
- Evaluación de calidad de aguas superficiales de línea de fondo
- Plan de gestión de aguas superficiales

Un técnico local u otra persona idónea deberán recibir capacitación para llevar a cabo los análisis de rutina y entregar la información o resultados relevantes a las autoridades. Deberán prepararse e implementarse procedimientos apropiados.

¿Cómo afecta la distancia a la fuente de abastecimiento el uso de los recursos hídricos superficiales?

En los países desarrollados, el gobierno provee agua en los puntos de demanda por medio de sistemas de traslación y distribución. En muchos países en desarrollo, mayormente en áreas rurales, puede no haber agua disponible cerca de las comunidades, y ésta se debe trasladar largas distancias usando diferentes tipos de recipientes cargados manualmente por los lugareños. La falta de conductos de traslación adecuados, bombas, electricidad, instalaciones de almacenamiento y hábitos tradicionales – son todos factores dominantes en la deficiencia de la cadena de suministro de agua.

Las consecuencias de la distancia de las fuentes de agua a los puntos de consumo son:

- Suministro inadecuado de agua
- Desaprovechamiento excesivo de tiempo y energía en el acarreo de agua (especialmente por las mujeres y los niños)
- Abastecimiento inadecuado de agua que traen como consecuencia enfermedades causadas por falta de higiene personal

Sólo en África, la gente camina 40 mil millones de horas anuales para conseguir agua. Las mujeres y los niños son los que generalmente están a cargo del acarreo del agua, y deben caminar muchos kilómetros a la fuente más cercana, agua que no está protegida y puede enfermarlos (Charity:Water, <http://www.charitywater.org/whywater/>). Algunos efectos de esta práctica son:

- El tiempo perdido en caminar y las enfermedades resultantes que hacen que los niños no vayan a la escuela o que las mujeres trabajen y atiendan a sus familias.
- A lo largo de su larga caminata, están sometidos a un mayor riesgo de hostigamiento y agresión sexual.
- Cargar latas de agua por distancias largas desgasta su columna vertebral y muchas mujeres sufren de dolor de espalda desde muy jóvenes.
- Los niños que acarrean cargas pesadas por distancias largas están expuestos a lesiones.
- Con agua segura a la mano, las mujeres pueden buscar nuevas oportunidades y mejorar las vidas de sus familias. Los niños pueden recibir una educación y construir el futuro de sus comunidades.

La evaluación del tiempo dedicado al acarreo de agua se puede hacer de diferentes maneras y con diferentes métodos; pero el más sencillo es calcular la cantidad diaria que necesita un hogar y la comunidad, multiplicada por el volumen de agua acarreado en un viaje, el tiempo necesario para un viaje de ida y vuelta y el tiempo resultante invertido en el proceso.

Es difícil calcular el impacto que tiene acarrear agua en la salud de la persona ya que debe asignarse un valor cualitativo. Por otro lado, se puede asignar un valor económico al tiempo que la gente no pasa acarreado agua, puesto que podría aprovecharlo para actividades productivas.

Manera para reducir el acarreo manual de agua a largas distancias:

- Perforaciones básicas cerca de la comunidad que tiene la demanda de agua, suponiendo que hay un acuífero suficiente en la cercanía. Dicha perforación funcionará a base de un bombeo manual o un dispositivo similar, y no a base de electricidad que por lo general no está disponible o utilizando herramientas más sofisticadas que pueden requerir mantenimiento (ver la siguiente sección, “Aguas subterráneas”).
- Desarrollo de medios de transporte – conductos o canales abiertos revestidos de concreto— para llevar el agua al punto de demanda. Dichos sistemas aumentan al máximo el uso del flujo por gravedad, aprovechando las condiciones topográficas y reducen al mínimo el uso de fuentes externas de energía
- Desarrollo de la capacidad de almacenamiento basado en aguas superficiales, las cuales después de recibir el debido tratamiento, puede reemplazar el acarreo de agua de fuentes lejanas.

Estos planes sencillos elaborados localmente deberán desarrollarse en cooperación con los líderes de la comunidad, con gente que será capacitada y puesta a cargo la operación, y con un seguimiento para evaluar y mejorar su funcionalidad.

¿Cómo se determina la capacidad de almacenamiento de los recursos hídricos superficiales?

El acceso confiable al agua para millones de pequeños agricultores es la diferencia entre tener seguridad de alimentos o hambruna. Para millones de personas que dependen de la precipitación pluvial como fuente de agua potable y uso agrícola, el acceso confiable al agua significa la diferencia entre padecer enfermedades crónicas y hambre, y lograr un progreso constante hacia una vida más saludable y seguridad de alimentos (International Water Management Institute, *Flexible Water Storage Options*, http://www.iwmi.cgiar.org/Publications/Water_Policy_Briefs/PDF/WPB31.pdf).

La respuesta clásica hasta el momento ha sido almacenar agua en represas, tanques o lagunas durante períodos de abundancia, y conservarla para tiempos de escasez.

El almacenamiento de agua impulsa el crecimiento económico y ayuda a aliviar la pobreza, al permitir el suministro de agua al momento y lugar en que se necesita. Hoy, muchos países en desarrollo—aún aquellos con agua abundante—tienen una capacidad insuficiente de almacenamiento de agua.

La incapacidad de almacenamiento hace que los pequeños agricultores sean vulnerables ante los efectos del cambio climático. Esto mayormente afecta a los agricultores que dependen de la agricultura pluvial. La falta de una infraestructura de almacenamiento limita la capacidad de los pequeños agricultores para resistir sequías e inundaciones.

Por lo tanto, existe una necesidad urgente de inversiones puntuales en almacenamiento de agua, para aumentar la disponibilidad de agua segura y una mayor productividad agrícola. De esa manera se asegura que la gente tenga opciones para adaptarse a los arduos efectos del cambio climático.

Durante la temporada lluviosa, la precipitación que sobrepasa las cuencas de captación se convierte en escorrentía y se concentra en lagunas naturales donde los suelos son lo suficientemente impermeables para evitar filtraciones. La mayoría de dichas lagunas se seca en cuestión de semanas

después del final de la temporada de lluvias, debido al efecto combinado de la evaporación e infiltración (Food and Agriculture Organization of the United Nations, Corporate Document Repository, <http://www.fao.org/docrep/R7488E/r7488e06.htm>).

Sin embargo, la sedimentación de las lagunas y su ubicación muchas veces dificultan el uso racional de las aguas superficiales, por lo que necesario mejorar las condiciones naturales de almacenamiento. Al llenarse de arena, la capacidad de almacenamiento de las lagunas disminuye hasta volverse insignificante, por lo que el número de lagunas utilizables es cada vez menor. Este fenómeno se agrava con el pastoreo excesivo y la concomitante desertificación del área, que hace que las capas superiores del suelo sean cada vez más susceptibles a la erosión por viento y agua.

Los principales propósitos del desarrollo de recursos hídricos superficiales son: aumentar la capacidad de almacenamiento de lagunas naturales para así extender su período útil, y crear nuevas represas de aguas superficiales para mejorar los recursos de pastoreo.

No obstante, un suministro permanente de agua rara vez es deseable por los siguientes factores:

- En regiones áridas y semiáridas, los coeficientes de escorrentía varían en proporción inversa al tamaño de la cuenca. Cuanto más grande la cuenca de captación, menor el coeficiente de escorrentía. Por lo tanto, la cantidad de agua que se puede recolectar interceptando la escorrentía generalmente es pequeña.
- La evaporación es alta y puede exceder los 2 m/año, lo cual corresponde a la profundidad máxima de la mayoría de las lagunas, aún después de éstas haber sido profundizadas.
- La filtración también contribuye a la pérdida de agua en represas superficiales; y las técnicas de revestimiento (con láminas de plástico o goma) son demasiado costosas y difíciles de mantener en países en desarrollo.
- Las represas superficiales permanentes en climas calurosos están mucho más expuestas a riesgos contra la salud; a diferencia de lagunas no permanentes donde las enfermedades parasíticas son mucho menos comunes.

Una represa excavada es una de las más sencillas de construir, y el único tipo de represa de tierra que se puede construir de manera económica en terrenos relativamente planos. El hecho que la capacidad de estas represas se obtiene por excavación limita su tamaño práctico, y son más adecuadas para lugares donde basta una represa relativamente pequeña, donde hay mucha escorrentía y donde predominan suelos no porosos o impermeables.

Como tienen expuesta una cantidad mínima de área superficial en proporción a su volumen, estas represas son convenientes en áreas donde las pérdidas por evaporación son altas y el agua es escasa. La facilidad con que se pueden construir, su carácter compacto, su seguridad ante daños por inundación, su flexibilidad de ubicación y sus bajos requisitos de mantenimiento hacen que su uso sea popular en la mayoría de las áreas semiáridas.

Las lagunas naturales mejoradas también se incluyen en la misma categoría de almacenamiento de aguas superficiales.

Las represas excavadas son preferibles si están ubicadas en el área topográficamente baja de cuencas con drenaje cerrado, o en cuencas altas donde la divisoria de aguas es baja y la topografía no es escarpada. En algunas áreas, antiguas dunas de arena, ahora fijadas por vegetación, forman áreas cerradas ideales.

En algunas regiones, las represas excavadas llegan hasta el nivel freático y pueden volverse más o menos permanentes.

Las represas excavadas grandes básicamente son dispositivos de “cosecha de aguas”, pero el término por lo general se usa para almacenamientos menores donde se da tratamiento al área de desagüe de tributarios para aumentar la escorrentía. Los métodos básicos para escoger un área de drenaje y volumen de almacenamiento son los mismos.

A una laguna o embalse, por bien que haya sido planeada y construida, necesita mantenimiento para conservar su capacidad de almacenaje, así como el buen funcionamiento de las instalaciones a lo largo de su vida útil. Cuando se acerca, una laguna requiere de un mantenimiento permanente que asegure la integridad de la cerca durante todo el período que haya agua en el embalse.

En el caso de lagunas no cercadas, el objetivo principal de mantenimiento es eliminar los materiales transportados por el viento o el agua que se va acumulando y reduce la capacidad de almacenamiento de la laguna. Esta operación es necesaria cada 4 a 5 años.

En los hogares se recomienda guardar agua en recipientes de plástico, cerámica o metal con las siguientes características que sirven como barreras físicas a la contaminación (Centers for Disease Control and Prevention, *Safe Water Storage*, <http://www.cdc.gov/safewater/storage.html>):

- Una apertura pequeña con una tapa que no posibilite la introducción de objetos contaminados dentro del agua almacenada, como manos, tazas o cucharones;
- Una llave o pequeña apertura que permita un acceso fácil y seguro al agua, sin tener que poner las manos u otros objetos dentro del recipiente; y
- Un tamaño que se adecúe al método casero de tratamiento del agua potable, con instrucciones sujetas permanentemente al recipiente que permitan siempre usar el método seleccionado para su tratamiento y limpieza.

La evidencia parece sugerir que los recipientes seguros para almacenar agua (cuando no hay tratamiento del agua en el hogar) también sirven para prevenir la contaminación del agua potable durante su transporte y almacenamiento.

Las opciones de almacenamiento seguro recaen en tres categorías generales:

- Recipientes para almacenar agua ya existentes en el hogar;
- Recipientes para almacenar agua que se usan en la comunidad, modificados mediante un programa de intervención;
- Cisternas comerciales seguras.

Para determinar cuál es el recipiente de almacenamiento más adecuado, primero hay que establecer qué recipientes se están usando en la comunidad en ese momento para recolectar, transportar y almacenar el agua, ya que esos recipientes pueden ser seguros o fáciles de modificar.

Para almacenar agua potable es imperativo evitar el uso de cualquier recipiente que se haya utilizado previamente para transportar materiales tóxicos (como plaguicidas o productos de petróleo).

Por último, se deben desarrollar y recomendar mecanismos de limpieza apropiados al lugar—como el uso de jabón y cepillos, una solución de cloro o un abrasivo—para limpiar el recipiente regularmente.

Muchos sistemas de agua requieren algún tipo de almacenamiento. El almacenamiento es necesario--

- Cuando se cosecha lluvia para usarla como agua potable;
- En la mayoría de los sistemas de distribución donde el suministro continuo de la fuente es escasamente suficiente o no es suficiente para satisfacer la demanda diaria;
- Cuando un solo pozo sirve a toda una comunidad mediante un sistema de distribución. El almacenamiento asegura que una cantidad de agua adecuada siempre esté disponible y que se proteja la calidad del agua.

Se deben considerar varios factores para determinar la necesidad de almacenamiento de agua:

- La fuente del agua,
- La cantidad de agua disponible para el consumo
- La demanda de agua y los materiales disponibles, así como los recursos económicos de las familias de la comunidad.
- Disponibilidad de agua subterránea como fuente secundaria de suministro cuando las aguas superficiales son limitadas (para mayores detalles, ver la explicación anterior sobre el uso conjuntivo).

¿Se puede captar o cosechar el agua de lluvia para consumo humano?

Ésta es una descripción breve del uso de agua de lluvia como agua potable, tomada en su mayor parte de información suministrada por la Agencia para el Desarrollo Internacional de EE.UU., *Determining the Need for Water Storage Technical Note No. RWS.S.P.1* (<http://www.lifewater.org/resources/rws5/rws5p1.pdf>), Presentamos información más detallada en la sección titulada, “Captación o cosecha de agua de lluvia”.

El agua de lluvia se tiene que captar y almacenar si ha de ser usada para consumo humano. Para planear un diseño apropiado de almacenamiento, se debe recopilar la mejor información sobre los siguientes puntos:

- Cantidad de precipitación pluvial al mes
- Posible suministro de agua de lluvia disponible al mes
- La cantidad de agua que consume la familia.

Con esta información se puede calcular el tamaño de la cisterna.

La información sobre la precipitación promedio al mes se puede conseguir a través de una dependencia meteorológica nacional, las fuerzas armadas, o un aeropuerto. .

El potencial disponible de suministro de agua depende de la cantidad de precipitación y el área de la superficie de captación.

Idealmente las cisternas y barriles de almacenamiento deben ser lo suficientemente grandes como para guardar agua para todo el año. Cuando las condiciones económicas no lo permiten, deben adoptarse medidas especiales como el uso de jarras de almacenamiento. El agua se debe cosechar durante la temporada de lluvias y almacenar para su uso durante la temporada seca. Deben tomarse las precauciones necesarias para evitar la pérdida de agua por evaporación. A la hora de planear una cisterna o una represa de almacenamiento, vale la pena construir una cisterna del mayor volumen posible que permitan los recursos económicos disponibles. Esto es necesario cuando no hay ninguna otra fuente de agua disponible con los requisitos necesarios de cantidad, calidad, acceso y confiabilidad.

¿Cómo se determina la capacidad de almacenamiento de agua?

El almacenamiento de aguas superficiales es necesario para suministrar suficiente cantidad de agua para el consumo. Cuando se instalan pozos excavados a mano en un poblado, y el agua se extrae con baldes o bombas manuales, no es necesario ningún otro almacenamiento más que el que contiene el pozo. Cuando se forman embalses con represas, el agua a veces puede pasar de ese embalse a los usuarios sin tener que almacenarla. Por lo general se requiere algún tipo de almacenamiento para los sistemas que trasladan el agua por conducto a los usuarios. (U.S. Agency for International Development, *Determining the Need for Water Storage Technical Note No. RWS.S.P.1* (<http://www.lifewater.org/resources/rws5/rws5p1.pdf>)).

Para asegurar que haya una capacidad de almacenamiento adecuada para la población de la región es necesaria una debida planificación de la capacidad de almacenamiento. Deberán considerarse los siguientes factores a la hora de calcular la capacidad de almacenamiento requerida:

- La población que será servida por el sistema, tomando en cuenta el crecimiento demográfico.
- Demanda total diaria de agua de la comunidad. Esto se determina multiplicando el número de habitantes por el consumo diario per cápita. Deberá darse especial consideración a los períodos de mayor demanda (hora punta).
- Demanda por hora y demanda en hora punta.
- La duración del funcionamiento de la bomba por día.

A continuación se deberá calcular la cantidad de agua que la población consume a diario. Una buena aproximación sería suponer que el consumo promedio diario per cápita es de 110 litros (aunque en la mayoría de las regiones en desarrollo, el consumo per cápita es menor). La máxima demanda por hora

generalmente ocurre en la mañana, y hay una segunda hora menor en la tarde. La máxima demanda varía entre cuatro y cinco veces la demanda por hora.

Se debe determinar por cuánto tiempo la bomba estará en funcionamiento. En algunos casos, la bomba puede funcionar por unas horas en la mañana y unas horas en la tarde; o puede funcionar de manera continua por ocho a diez horas. En muchos casos, debido a la ausencia de electricidad u otra fuente de energía, las bombas son manuales y se hacen funcionar según sea necesario.

La capacidad de almacenamiento requerida es la suma del exceso de agua después de terminar el bombeo en horas avanzadas de la tarde y el volumen máximo requerido durante la mañana.

En suma, la mayoría de los sistemas de agua deben tener almacenamiento para que la gente pueda depender de una cantidad suficiente, una cierta calidad y un mejor acceso y confiabilidad del recurso hídrico (U.S. Agency for International Development, *Determining the Need for Water Storage Technical Note No. RWS.S.P.1* (<http://www.lifewater.org/resources/rws5/rws5p1.pdf>)). Cuando se utiliza la escorrentía de los techos, siempre es necesario contar con almacenamiento. El agua superficial o subterránea o ya cuenta con almacenamiento en su fuente, o se debe construir embalses para almacenarla.

El factor más importante para la planificación del uso del almacenamiento es determinar la capacidad del embalse. La capacidad debe bastar para satisfacer de manera adecuada todas las necesidades de agua de los usuarios a lo largo de todo el año. El objetivo mínimo debe ser proveer suficiente almacenamiento para satisfacer por lo menos la necesidad de agua potable. Si los recursos son escasos, quizás solo podrán satisfacerse esas necesidades básicas. A la hora de determinar la necesidad de almacenamiento para uso de una familia o pequeña comunidad, síganse los procedimientos esbozados a continuación.

¿Cómo se determina la necesidad de almacenamiento de agua para una familia de una comunidad pequeña?

La capacidad de almacenamiento de agua que necesita una familia de una comunidad pequeña se puede calcular ingresando la información en el siguiente formulario.

1. Identificar la fuente del suministro de agua: _____
2. Si es por captación de lluvia en el techo, determinar:
 - a. El área de captación _____
 - b. Número de usuarios _____
 - c. Materiales disponibles para la construcción de una cisterna o tanque de almacenamiento _____
 - d. Recursos económicos de la familia/comunidad _____
 - e. Calcular la capacidad del almacenamiento _____
 - f. Averiguar cuánta gente usa esta fuente como suministro de agua, y si el almacenamiento basta para satisfacer la demanda _____
 - g. Evaluar si la comunidad tienen los recursos suficientes para instalar algún tipo de almacenamiento _____
 - h. Determinar la capacidad de almacenamiento requerida _____
 - i. Escoger el método de almacenamiento más adecuado para la comunidad en vista de sus recursos y materiales disponibles (por ejemplo un tanque, o un tanque superficial o subterráneo) _____
3. Si la fuente de agua es superficial:

- a. Identificar la fuente de suministro _____
- b. Determinar el número de usos y calcular la demanda de agua usando 110 litros diarios per cápita _____
- c. Determinar si ya existe suficiente almacenamiento; por ejemplo un embalse y una represa pueden almacenar suficiente agua para satisfacer la demanda _____
- d. Determinar si se necesita almacenamiento o cuánto almacenamiento se requiere _____
- e. Escoger el diseño más apropiado teniendo en cuenta los materiales y recursos disponibles, así como necesidades y características topográficas _____

Es deseable proyectar una capacidad de almacenamiento que satisfaga las necesidades de futuros aumentos en la población y una mayor demanda de agua, lo que requerirá un compromiso considerable de financiamiento y materiales. Puede que esto no sea posible por falta de fondos, o porque los fondos sean asignados a necesidades más inmediatas de la comunidad. Un examen minucioso conducirá a las mejores decisiones de ingeniería y gestión. En todo caso, se pueden diseñar y construir lugares e instalaciones de almacenamiento que puedan ampliarse en el futuro al menor costo posible.

¿Cuáles son los procesos disponibles de tratamiento de aguas para recursos hídricos superficiales?

Para suministrar agua potable segura para consumo humano y reducir enfermedades transmitidas por el agua, es necesario someterla a un proceso de tratamiento. Las técnicas que se usan para el tratamiento de aguas en el mundo en desarrollo se examinan con mayor detalle en secciones posteriores, incluidos los filtros de bioarena, los filtros de membrana, los filtros de cerámica y la desinfección del agua.

Las opciones de tecnologías apropiadas para el tratamiento de aguas incluyen diseños de puntos de uso en escala de la comunidad, así como en escala doméstica (Wikipedia, *Water Treatment in Developing Countries*, http://en.wikipedia.org/wiki/Water_treatment#In_developing_countries). Todavía se ven unidades militares excedentes de tratamiento de aguas como la ERDLator en muchos países en desarrollo. Otros estilos militares más modernos como unidades de purificación de agua por ósmosis inversa son plantas de tratamiento de aguas completas y portátiles que cada vez están más disponibles para el público.

Para que la disminución de enfermedades transmitidas por el agua tenga efectos a largo plazo, los programas de tratamiento de aguas implementados por grupos de investigación y desarrollo en los países en desarrollo deben ser sostenibles por la población. Esto asegura la eficacia de dichos programas después de la partida del equipo de implementación, ya que su monitoreo es difícil debido a la ubicación remota de muchos proyectos.

A nivel mundial, se usa una combinación de los siguientes procesos para el tratamiento municipal o regional del agua potable (Wikipedia, *Water Treatment, Processes for Drinking Water Treatment*, http://en.wikipedia.org/wiki/Water_treatment#Processes_for_drinking_water_treatment):

- Pre-cloración – para el control de algas y detener cualquier crecimiento biológico
- Aireación – y pre-cloración para la eliminación de hierro y manganeso disueltos
- Coagulación – para floculación
- Agentes de coagulación, o poli electrolitos – para mejorar la coagulación y la formación de espumas más espesas
- Sedimentación – para la separación de sólidos, es decir la eliminación de sólidos suspendidos que están atrapados en el borbotón
- Filtración – eliminación de partículas del agua

- Desalinización – Proceso para eliminar la sal del agua
- Desinfección – para matar bacterias.
- Medios biológicos

No hay una sola solución (selección de procesos) para ningún tipo de agua. Además, es difícil estandarizar la solución en la forma de los procesos de tratamiento de aguas de diferentes fuentes.

Tienen que llevarse a cabo estudios de tratamientos para cada fuente de agua en diferentes estaciones para poder llegar a los procesos más apropiados.

Las tecnologías arriba mencionadas están bien desarrolladas, y hay disponibles diseños generalizados que son utilizados por muchas empresas públicas o privadas de servicio de agua. Además de las soluciones generalizadas, una serie de compañías privadas ofrecen soluciones de tecnologías patentadas.

¿Cómo se monitorean y evalúan los recursos hídricos superficiales?

La siguiente información proviene del libro “Ten Steps to a Results-Based Monitoring and Evaluation System” (“Diez pasos para un sistema de monitoreo y evaluación basado en resultados”) por J. Kusek y R. Rist, publicado por el Banco Mundial (<http://www.oecd.org/derec/worldbank/35281194.pdf>). El sistema de monitoreo y evaluación basado en resultados es una poderosa herramienta de gestión que puede ayudar a los responsables de formular políticas y de tomar decisiones a mantenerse al tanto del progreso y demostrar el impacto de un proyecto, programa o política en particular. El sistema de monitoreo y evaluación basado en resultados difiere de sistemas de implementación tradicionales en que va más allá de un énfasis sobre sus insumos y productos a un enfoque más amplio sobre desenlaces e impactos.

La implementación de un sistema de monitoreo y evaluación basado en resultados no es fácil. Requiere de un compromiso continuo, tiempo, esfuerzo y recursos; pero es factible. Una vez construido el sistema, el desafío es sostenerlo.

La implementación de tales sistemas implica superar muchos desafíos políticos, organizativos y técnicos.

La implementación y mantenimiento de tales sistemas es más un proceso político que técnico. No hay una sola forma correcta para implementar estos sistemas, y muchos países y organizaciones se encuentran en diferentes etapas de desarrollo con respecto a sus buenas prácticas de administración pública en general, y a sus sistema de monitoreo y evaluación en particular. Es importante reconocer que los sistema de monitoreo y evaluación basado en resultados son un trabajo en constante progreso.

La definición general del sistema de monitoreo y evaluación basado en resultados es:

- *El monitoreo* es una función continua que usa la recolección sistemática de información sobre indicadores especificados para darle a la gerencia y los principales interesados de una intervención de desarrollo ciertas indicaciones con respecto al progreso y logro de objetivos, así como el progreso en el uso de fondos asignados.
- La *evaluación* es la apreciación sistemática y objetiva de un proyecto, programa o política en curso o completado, incluyendo su diseño, implementación y resultados. El objetivo es determinar la relevancia y realización de objetivos, eficiencia en desarrollo, eficacia, impacto y sostenibilidad. Una evaluación debe ofrecer información verosímil y útil, que permita incorporar en el proceso de toma de decisiones las lecciones aprendidas tanto por los donantes como los beneficiarios.

El monitoreo provee información sobre *dónde* se encuentra una política, programa o proyecto en un momento dado (y con el tiempo) frente a sus respectivos objetivos y resultados deseados. Su intención es descriptiva.

La evaluación provee evidencia de *por qué* no se están logrando los objetivos y resultados deseados. Busca resolver problemas de causalidad. Aquí se hace particular hincapié en la expansión de los sistemas tradicionales de monitoreo y evaluación para enfocarse explícitamente sobre resultados e impactos.

La evaluación complementa el monitoreo en tanto que, cuando un sistema de monitoreo envía señales que los esfuerzos no van por el camino esperado (por ejemplo, que la población destino no está usando los servicios, que los costos se están acelerando, que hay una verdadera resistencia a adoptar una innovación, etc.), entonces una sólida información evaluativa puede ayudar a aclarar las realidades y tendencias notadas en el sistema de monitoreo.

Las medidas esenciales para un sistema de monitoreo y evaluación basado en resultados son formular resultados y objetivos:

- Seleccionar los indicadores de resultados que se van a monitorear
- Recopilar datos de base sobre la condición actual
- Establecer objetivos específicos y fechas para lograrlos
- Recopilar información regularmente para evaluar si se están alcanzando los objetivos
- Analizar y reportar los resultados.

Es necesario establecer indicadores clave de rendimiento para monitorear el progreso con relación a insumos, actividades, productos, resultados e impactos. Los indicadores pueden brindar retroalimentación continua y un caudal de información de rendimiento. Hay varias pautas para seleccionar indicadores útiles para el proceso. En última instancia, la articulación de buenos indicadores será un proceso iterativo.

Un modelo típico incluye el establecimiento de una línea de base de rendimiento—cualitativa o cuantitativa—que se pueda usar al comienzo del período de monitoreo. Las líneas de base establecen un punto de partida que servirá de fundamento para monitorear y evaluar los resultados posteriormente.

Es importante construir sobre el anterior el monitoreo y la evaluación anteriores e incluir la selección de resultados objetivos, es decir metas que se pueden seleccionar examinando los niveles de los indicadores de línea de base, y los niveles de mejora deseados.

Luego debe incluirse el monitoreo tanto de la implementación como de los resultados. El monitoreo de los resultados implica recopilar información de rendimiento de calidad, para lo cual hay pautas provistas. Punto seguido es esencial examinar los usos, tipos y el momento oportuno para la evaluación.

Todo lo anterior se debe resumir en un informe de conclusiones, que examina formas de analizar y reportar información útil para hacer mejoras durante el proceso de toma de decisiones sobre los proyectos, políticas y programas en cuestión.

También es importante usar las conclusiones para generar y compartir conocimiento y las lecciones aprendidas entre gobiernos y organizaciones.

Un último paso debe cubrir los desafíos para mantener los sistemas de monitoreo y evaluación basados en resultados, incluyendo la demanda, funciones y responsabilidades claras, información confiable y fidedigna, responsabilidad, capacidad e incentivos apropiados.

DESARROLLO DE PROYECTOS DE RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIALES

Introducción

Una fuente de aguas superficiales requiere de algún tipo de embalse o estructura de toma de aguas de la cual el agua luego se traslada por acequia o conducto a un sistema de tratamiento antes de suministrarla a una comunidad o región.

Una fuente subterránea requiere de un manantial perenne, pozo excavado o perforación en el suelo que permita bombear el agua subterránea a la superficie. El desarrollo de tales fuentes de suministro conlleva diferentes grados de pericia técnica, riesgo y costo.

El desarrollo de fuentes de aguas superficiales y aguas subterráneas puede ser muy complejo, y con toda probabilidad requiera de información técnica sofisticada. Sea cual sea la fuente seleccionada, el club debe contar con las destrezas técnicas y de ingeniería necesarias para seleccionar la fuente de suministro de agua más adecuada y garantizar un proyecto exitoso y sostenible.

Nótese que la cosecha de agua de lluvia, aunque técnicamente es una fuente de aguas superficiales, no se menciona en este informe; sino en otro informe del equipo de trabajo de Wasrag.

¿Qué constituye un proyecto de recursos hídricos superficiales?

Las fuentes de aguas superficiales incluyen lagos, ríos y arroyos. Por naturaleza, las fuentes de aguas superficiales pueden no ser tan convenientes como las fuentes subterráneas y podrían requerir de la construcción de un sistema de distribución entre la fuente de agua y su(s) punto(s) de uso. El suministro de aguas superficiales podría necesitar, además, tratamiento y desinfección. La variedad de tratamientos disponibles para el suministro de agua de una comunidad pequeña se ve limitada por consideraciones técnicas y financieras.

Los tratamientos más apropiados y generalizados son la abstracción, la sedimentación, la pre-filtración, la filtración con arena, la coagulación, la floculación y la sedimentación. Un almacenamiento preliminar en un embalse ayuda a garantizar un suministro continuo de agua a pesar de fluctuaciones en la demanda y la disponibilidad de la fuente de agua. El almacenamiento también puede proporcionar un medio económico de asentamiento de algunos de los sólidos suspendidos. El embalse puede ser ya sea un tanque grande o una represa.

La calidad microbiológica del agua potable se puede mejorar considerablemente protegiendo la fuente y dando tratamiento al agua cruda. Pero cuando las aguas crudas no tienen una calidad alta consistente, se requiere alguna forma de desinfección para asegurar que el suministro no contenga microorganismos nocivos (WHO, *Guidelines for Drinking Water Quality, Technical Interventions*, http://www.who.int/water_sanitation_health/dwg/2edvol3f.pdf). La desinfección es el mecanismo más eficaz para reducir la presencia de microorganismos en el agua para consumo humano. Los métodos de desinfección pueden ser físicos o químicos. Los métodos físicos incluyen hervir el agua y someterla a una irradiación ultravioleta. Los métodos químicos incluyen agregar ozono, o más comúnmente cloro y sus derivados. Sólo el cloro ha sido usado ampliamente para tratar los suministros de agua de las comunidades.

Los sistemas de aguas superficiales pueden ser más susceptibles a sequías que los sistemas de aguas subterráneas, razón por la cual no proporcionarían un suministro sostenible. Puesto que las fuentes de aguas superficiales son más complejas de desarrollar que las fuentes subterráneas, tanto en términos de construcción inicial como funcionamiento a largo plazo, los clubes rotarios patrocinadores deberían prestar atención especial a la sostenibilidad del proyecto.

¿Cuáles son las consideraciones iniciales de diseño?

Las consideraciones clave de diseño para fuentes de aguas superficiales incluyen las condiciones del emplazamiento, la calidad del agua, la posibilidad de construir un embalse y/o estructuras de toma de aguas a un costo asequible, la proximidad entre la comunidad y la fuente de agua, y la disponibilidad de materiales de construcción. Obviamente el tipo de estructura de embalse que se diseñará dependerá de la fuente de aguas superficiales, que de antemano deberá tener un suministro seguro de agua. Para el diseño del embalse se tomarán en cuenta factores importantes como la profundidad de la roca y si es apropiada para sostener la carga de fondo, requisitos de desagüe y la presencia de sólidos suspendidos o flotantes en el agua.

La segunda consideración tiene que ver con la comunidad, incluyendo a la población que recibirá el agua, el compromiso de líderes o usuarios de darle mantenimiento al proyecto. Toda la información es generada en base a consideraciones de ingeniería (confiabilidad, rendimiento, eficiencia y sostenibilidad). La siguiente presentación presupone que el diseño será desarrollado principalmente con una fuente fuera de obra (un arroyo o un embalse), que será trasladada a una instalación central de tratamiento antes de enviarla a puntos de acceso al agua en la comunidad. Los diseños de sistemas en la presente discusión son principalmente para áreas rurales en países en desarrollo donde prácticamente no existen ni siquiera niveles básicos de servicio.

¿Cuáles son las opciones de diseño?

El paso inicial del diseño de un suministro de aguas superficiales es identificar el punto de desviación, que puede ser un lago, río o arroyo. Es importante determinar si esta fuente está disponible todo el año, así como su susceptibilidad a las sequías o contaminación río arriba, que puede tener un impacto sobre el diseño y la ubicación de la estructura de desviación.

Desviación de aguas superficiales

Las estructuras de desviación pueden ser una toma de bomba, una represa de desviación o un arroyo lateral. Las tomas de bomba pueden estar al interior de una pequeña estructura apoyada sobre pilares, o al fondo de la fuente de agua superficial, con un sistema de bombeo a un arroyo lateral. Además el sistema de bombeo se puede colocar sobre un pilar o un cajón hidráulico construido dentro del cuerpo de agua superficial. Los sistemas de bombeo a arroyos laterales generalmente son mejores para fuentes de ríos o arroyos, porque la unidad de bombeo está protegida de inundaciones periódicas. Las bombas montadas sobre pilares generalmente son mejores para lagos o lagunas, aunque también se pueden usar sistemas de bombeo a arroyos laterales para esas fuentes de agua. Los sistemas de bombeo a arroyos laterales requieren que se cimiente una estructura especial de entrada al fondo de la fuente de agua, pero estos son materiales especiales que tienen que ser importados.

Las estructuras de desviación vienen a ser diques o instalaciones en arroyos laterales. Técnicamente el diseño y la construcción de diques es muy compleja, y generalmente el costo de construirlos correctamente es muy alto. Se tiene que construir los diques sobre ríos o arroyos para poder resistir inundaciones periódicas, y pueden requerir sofisticados canales de desagüe. Los clubes rotarios deben considerar la construcción de diques como proyectos de último recurso.

Las presas o desviaciones a arroyos laterales normalmente son estructuras de concreto que desvían el agua de la laguna o arroyo bien sea a una estación de bombeo o a un embalse lateral. Estas estructuras deben tener rejillas o cribas para evitar la entrada de impurezas o suciedad en los sistemas laterales.

Embalses en arroyos laterales

Se usan embalses en arroyos laterales para igualar el caudal entre la fuente de agua y los puntos de uso, así como almacenamiento temporal cuando las fuentes de aguas superficiales son limitadas

durante las temporadas secas. También ayudan a proteger al sistema contra inundaciones periódicas a lo largo de la fuente principal. Los embalses en arroyos laterales generalmente son lagunas o represas superficiales. Para menores suministros, el embalse puede ser un tanque. El tamaño del embalse depende de la confiabilidad de la fuente de aguas superficiales y el tamaño de la población que éste sirve. La evaluación del tamaño del embalse la debe hacer un ingeniero con experiencia según las particularidades de cada proyecto.

El agua del embalse se puede trasladar al sistema de distribución ya sea mediante o bombeo o por flujo de gravedad. Los sistemas de flujo de gravedad generalmente son más sostenibles. Ambos sistemas requieren de una estructura de desviación entre el embalse y el sistema de transmisión, que puede ser una tubería sencilla con una válvula asentada al fondo del embalse. También puede ser una estructura de concreto con compuertas. Si el agua no se traslada por gravedad, tendrá que diseñarse una bomba para el embalse que transporte el agua a la tubería de distribución.

¿Cómo se distribuye el agua superficial?

Se usa un sistema de distribución de agua para desplazar el agua de la fuente de agua superficial o embalse de arroyo lateral a la instalación de tratamiento. Se puede desplazar el agua por medio de una zanja abierta o acequia, como también por tubería. El tamaño de la tubería o de la zanja depende de la población usuaria y debe ser diseñada por un ingeniero con experiencia. Los sistemas de zanjas pueden ser más fáciles y baratos de construir, pero pueden ser susceptibles a daños por vehículos, animales, detrito o erosión. Y a menos que la zanja esté revestida, que es un emprendimiento costoso, con toda probabilidad se perderá agua por infiltración.

El método de distribución preferencial es un sistema de tuberías, sobre todo si el agua se bombeará a las instalaciones de tratamiento. Aunque el costo inicial es superior, las tuberías de PVC son más seguras, no necesitan de mayor mantenimiento una vez instaladas y están disponibles en todo el mundo, además de ser resistentes a la degradación.

¿Cuáles son los sistemas típicos de tratamiento para aguas superficiales?

Los sistemas de tratamiento de aguas pueden ser centralizados o en su punto de uso, según la fuente de suministro y la población servida. Los sistemas sostenibles de punto de uso, por lo general constan de un filtro de bioarena. Pero los filtros de bioarena presentan limitaciones en cuanto al grado de tratamiento requerido para potabilizar el agua. Los sistemas de tratamiento de punto de uso se describen con mayor detalle en otro informe del equipo de trabajo WASRAG.

Los sistemas de tratamiento centralizados varían en complejidad, según la población servida y el tratamiento específico requerido. Un profesional calificado determinará y diseñará el tipo de tratamiento. La sostenibilidad del proyecto puede estar en riesgo a medida que aumenta la complejidad y el tamaño del sistema de tratamiento.

El agua se trata por varias razones. La primera y más importante es para eliminar las bacterias y virus perjudiciales para los seres humanos. Este tipo de tratamiento se llama desinfección, y se logra de varias maneras. El desinfectante más confiable y disponible es el cloro (como la lejía disponible en tiendas). El cloro no sólo mata por contacto a la mayoría de las bacterias y virus, sino que continúa matando organismos entre la planta de tratamiento y el punto de uso (lo que se denomina desinfección residual). Otros desinfectantes son menos confiables para la desinfección inmediata y residual.

Las aguas superficiales también contienen sedimentos suspendidos, los cuales pueden eliminarse mediante filtros de arena o de membrana. La filtración con arena es menos compleja y más sostenible. Por eso no se recomiendan para proyectos rotarios. Los filtros de arena normalmente se construyen como cajas de concreto con una capacidad de flujo retroactivo que permita la limpieza periódica de la arena. Estas estructuras deben ser diseñadas por ingenieros calificados y debe proveerse capacitación para asegurar la confiabilidad del sistema a largo plazo. Además, las aguas que portan demasiados

sedimentos suspendidos reducen la capacidad de desinfección residual del cloro, lo que a su vez permitiría el crecimiento recurrente de bacteria en la tubería que traslada el agua a los puntos de uso.

Otros contaminantes que pueden estar presentes en el agua, como nitratos (por lo general de desechos humanos y animales), minerales (sales y metales) y químicos tóxicos (plaguicidas). La eliminación de esos contaminantes puede requerir sistemas de tratamiento muy sofisticados, que son tanto costosos para construir como poco económicos y difíciles de operar y mantener. Esos sistemas tienen que ser diseñados por profesionales calificados, y deben ser monitoreados continuamente a lo largo de la vida del proyecto.

En secciones posteriores presentamos discusiones más detalladas de sistemas de tratamiento de agua en su punto de uso.

¿Cuál es el costo de los proyectos de desarrollo de aguas superficiales?

El costo del desarrollo de aguas superficiales como suministro de agua potable confiable y de alta calidad varía considerablemente según el tamaño de la población servida, la fiabilidad de la fuente de agua y el tratamiento requerido para potabilizar el agua. Un sistema para una aldea que no tiene necesidades complejas de tratamiento puede costar miles de dólares. Un sistema de tratamiento más grande y complejo puede costar millones de dólares. La única manera de saber a ciencia cierta es contratar los servicios de un profesional experimentado en la etapa inicial de planificación del proyecto.

Lista de control para el uso de fuentes hídricas superficiales

El uso de aguas superficiales como fuente de suministro de agua potable normalmente requiere más mucho más cuidado, ya que por lo general es turbia, lo que dificulta su tratamiento. También son más susceptibles a variaciones climáticas que las aguas subterráneas e incluso pueden desaparecer durante las temporadas secas. Si un suministro confiable de aguas superficiales está disponible, se deberá responder las siguientes preguntas antes de finalizar los planes para su utilización.

1. ¿Cuál es el rendimiento de la fuente de aguas superficiales?
 - a. Rendimiento mensual _____
 - b. Rendimiento anual _____
2. ¿Tiene la fuente un rendimiento suficiente durante la temporada seca como para proveer un suministro adecuado de agua para la comunidad o se tendrá que construir un almacenamiento o un suministro secundario de agua (como aguas subterráneas o cosecha de lluvia)?

3. ¿Se tendrá que implementar un programa de uso conjuntivo? _____
4. ¿Cuánto almacenamiento de aguas superficiales se requerirá? _____
5. ¿Qué tipo de almacenamiento de aguas superficiales se necesitará (por ejemplo tanques o lagunas)? _____
6. ¿A qué distancia se encuentra la fuente de agua del punto de uso? _____
7. ¿Se necesitarán sistemas de desplazamiento de agua, y si es así, qué tipo (tuberías, zanjas)?

8. ¿Hay disponibles análisis de calidad de agua recientes para la fuente de agua? _____
9. ¿Qué contaminantes se encuentran en el agua que pondrían en riesgo su calidad como fuente de agua potable? _____
10. ¿Qué sistemas de tratamiento están disponibles para eliminar los contaminantes?

11. ¿Cuál es la población que usará el sistema? _____
12. ¿Cuánta agua necesita la comunidad?
 - a. Demanda diaria _____
 - b. Demanda mensual _____
 - c. Demanda anual _____
13. ¿Cuánto costará cada componente del suministro de aguas superficiales?
 - a. Estructura de desviación de agua _____
 - b. Sistema de desplazamiento de aguas crudas _____
 - c. Sistema de almacenamiento de aguas crudas _____
 - d. Sistema de tratamiento de agua _____
 - e. Almacenamiento de aguas tratadas _____
 - f. Sistema de distribución de aguas tratadas _____
14. ¿Qué tipo de monitoreo y evaluación hará el club para determinar si la fuente de suministro será adecuada a largo plazo?

AGUAS SUBTERRÁNEAS

Esta sección describe el agua subterránea como fuente de agua potable. La siguiente sección versará sobre el desarrollo y construcción de proyectos de aguas superficiales y subterráneas con mayor detenimiento.

¿Por qué se escoge el agua subterránea como fuente de suministro de agua?

El agua bombeada del subsuelo tiene algunas claras ventajas, pero también tiene desventajas con respecto al uso de una fuente de aguas superficiales. Las ventajas de usar agua subterránea son:

1. El agua subterránea ha sido filtrada por el medio poroso que ha atravesado, y por lo tanto probablemente contenga menos contaminantes físicos y biológicos que el agua superficial.
2. El agua subterránea es abundante en muchas áreas del mundo y generalmente tiene una temperatura relativamente baja.

Las desventajas del agua subterránea son:

1. Acuíferos no cerrados que se pueden contaminar fácilmente por infiltración o filtración descendente de la superficie.
2. El agua puede contener contaminantes químicos disueltos difíciles de detectar y extraer como el arsénico, presente en las aguas subterráneas de Bangladesh; y el flúor, presente en las aguas subterráneas del Gran Valle del Rift en Kenia.
3. Si el agua subterránea se extrae de un acuífero con agua salina o salada subyacente, el bombeo del agua dulce causa un gran movimiento ascendente del agua salina, que contamina el agua dulce.
4. Las aguas subterráneas con profundidades mayores de 10 metros requieren de bombas centrifugas sumergibles que funcionan con electricidad. Es una opción cara, y muchas aldeas remotas en países en desarrollo no tienen electricidad.

¿Cómo se encuentra el agua subterránea?

Las aguas subterráneas se encuentran tanto en acuíferos abiertos como cerrados. Los acuíferos abiertos son mayormente la fuente del agua subterránea que se encuentra en materiales aluviales como arena y gravas provenientes de montañas o cerros circundantes. Generalmente hay agua subterránea en todas partes. Pero la gran interrogante es determinar si hay una cantidad suficiente y de buena calidad. A fin y al cabo, por mucho que se pueda hacer ese cálculo en ausencia de pozos de agua cercanos, de todas formas se tiene que perforar un pozo y analizarlo para determinar la cantidad de agua que contiene (prueba de bomba) y su calidad (prueba de laboratorio). La mejor manera de no tener que adivinar y encontrar aguas subterráneas adecuadas para el propósito requerido es contar con los servicios de un geólogo hidráulico.

¿Cómo se perfora un pozo de agua?

Se puede perforar un pozo usando equipos de perforación eléctricos caros, o equipos de perforación manual. Por lo general un hidrólogo o geólogo hidráulico puede calcular la profundidad del nivel freático en base a la topografía circundante, tipo de vegetación y pozos de agua cercanos. Una vez que se determina la posible presencia de aguas subterráneas, se debe excavar o perforar un pozo. La gente ha estado excavando pozos por miles de años. Perforar un pozo de agua es más rápido y normalmente resulta un proceso de construcción más sanitario. Los equipos de perforación varían de unidades sencillas operadas a mano, a unidades sofisticadas que requieren de equipos pesados y varias personas

para su operación. La selección del tipo de equipo de perforación dependerá de la profundidad del nivel freático y los acuíferos subyacentes, la capacidad anticipada del pozo, y de los fondos y el equipo disponibles en la región del proyecto.



Se pueden construir pozos de agua poco profundos de pequeña capacidad usando equipos manuales de perforación tales como el taladro eléctrico a la izquierda o una barrena manual a la derecha.



Se pueden usar equipos de perforación más sofisticados para pozos de agua más profundos y de mayor capacidad. El equipo a la izquierda es un taladro rotativo que se usa por todo el mundo. El taladro de cable a la derecha es uno de los diseños más antiguos de equipos de perforación, que data varios milenios. La perforación con taladro de cable por lo general es mucho más lenta que la perforación con taladro rotativo.

Referencias de perforación:

http://www.watersanitationhygiene.org/References/EH_KEY_REFERENCES/WATER/Drilling/Hand%20Drilled%20Boreholes/Design%20of%20a%20Low-Cost%20Drilling%20Rig%20%28Cranfield%20-%20Burrows%20G%29.pdf

¿Cómo se determina la cantidad de agua disponible en un acuífero?

La cantidad de agua disponible en un acuífero es difícil de determinar, por lo tanto se debe realizar la llamada prueba de bombeo o de acuífero. Pero si la cantidad de agua extraída es sólo para uso doméstico y no para el riego, el pozo podrá suministrar agua durante mucho tiempo. Por lo general, los suelos arenosos profundos (sin lecho de roca firme cerca de la superficie) ofrecen un vasto almacenamiento para las aguas subterráneas. En esas condiciones, si la lluvia se filtra al subterráneo, debe haber abundante agua subterránea. Por otro lado, si el material geológico subyacente es roca firme, sólo habrá una cantidad limitada de agua subterránea.

¿Cómo se determina la calidad del agua subterránea?

Es importante conocer la calidad de agua que produce un pozo. El agua puede contener contaminantes físicos, biológicos y químicos. La primera extracción del pozo se debe enviar a un laboratorio certificado para analizar la calidad del agua y determinar el nivel de los diversos contaminantes presentes.

No obstante, por lo general los suelos arenosos actúan como filtros de las aguas superficiales que se filtran al subterráneo. Siempre que el pozo esté bien ubicado, por lo menos a 100 metros de distancia de letrinas, zanjas de drenaje con agua sucia, o corrales de animales, y el nivel freático se encuentra a por lo menos 10 metros de profundidad, el agua del pozo deberá ser de buena calidad. Los contaminantes específicos que se deben buscar son nitratos, flúor, arsénico y sales (como las que se encuentran en pozos cerca del mar).

¿Cómo se aseguran las fuentes del agua de pozo?

Hay cinco pasos que deben seguirse para la distribución segura del agua potable:

- Proteger la fuente del agua. El pozo debe estar encapsulado con una tapa de concreto para evitar la entrada de contaminantes de la superficie;
- Reducir la cantidad de sedimentos en el agua, de ser necesario;
- Filtrar el agua, de ser necesario (por lo general si el agua subterránea es turbia, es porque hubo un problema en la construcción del pozo, o el pozo no fue lo suficientemente desarrollado después de su perforación);
- Desinfectar el agua, de ser necesario; y
- Almacenar el agua en un lugar seguro para que no se contamine.

En las siguientes secciones ofrecemos mayores detalles sobre cómo construir sistemas de aguas superficiales y subterráneas.

¿Cómo se extrae a la superficie el agua subterránea?

Se han desarrollado muchos métodos innovadores para llevar el agua subterránea a la superficie. A menos que se trate de un pozo artesiano y el agua del pozo fluye a la superficie, se necesita algún tipo de mecanismo para extraer el agua a la superficie. Los pozos excavados manualmente, que por lo general tienen de uno a dos metros de diámetro, muchas veces tienen un cubo atado a una polea. Los pozos perforados tienen una bomba operada manual o eléctricamente. Las bombas eléctricas tienen la ventaja de bombear desde niveles freáticos muy profundos. Las bombas manuales se limitan a una profundidad del nivel freático menor de 30 metros (aunque hay excepciones).

Los sistemas de cubos atados a una polea son muy comunes por todo el mundo. Su diseño es sencillo, y su construcción es económica y fácil de mantener. Su principal desventaja es que el agua se extrae lentamente y el pozo se puede contaminar con materia que cae al pozo o mediante los cubos sucios. Este es el método menos sanitario de todos los métodos de extracción de agua subterránea.



Pozos excavados a mano, equipados con sistemas de extracción de cubo atado con una sog a una polea. Nótese cuán fácilmente puede entrar detrito o escorrentía residual al pozo izquierdo. Una medida preventiva sería colocar una cubierta sobre el pozo cuando no está en uso.



Una base de concreto y cabezal de pozo elevado previenen la entrada de contaminantes y detrito en el pozo. Las bombas manuales extraen el agua mucho más rápido que el método de cubo y sog a en una polea.

La mejor manera de acabar un pozo excavado a mano es colocar un brocal de concreto a modo de pretil o parapeto (de un diámetro de 2 a 3 metros) alrededor de la base, elevando la base, y luego instalar una bomba manual o eléctrica sumergible en el pozo, como se muestra en las fotos de más abajo.

Las bombas manuales vienen en muchos diseños, pero la mayoría son del tipo de desplazamiento positivo (suben el agua en lugar de ascenderla por absorción). Para una buena perspectiva general de los diferentes tipos de bomba manual, visite Akvo.org at http://akvo.org/wiki/index.php/Community_pumps_-_general. Lo importante a la hora de seleccionar una bomba manual, es determinar la disponibilidad de repuestos y ofrecer capacitación constante para su mantenimiento.

Las bombas eléctricas son de dos tipos: sumergibles y turbinas de transmisión mecánica. Si hay una fuente de energía confiable y económica cerca del emplazamiento del pozo deberá considerarse el uso de bombas eléctricas. La electricidad podría provenir de una central eléctrica distante, un pequeño generador, o energía eólica o solar. Pero como éstas son máquinas complejas, se debe primero considerar si la comunidad tiene los medios para mantenerlas o de recibir capacitación para usarlas. Estas bombas por lo general no se fabrican en los países donde se implementan estos proyectos, por lo que debe considerarse la disponibilidad de los repuestos. Este tipo de bomba deberá considerarse, solo si la población beneficiaria es considerable y existen los fondos y el personal capacitado. Visite el sitio web de Akvo.org para obtener más información sobre las bombas eléctricas: http://akvo.org/wiki/index.php/Powered_pumps_-_general.



A la izquierda: una bomba de turbina de transmisión mecánica. A la derecha, se instala una bomba sumergible al interior del pozo desde donde se bombea el agua hacia la superficie por una tubería.

DESARROLLO DE PROYECTOS DE AGUA SUBTERRÁNEA

Introducción

Las tres opciones típicas—un manantial, un pozo excavado o una perforación—generalmente se usan para desarrollar fuentes de aguas subterráneas. Durante el proceso de planificación (Sección 2), el club rotario patrocinador y/o sus asociados recopilarán la información de diseño necesaria para evaluar la comunidad y las condiciones de emplazamiento del pozo—lo cual incluye la población beneficiaria, datos hidrológicos, cantidad de agua requerida y selección de la fuente de agua subterránea, etc.

La fase de factibilidad de diseño implicará visitas por parte del club rotario patrocinador y/o sus colaboradores, acompañados por los líderes de la comunidad. Observarán las condiciones in situ y recopilarán la información adicional necesaria para finalizar el diseño del proyecto en planificación. Además, deberá celebrarse una reunión con la comunidad para discernir la naturaleza del proyecto, incluidos puntos como la fuente del agua, mano de obra y materiales requeridos, participación y compromiso por parte de la comunidad, y requisitos de seguridad y mantenimiento. La comunidad deberá estar de acuerdo con respecto al costo compartido y el mantenimiento continuo del proyecto que se seleccione.

La fase de diseño incluirá finalizar el financiamiento local y de Rotary, así como el diseño del proyecto aprobado por la comunidad. Toda la información incluirá consideraciones de ingeniería (como fiabilidad, rendimiento, eficiencia y sostenibilidad). El siguiente acápite presupone que el diseño será desarrollado principalmente como una instalación central y/o puntos de abastecimiento/acarreo de agua en la comunidad. Los diseños conceptuales del sistema son principalmente para áreas rurales de países en desarrollo, donde prácticamente no existe un nivel básico de servicio.

¿Cuáles son las consideraciones de diseño de un proyecto de agua subterránea?

Las consideraciones básicas de diseño para un manantial cerrado, un pozo excavado o una perforación se pueden dividir en cuatro categorías. Éstas incluyen las condiciones del terreno, el compromiso y participación de la comunidad, la calidad del agua y los recursos disponibles para la construcción.

La primera consideración abarca las condiciones del terreno, incluida la presencia de un suministro confiable de agua de buena calidad y el acceso de la comunidad a la fuente de agua, el cual podría verse restringido por diversas razones como fluctuaciones estacionales de disponibilidad de agua o la falta de suministros en áreas remotas. La disponibilidad de dicho suministro de agua dependerá, en última instancia, de lo siguiente:

- Interacciones entre el clima y la geología de la región;
- Las condiciones meteorológicas (lluvia, viento, luz solar y temperatura): determinar si un área es húmeda—donde la precipitación promedio supera la pérdida por evaporación; o si es árida—donde la evaporación supera la precipitación pluvial.
- La geología (condiciones del suelo y de las rocas): decidir si la fuente de agua será adecuada para el diseño de la vida útil del proyecto.

Adicionalmente, los factores naturales que gobiernan la calidad del agua de un lugar dado incluyen la dirección del caudal de las aguas subterráneas, la conformación geológica general de los estratos de suelo y roca (espesor, porosidad y fisuras), la cantidad de precipitación pluvial y las diferencias de elevación (y dirección del caudal) entre la fuente de agua y el punto de uso.

La segunda consideración tiene que ver con la comunidad, incluida la población beneficiaria, el compromiso y la participación de los líderes comunitarios o usuarios para ayudar a pagar parte de la construcción a fin de que se sientan “propietarios del proyecto” y participen en la selección del lugar,

así como en el mantenimiento del proyecto durante su vida útil. La participación y el compromiso de la comunidad son las más importantes consideraciones para la sostenibilidad del proyecto propuesto. Además, la selección del grupo que asumirá el diseño y los planes de construcción deberá ser socialmente aceptable para las comunidades beneficiarias. Las condiciones del emplazamiento y la participación de la comunidad ejercen influencia sobre la idoneidad sociopolítica, la factibilidad técnica y aspectos prácticos, así como en el diseño final del proyecto.

La tercera consideración implica el análisis de las muestras de agua recolectadas en la fuente, para confirmar que ésta sea de calidad aceptable para el consumo humano (Sección 5). De particular importancia es la proximidad de la fuente de agua a posibles fuentes de contaminación, incluidos corrales y terrenos para alimentar animales domésticos, vertederos de desechos humanos y áreas de almacenamiento de químicos.

La última consideración es la disponibilidad de materiales locales de construcción, mano de obra calificada y pautas de diseño regionales o nacionales. Adicionalmente, la presencia y experiencia de organizaciones no gubernamentales o cualquier otra organización relacionada con las opciones de diseño contribuirán a un proyecto sostenible y eficaz en función a su costo.

¿Cuáles son las opciones de diseño de un proyecto de agua subterránea?

Las tres opciones conceptuales de diseño descritas en esta sección incluyen el desarrollo de manantiales, pozos excavados a mano y perforaciones. La selección del método de desarrollo depende de la disponibilidad del agua subterránea, costo de construcción, etc. Durante la fase inicial de factibilidad de diseño, se deberá determinar cuál será la fuente del suministro (por ejemplo agua subterránea) y el diseño del método de distribución (acarreo o por tubería).

Diseño de revestimiento de manantial o naciente

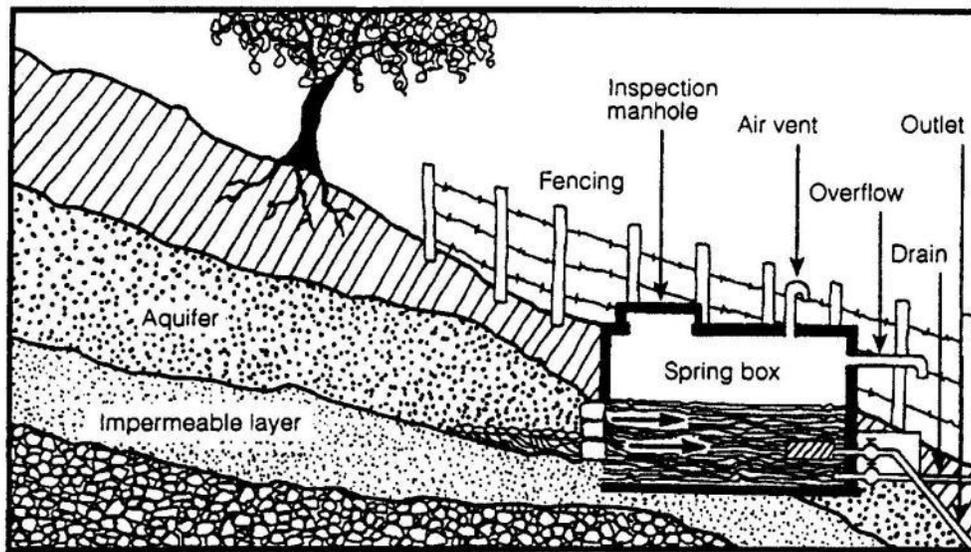
Un manantial o naciente normalmente brota de un cerro por encima de una capa de tierra consolidada o roca dura, o donde cruza un arroyo cercano. El caudal del agua del manantial varía según la configuración del acuífero y el tamaño del área de captación. En algunos lugares, el manantial fluye todo el año, mientras que en otros deja de fluir en la temporada seca. Si se ha de usar el manantial como fuente de suministro de agua subterránea, éste deberá protegerse para preservar la calidad del agua, y deberá tener capacidad suficiente para abastecer la cantidad y calidad de agua requeridas para el uso previsto a lo largo del año.

Un diseño de revestimiento de manantial o naciente tiene las siguientes características (Ver Figura: Diseño Típico de Manantial):

- Tanque hermético de manantial que intercepta la fuente y se extiende hacia abajo hasta una capa impermeable o un sistema de tuberías y un tanque de almacenamiento;
- Una tapa que evite la entrada de drenaje o detrito de la superficie al tanque de almacenamiento;
- Una salida protegida de vaciado del excedente;
- Una capa impermeable (por ejemplo un muro de concreto o ladrillos, o de arcilla de charco) detrás del tanque y encima del ojo del manantial para evitar la infiltración de contaminantes;
- Una conexión a un sistema de distribución o suministro auxiliar;
- Una tubería de drenaje al fondo del tanque de almacenamiento para limpiar el tanque;
- Una rejilla de ventilación con malla metálica para evitar la entrada de animales o detrito al tanque;
- Una zanja alrededor del tanque de almacenamiento para desviar el agua superficial;
- Una cerca alrededor del tanque para evitar el contacto con ganado.

Los manantiales expuestos son vulnerables a la contaminación proveniente de actividades humanas o de animales. El método más común de proteger un manantial es recolectar el agua en el lugar donde brota de la superficie del suelo, encerrando el ojo del manantial en el interior de una recámara cubierta o un tanque, con una salida cerca del fondo que permita que el flujo del agua se aleje del lugar donde brota el manantial. De esa manera el manantial natural se perturba lo menos posible. El sistema exacto de recolección dependerá del tipo de manantial (si es de gravedad o artesiano) y el emplazamiento del mismo. Se tendrá que excavar la ladera del cerro a una profundidad suficiente como para captar la escorrentía y alejarla de la fuente. La ubicación de la zanja y los lugares por donde saldrá el desagüe es cuestión de criterio basado en factores como topografía, geología bajo la superficie, propiedad de las tierras y uso de tierras. Un diseño típico de un sistema de captación de agua de manantial aparece en la Figura: Diseño Típico de Manantial Artesiano.

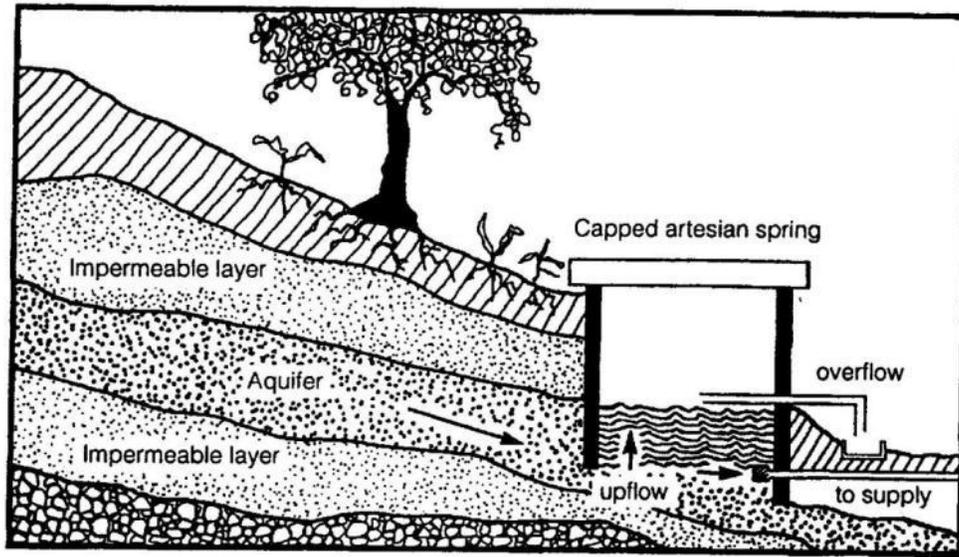
Diseño típico de manantial por gravedad



El agua proveniente de un manantial protegido puede servir de suministro a pequeñas comunidades ya sea directamente o a través de un sistema de distribución a una central. Se tendrá que decidir, preferiblemente durante la fase de diseño, si será necesaria la desinfección. Si el suministro de agua proveniente de un manantial requiere desinfección debido a la calidad inadecuada o regulaciones locales, se agrega cloro (el desinfectante más eficaz y ampliamente disponible), ya sea cuando el agua ingresa a la tubería entre el tanque del manantial y el tanque de almacenamiento, o cuando sale del tanque de almacenamiento para ingresar al sistema de distribución.

Los pozos artesianos se deben proteger con una caja cuyas paredes se extienden encima de la máxima presión estática. Cuando el área de recarga y el acuífero son grandes y sólo un número reducido de pozos penetran el acuífero, el pozo artesiano produce un caudal constante a lo largo del año.

Diseño Típico de Manantial Artesiano



Diseño de pozo excavado

Centenares de millones de familias en países en desarrollo dependen de pozos excavados, sean estos privados o públicos. Los pozos excavados a mano tienen la ventaja de que su construcción es económica, y no se requieren equipos complicados o destrezas especiales para extraer el agua. Pero estos pozos también presentan desventajas, ya que frecuentemente se contaminan con aguas superficiales u objetos que caen dentro de ellos. Además, los pozos excavados a mano muchas veces se secan cuando baja el nivel freático durante la temporada seca.

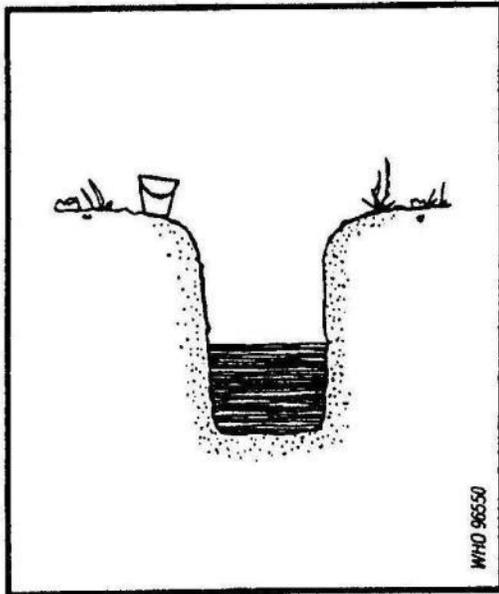
La peor fuente de contaminación son los desechos humanos y de animales provenientes de letrinas o corrales cercanos, los cuales producen niveles mayores de microorganismos dañinos y nitratos. Por eso los pozos excavados a mano se deben construir lejos de letrinas y fuentes de desechos animales, y con ladrillos o revestimiento de concreto. El revestimiento se debe extender por encima de la superficie del suelo como un brocal para evitar que el agua superficial fluya al pozo excavado a mano. Los ladrillos pueden ser fabricados localmente o comprados. Los revestimientos de concreto también se pueden producir localmente.

La excavación manual de pozos requiere mucha mano de obra. Por lo general se excavan en las temporadas secas para llegar hasta una profundidad que provea agua todo el año. La consideración más importante para un buen emplazamiento de un pozo excavado a mano es que llegue hasta el nivel freático. Si es profundo (más de 5 metros), al pozo excavado a mano se le puede instalar una bomba manual, un brocal de concreto (de dos metros de diámetro), a modo de pretil o parapeto, que cubre la superficie del suelo alrededor del pozo; así como una tapa de acero o de madera para evitar la entrada de impurezas. Al sellarse el pozo excavado a mano se evita la contaminación, y facilita la tarea de extraer el agua del pozo con cubos. La figura: Pozos excavados típicos presenta varios tipos de pozos excavados a mano.

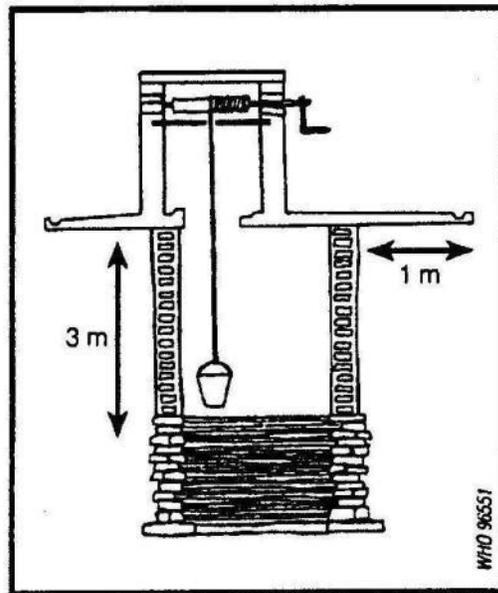
El acabado la plataforma de concreto del pozo así como la instalación de la bomba manual son buenos proyectos para voluntarios. Para los fines de este Informe del Grupo de Trabajo, los pozos excavados con bombas manuales y brocales de concreto se llaman "Pozos tradicionales mejorados". Un pozo excavado típico con una bomba manual aparece en la figura: Pozos excavados típicos. Las bombas manuales son útiles hasta profundidades del nivel freático no mayores de 60 metros. Otra opción es

instalar tuberías de pozo superficiales o profundas con bombas manuales y una protección adecuada. Para asegurar la debida protección sanitaria de una tubería, se debe construir una especie de plataforma de concreto reforzado en la cabeza de pozo. Su diámetro debe ser mayor que el del parapeto. El parapeto debe ser firme y la bomba manual se debe instalar y sellar de manera sanitaria encima del parapeto reforzado y el nivel del suelo. Se deberá colocar una tapa de concreto (de por lo menos dos metros de diámetro) encima del parapeto circundante y el nivel del suelo. Al pozo se le puede dar una protección sanitaria adicional cercando su emplazamiento para evitar el contacto con animales o personas no autorizadas. Figura: Pozo de tubería típico con bomba manual.

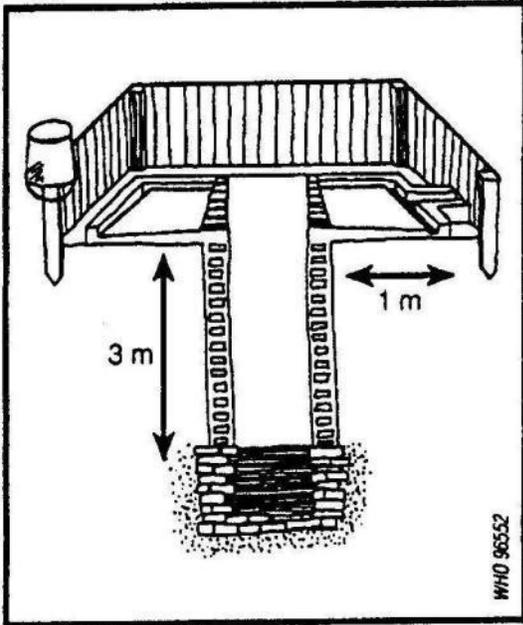
Pozos excavados típicos



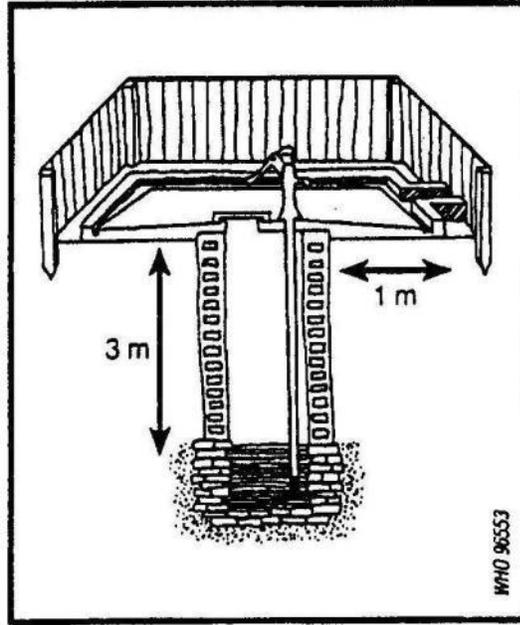
a) Unprotected Dug Well



b) Dug Well with Windlass

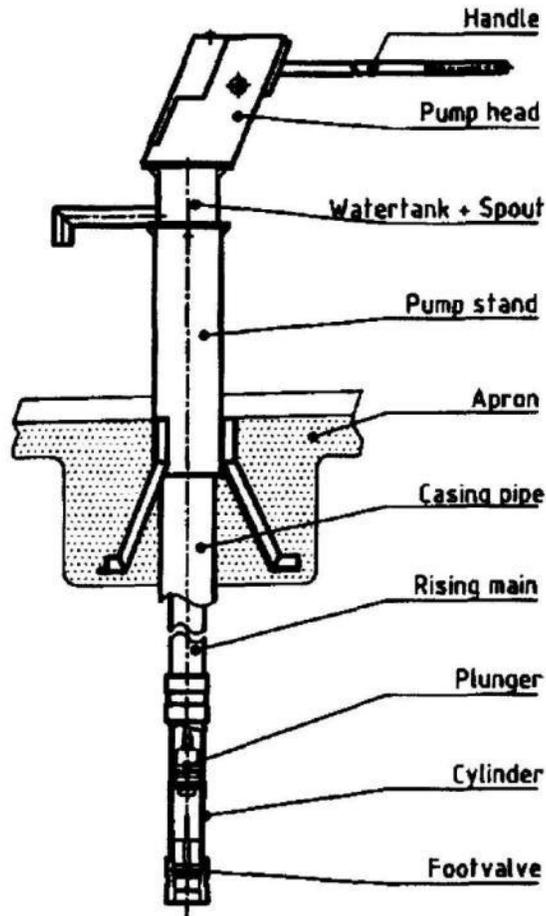


c) Protected Dug Well



d) Dug Well with Hand Pump

Pozo de tubería típico con bomba manual



Diseño de pozo taladrado

Los pozos taladrados pueden ser sencillos o complejos según la geología local y la disponibilidad de agua. Para que un pozo produzca bien, se deberá emplazar óptimamente mediante el examen detallado de las condiciones hidrogeológicas del lugar, que incluyen:

- Tipo, permeabilidad y posición de las capas de tierra y roca
- Características de las rajaduras, fisuras y otras aperturas grandes, y
- Un estudio de los registros de rendimiento de otros pozos del área.

Durante las etapas preliminares del proyecto, cuando se está considerando aguas subterráneas como fuentes de suministro, se deberá consultar a un hidrogeólogo profesional que esté bien familiarizado con la región.

En todos los casos, los pozos se deberán ubicar a una distancia segura de una posible fuente de contaminación. A falta de otras pautas, los pozos deben estar a por lo menos 100 metros de la fuente más cercana de contaminación. Otra consideración importante es la dirección del caudal de las aguas subterráneas.

Las técnicas de perforación se categorizan como perforación con lanzamiento en chorro, perforación rotativa, taladro por percusión, taladro con barrena o broca y vibración. La selección de un método específico de perforación dependerá del emplazamiento, alcance y objetivo del proyecto, las condiciones anticipadas de tierra y roca, el tamaño de pozo requerido, la accesibilidad y facilidad de transporte del equipo y la capacidad de contratistas locales.

Pozos de poca profundidad: Una pozo de poca profundidad cerca de un arroyo o un río puede ser muy eficaz para suministrar el agua necesaria a una comunidad. Los suelos arenosos entre el arroyo y la perforación con frecuencia filtran los contaminantes del agua (aunque esto se deberá verificar durante el diseño). Además normalmente se encuentra agua subterránea a poca profundidad (menos de 60 metros), lo cual permite que se equipe los pozos con bombas manuales. Tales pozos con bombas manuales también se deberán proteger de la contaminación proveniente de las aguas superficiales.

La perforación con lanzamiento en chorro se usa comúnmente para construir pozos pequeños y poco profundos en suelos aluviales (arena, limo y arcilla) y tiene la ventaja de ser relativamente económica. Además el equipo es más fácil de llevar a áreas remotas. Pero este método de perforación no sirve para condiciones de suelos consolidados o rocosos, que requieren técnicas de perforación rotativa. La perforación con lanzamiento en chorro normalmente se realiza con tuberías de 50 a 100 mm de diámetro, con un diámetro correspondiente de perforación de 100 a 200 mm. Una bomba manual o eléctrica de unos 2 a 8 caballos de fuerza (1,5-6 KV) generalmente es adecuada para extraer agua de un pozo de poca profundidad. Algunos clubes rotarios han vivido la aventura de perforar pozos poco profundos usando este método. Pero para este tipo de proyecto, muchos clubes prefieren asociarse con organizaciones no gubernamentales de la región.

Pozos profundos: Se requiere una perforación profunda para alcanzar acuíferos muy hondos. Estos tienen menores probabilidades de contener contaminantes provenientes del uso de la tierra o de las aguas superficiales del área alrededor de la boca del pozo. La perforación de este tipo de pozo es costosa y el operario debe contar con amplia experiencia en el manejo del taladro. Además los pozos profundos requieren de una bomba y motor, una casa de bombas y un tanque de almacenamiento de agua. Las bombas pueden funcionar con motores solares, molinos de viento o motores a diesel o gasolina.

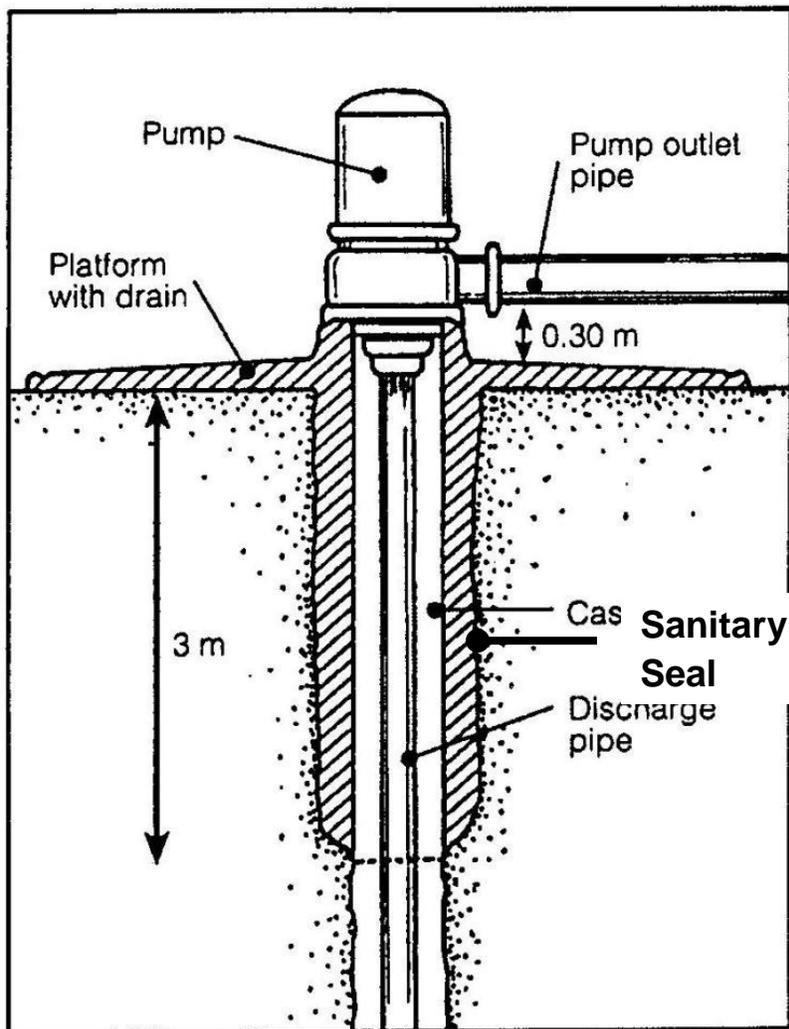
Las bombas a diesel o gasolina requieren mucho mantenimiento en comparación a otros métodos de bombeo. Pero los motores a diesel o gasolina pueden estar disponibles. Comúnmente se usan cuando no hay electricidad en la región. El costo de los motores a diesel o gasolina varía según el tamaño de la red de distribución y el tipo de embalse (superficial o elevado).

El agua de pozos profundos normalmente está libre de contaminación microbiológica y puede ser utilizada por comunidades pequeñas sin un tratamiento adicional. Pero esto se tiene que verificar

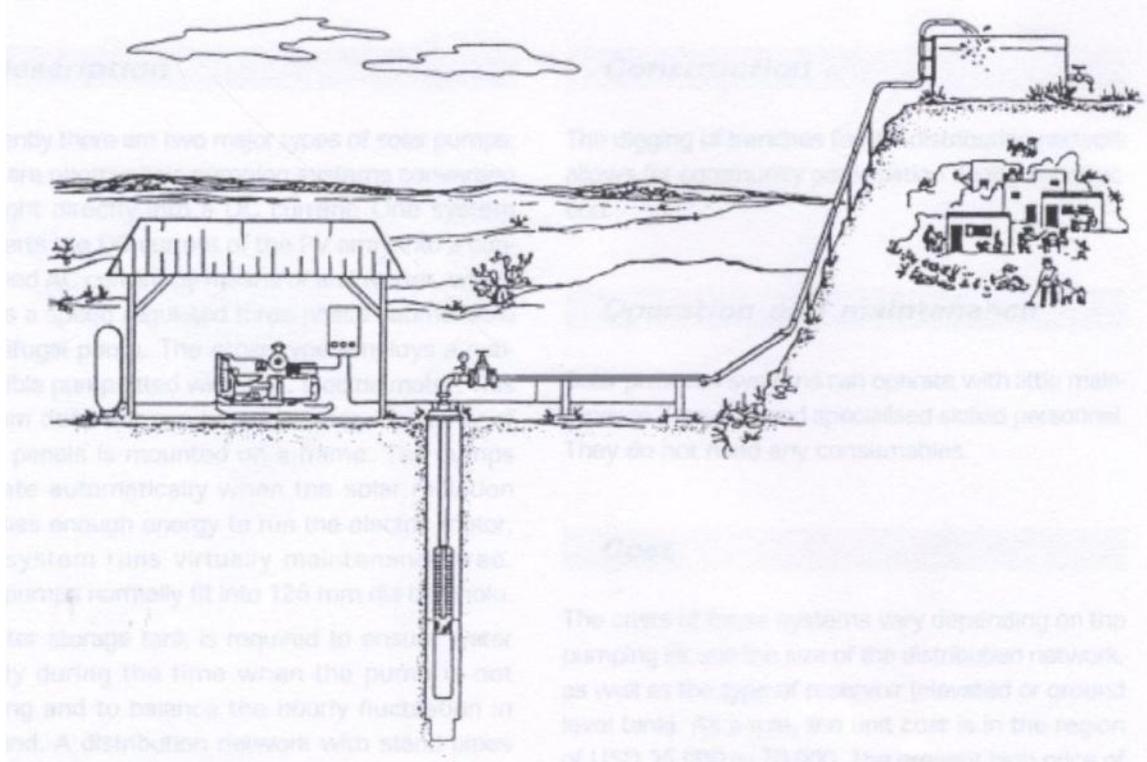
después de construir el pozo. Algunas precauciones estructurales son esenciales cuando se instalan los pozos y sus respectivas bombas. La cubierta de la bomba se debe extender desde 30 cm sobre la superficie a más abajo del nivel de bombeo del agua anticipado del pozo. Se deberán construir un brocal y una plataforma de concreto según los requisitos para pozos poco profundos. Se deberá instalar un sello sanitario de concreto en el espacio entre la pared de la perforación y el revestimiento del pozo para prevenir la introducción de contaminación al pozo (ver la Figura 3.5). La mayoría de los clubes rotarios patrocinadores contratan a profesionales u organizaciones no gubernamentales con experiencia en el emplazamiento local de pozos profundos con bombas y equipos asociados.

Los pozos profundos pueden suministrar a una comunidad agua limpia potable de por vida. La bomba y el ensamblaje del motor requerirán mantenimiento. Para que un proyecto de pozo profundo sea sostenible, el club rotario patrocinador y/o sus socios colaboradores deben desarrollar mecanismos para capacitar a los lugareños en el mantenimiento de los pozos y equipos asociados. También deben asegurarse de que la comunidad o las autoridades regionales tengan los fondos disponibles para mantener los sistemas. Los pozos profundos típicos con diferentes tipos de bombas aparecen en las siguientes figuras (Pozo profundo típico con bomba, Sistema de bomba eléctrica, Sistema de bomba solar, Sistema de bomba de molino de viento).

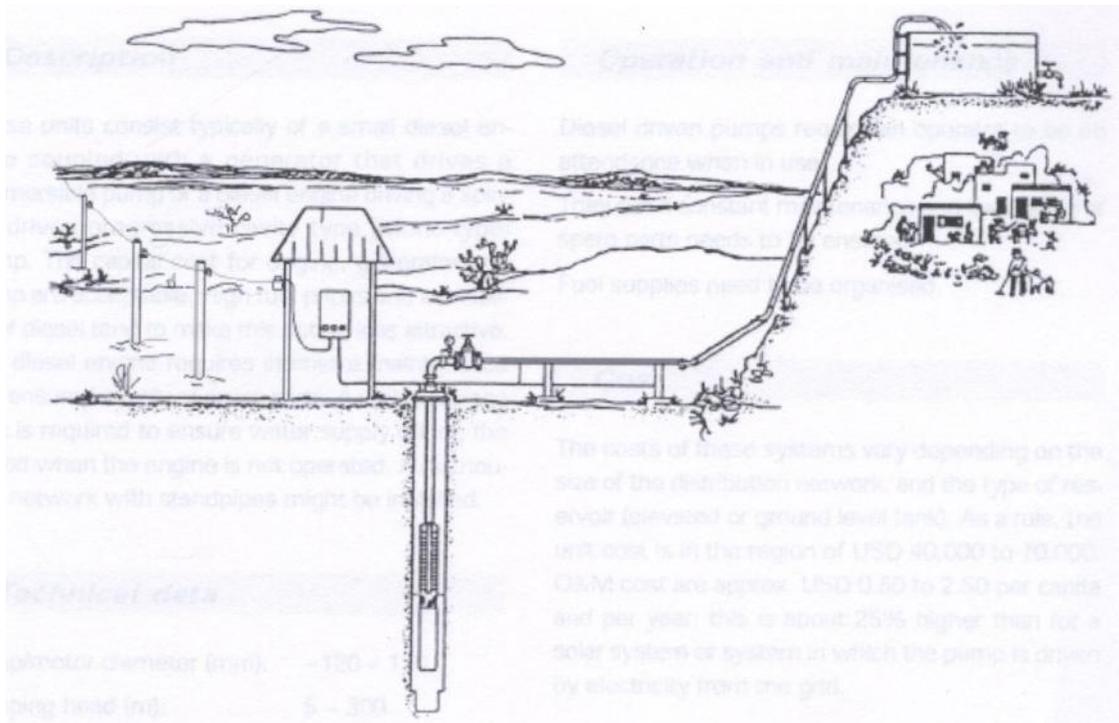
Pozo profundo típico con bomba



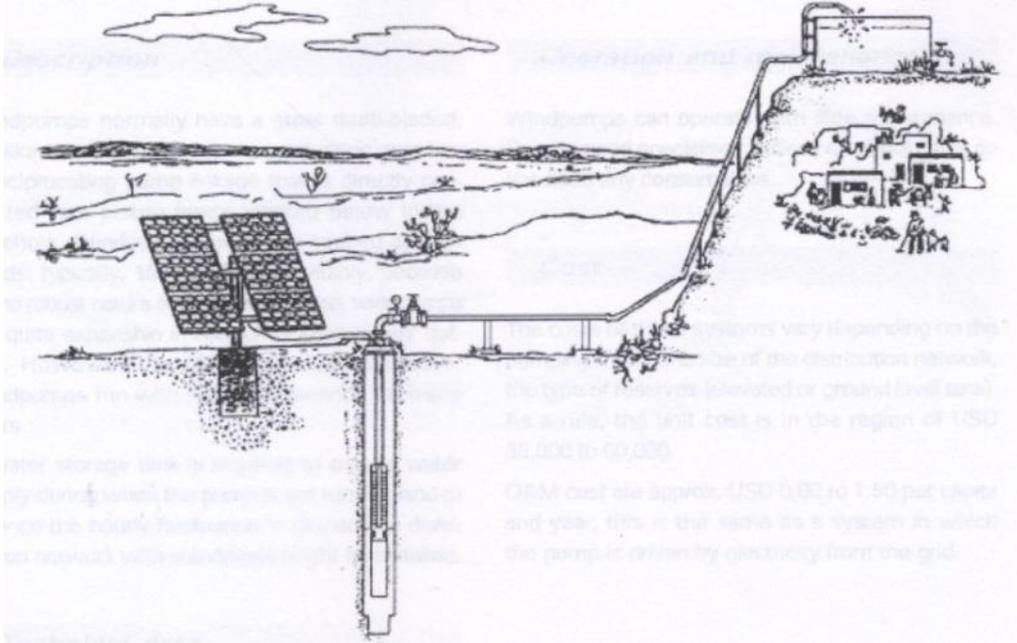
Sistema de bomba a diesel



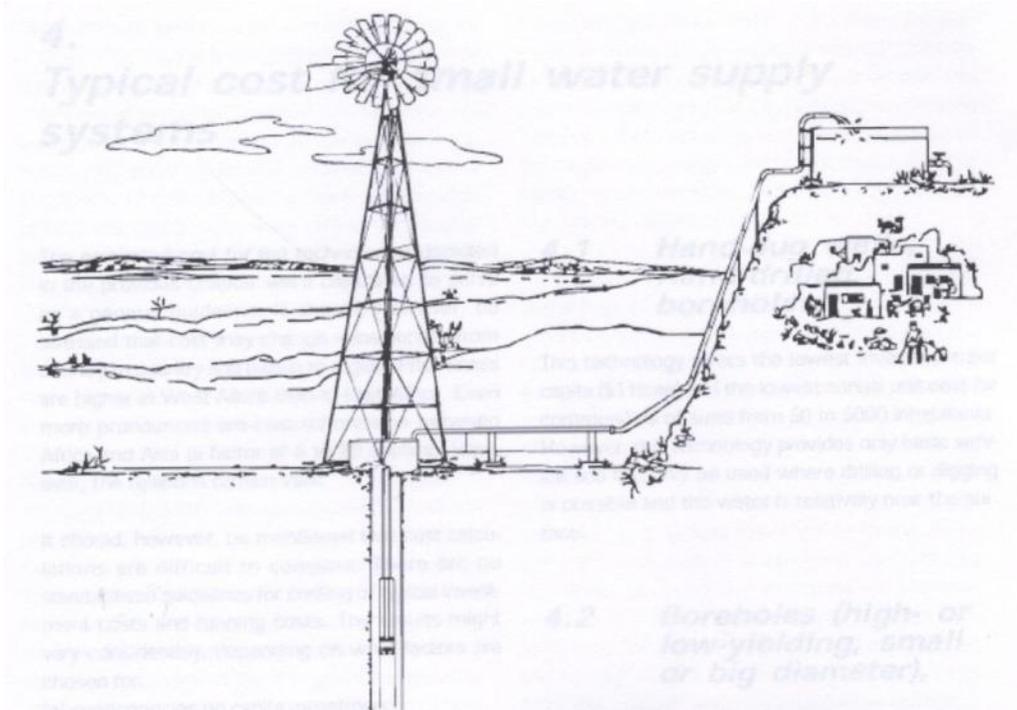
Sistema de bomba eléctrica



Sistema de bomba solar



Sistema de bomba a molino de viento



¿Cuál es el costo de los proyectos de aguas subterráneas?

El costo del proyecto deberá calcularse desde un principio, para asegurar que el club rotario y los socios colaboradores estén preparados para perseverar con el proyecto hasta completarlo—aunque se incurra en costos adicionales. Esto es particularmente cierto si se usan Subvenciones Compartidas de LFR. El costo es el factor más importante en el desarrollo de proyectos de suministro de agua cuando la capacidad local para financiar su operación y mantenimiento es limitada. Si durante la etapa de planificación se identificasen problemas de financiamiento a largo plazo en la comunidad local, es vital que las autoridades nacionales y regionales sean notificadas, para conseguir el apoyo adecuado para los programas de funcionamiento y mantenimiento.

Lista de control para el uso de fuentes de agua subterránea

Generalmente, la explotación de los recursos hídricos subterráneos es más difícil que los recursos hídricos superficiales, porque los primeros requieren equipos costosos y especializados de taladro para llegar al nivel freático. Pero el agua subterránea por lo general es más resistente a las sequías como fuente de suministro de agua que el agua superficial; y si sale del pozo con poca turbidez, requerirá un tratamiento mucho más fácil.

Antes de seleccionar una fuente de agua subterránea como suministro se tienen que determinar una serie de factores. Primero, ¿el agua subterránea se puede conseguir fácilmente? Segundo, ¿existe en suficiente cantidad para el propósito deseado? Tercero, ¿tiene la calidad adecuada para el propósito deseado? Por último, se debe considerar cómo se va a completar y operar el sistema hídrico. A la hora de considerar el agua subterránea como fuente de suministro, se debe tomar en consideración lo siguiente:

¿Hay agua subterránea disponible?

1. ¿Existe algún informe/mapa hidrológico o hidrogeológico de la región preparado por una universidad o dependencia del gobierno? _____
2. ¿Hay pozos en el vecindario? En cuyo caso,
 - a. ¿Cómo se excavaron o perforaron? _____
 - b. ¿Quién los perforó? _____
 - c. ¿Cuán profundos son los pozos? _____
 - d. ¿Cuánta agua bombean? _____
 - e. ¿Cuál es la calidad del agua (tiene algún problema)? _____
 - f. ¿Alguna vez se secan los pozos? _____
3. Si no hay pozos cercanos, ¿cómo es la geología?
 - a. ¿Hay lecho de roca dura expuesta en el pueblo o sus cercanías?

 - b. ¿Es común la arena o la grava como cubierta del suelo? _____
 - c. ¿Fluye algún arroyo o río por el área? _____
4. ¿Se cuentan con los medios para excavar o perforar un pozo y terminarlo?
 - a. ¿Hay algún contratista de perforación cerca que esté dispuesto a taladrar un pozo?

 - b. ¿Hay una fuente de materiales necesarios para taladrar un pozo (por ejemplo, para el revestimiento del pozo, tuberías perforadas, relleno de grava, cemento, etc.)?

 - c. Si no hay un contratista para la perforación disponible, ¿está dispuesta la comunidad a perforar un pozo de suficiente profundidad para suministrar agua a su comunidad (de unos 30 metros de profundidad)? _____
5. En vista de las respuestas anteriores, ¿cuál es la mejor manera de perforar el pozo, quién debe perforarlo y cuánto costará el proyecto?

¿Cuál es la población a recibir el servicio y cuánta agua necesitan (per cápita)?

6. ¿Cuántas personas necesitan servicio de agua? _____
7. ¿Se trata de una población estable o transeúnte? _____
8. Si la población es transeúnte, ¿cuál es la variación anual de la población? _____
9. ¿Cuánta agua necesita la gente?:
 - a. a diario para tomar _____
 - b. a diario para bañarse _____

- c. a diario para la agricultura _____
- d. a diario para otros propósitos _____
- e. Demanda Diaria Total _____

¿Hay suficiente agua subterránea disponible?

- 10. Si hay pozos cercanos, ¿cuánta agua bombean regularmente a diario? _____
- 11. Para determinar el número necesario de pozos, dividir la demanda diaria (ver #9e) entre la cantidad bombeada de pozos cercanos (#10). _____
- 12. Si no hay pozos cercanos, tendrá que perforarse un pozo de prueba. Esto es riesgoso porque requiere una inversión sin la garantía de encontrar agua suficiente.

¿Produce el pozo agua de buena calidad?

- 13. Si hay pozos cercanos, ¿se han llevado muestras de calidad de agua para ser analizadas por un laboratorio de confianza? _____
- 14. El agua subterránea cercana, ¿tiene componentes que requieren tratamiento antes de su uso? _____
- 15. ¿El agua de los pozos cercanos recibe tratamiento antes de ser consumida y, de ser así, qué tratamiento recibe? _____
- 16. Si hay problemas de calidad de agua en los pozos cercanos, se deben anticipar problemas similares y por lo tanto se necesita un plan para solucionarlos.
- 17. Si se requiere tratamiento, ¿qué tipo de proceso de tratamiento se necesita?
 - a. Si el agua subterránea va a ser transportada a una central, ¿se le dará tratamiento allí, en cuyo caso, qué tipo de tratamiento funcionaría mejor? (Ver las secciones sobre tratamiento de agua) _____
 - b. Si el agua subterránea se distribuye a hogares individuales o si el agua de una central no recibe tratamiento, ¿qué tipo de tratamiento de punto de uso funcionaría mejor (por ejemplo un filtro de bioarena o un filtro de membrana)? _____

¿Dónde se debe emplazar un pozo nuevo?

- 18. Determinar el mejor lugar en base a la geología del lugar. Es preferible perforar un pozo en suelos arenosos gruesos en lugar de lechos de roca dura. Si el lecho de roca dura se encuentra en terrenos elevados, y en los terrenos bajos hay suelos arenosos gruesos, conviene perforar el pozo en el terreno bajo. Taladre cerca de un arroyo intermitente o perenne (manteniéndose como mínimo a 50 metros del arroyo).
- 19. Mantener los pozos por lo menos a 100 metros de distancia de posibles fuentes de contaminación, como letrinas, corrales de animales o sistemas de drenaje superficiales.

¿Cómo se debe completar el pozo?

- 20. Si el nivel freático (el nivel del agua dentro del pozo después de su perforación) está a más de 15 metros de profundidad, debe instalarse un sello de concreto (un sello sanitario) encima de la tubería del pozo perforado hasta la superficie para evitar que el agua superficial contaminada se filtre alrededor del revestimiento del pozo al agua afuera del pozo. Si el nivel freático está a menos de 15 metros de profundidad, deberá instalarse la mayor cantidad posible de sello sanitario.
- 21. Una plataforma de concreto elevada de por lo menos cinco metros de diámetro se deberá instalar alrededor de la boca del pozo para evitar que agua contaminada ingrese en el pozo.
- 22. Deberá drenarse toda posible agua estancada que se encuentre cerca de la boca de pozo.
- 23. Después de instalarse una bomba manual o eléctrica, deberá sellarse la boca de pozo.

¿Se necesita algún tipo de almacenamiento?

24. Si se necesita almacenamiento, un tanque elevado proveerá la presión a una central o un sistema de distribución de agua que suministra agua a los hogares. _____
25. Si se necesita almacenamiento, ¿cuánto se necesita (por lo menos el suministro de un día para la población servida, o mejor aún, un suministro de varios días)?

26. ¿Cómo se construirá el almacenamiento (por ejemplo, un tanque de concreto o plástico sobre una colina que domina la comunidad, o un tanque de acero o plástico sobre una torre elevada)?

27. ¿Los materiales para construir el tanque están disponibles localmente? ¿De quién?

¿Se han hecho planes para el funcionamiento y mantenimiento a largo plazo del pozo de agua?

28. ¿Se está recolectando dinero para el mantenimiento del pozo? _____
29. ¿Alguien ha recibido capacitación para cuidar el pozo y mantenerlo de ser necesario?

30. ¿Hay repuestos disponibles para la bomba? _____
31. ¿Cómo se hará el monitoreo periódico del rendimiento a largo plazo del pozo de agua?

CAPTACIÓN O COSECHA DE AGUA DE LLUVIA

Introducción

Alrededor del mundo y a lo largo de la historia, muchas civilizaciones han practicado la captación o cosecha de agua de lluvia, práctica que parece haberse originado en Asia y el Oriente Medio hace varios miles de años. Ejemplos de recolección tradicional de agua, tanto para uso doméstico como para la agricultura, se remontan más de 4.000 años, y han sido documentados por toda la India, desde los Himalaya hasta las llanuras de la costa oriental. La utilización del agua de lluvia también tiene una larga historia en Sri Lanka, Nepal y Bangladesh, donde el uso de sistemas de captación prevalece hasta nuestros días.

En los últimos 20 años se ha despertado un nuevo y creciente interés en la antigua práctica de la cosecha pluvial como posible fuente de suministro de agua. En términos simples, la cosecha pluvial es una tecnología para captar y almacenar el agua de lluvias para consumo humano, del techo, de superficies terrestres o de lechos rocosos de captación. Se puede dar diferentes usos al agua recolectada, como agua potable, agua para la agricultura, control de inundaciones, suministro de reserva para períodos secos o de averías, y suministro de agua de emergencia para casos de desastres.

En décadas recientes se han implementado muchos proyectos hídricos de gran escala que usan pozos o represas, los cuales han reemplazado el agua de lluvias como opción de suministro de agua. Pero se está empezando a reconocer que la cosecha tradicional de aguas de lluvia puede ser una importante herramienta para el buen manejo de recursos hídricos. En países como China e India han avanzado mucho en el uso de métodos tradicionales para asegurar la buena gestión de sus limitados recursos hídricos.

Vale la pena notar, sin embargo, que la cosecha de aguas pluviales no es una respuesta universal para todos los problemas de agua de un hogar. Existe una compleja serie de circunstancias interrelacionadas que se deben tomar en consideración a la hora de seleccionar una fuente adecuada de agua. Factores como costo, condiciones meteorológicas, tecnología, hidrología, elementos sociales y políticos, son importantes para la selección de una fuente de agua para cada situación en particular (Development Technology Unit, Email: dtu@eng.warwick.ac.uk, 1999).

Aunque la cosecha de agua pluviales no es siempre la solución para todas las situaciones, sí puede desempeñar un papel importante y ofrecer un suministro alternativo de agua que suplemente a otros.

A mediados del siglo veinte, en muchas partes del mundo se dio un gran empuje a la implementación de proyectos de suministro y distribución de agua en gran escala, como represas y sistemas de tuberías. Por otra parte, a partir de los años ochenta, se ha comenzado a observar un renovado y creciente interés en las prácticas tradicionales de cosecha de aguas de lluvia para uso doméstico, tanto en áreas rurales como urbanas de muchos países en desarrollo, especialmente en África y Asia.

La adopción y expansión de sistemas de cosecha de aguas de lluvia se puede atribuir a una serie de factores, que incluyen:

- Gran escasez de aguas subterráneas y superficiales en algunas regiones.
- Creciente presión sobre recursos hídricos limitados.
- Mala calidad de aguas subterráneas y superficiales (por ejemplo que contienen arsénico o altos contenidos salinos).
- Insuficiencia de los sistemas convencionales de suministro de agua.
- Uso creciente de materiales de techado impermeables—como tejas y placas onduladas—que han ido reemplazando los techos tradicionales de paja o de juncos.
- Fabricación de diseños de tanques eficientes y de bajo costo (como los tanques de ferrocemento tailandeses).

Se calcula que en las áreas rurales del mundo hay decenas de millones de tanques de cosecha de aguas pluviales con capacidades mayores de 1 m³. La mayoría han sido construidos a partir de 1980, principalmente en países en desarrollo. Esto no sorprende en vista de que en 2002 sólo el 72 por ciento de los residentes rurales tenía acceso a un suministro mejorado de agua; y el 45 por ciento de esa cifra corresponde a la región del sub Sahara (WHO/UNICEF JMP, 2005).

En Asia, decenas de millones de personas dependen del suministro de agua de lluvias; particularmente en el noreste de Tailandia, China central e India. Muchos los gobiernos y autoridades locales y nacionales de esos tres países han demostrado un creciente interés en invertir en tecnologías de cosecha pluvial, promocionarlas e implementarlas. Desde 1983 sólo en Tailandia se han construido más de 10 millones de tanques de ferro-cemento para aguas de lluvia.

Otros países como Indonesia, Bangladesh, Las Filipinas, Nepal y Sri Lanka también están empezando a utilizar tecnologías de cosecha de aguas de lluvia, aunque en menor grado.

La cosecha y almacenamiento de agua de lluvias en pueblos y ciudades ofrece muchos beneficios, como la provisión de:

- Suministro suplementario para hogares con acceso limitado al agua para uso doméstico.
- Agua segura de emergencia para casos de desastre.
- Control de inundaciones durante períodos de mucha precipitación pluvial.

No obstante, hay ciertas restricciones para la cosecha de aguas de lluvia de uso doméstico en lugares urbanos, como una peor calidad de agua debido a la contaminación del aire, falta de espacio y alto costo de la tierra.

Cosechar aguas de lluvia para uso doméstico en países en desarrollo ofrece varios beneficios:

- El agua de lluvia es un recurso gratuito.
- Suplementa otras fuentes de agua y sistemas de servicios públicos.
- Mejora la seguridad de agua para uso doméstico y su conservación.
- Es relativamente simple de construir, instalar y operar.
- Es flexible y se adapta a una gran variedad de condiciones locales y ambientales.
- Permite que los hogares tengan un mejor suministro de agua de mejor calidad.
- Hace hincapié en la auto-ayuda en pequeña escala, con base en la comunidad.

El alcance y tamaño de los sistemas de aguas de lluvia en general se subdividen en sistemas de pequeña, mediana y gran escala. **Sistemas de gran escala** que no requieren filtración:

- Las aguas de inundación se desvían mediante terraplenes, bermas y pequeños diques para irrigación de crecidas, recarga de aguas subterráneas y control de inundaciones. Para ver un ejemplo de este trabajo, consúltese: <http://www.youtube.com/watch?v=SblZKRIBnk> para Cosecha de Aguas, Parte I: Rotary International, y http://www.youtube.com/watch?NR=1&feature=endscreen&v=V_SBrp74FVU para Cosecha de Aguas, Parte II: Videos de Rotary International.
- La escorrentía para uso agrícola, donde el agua se cosecha para regar cultivos.

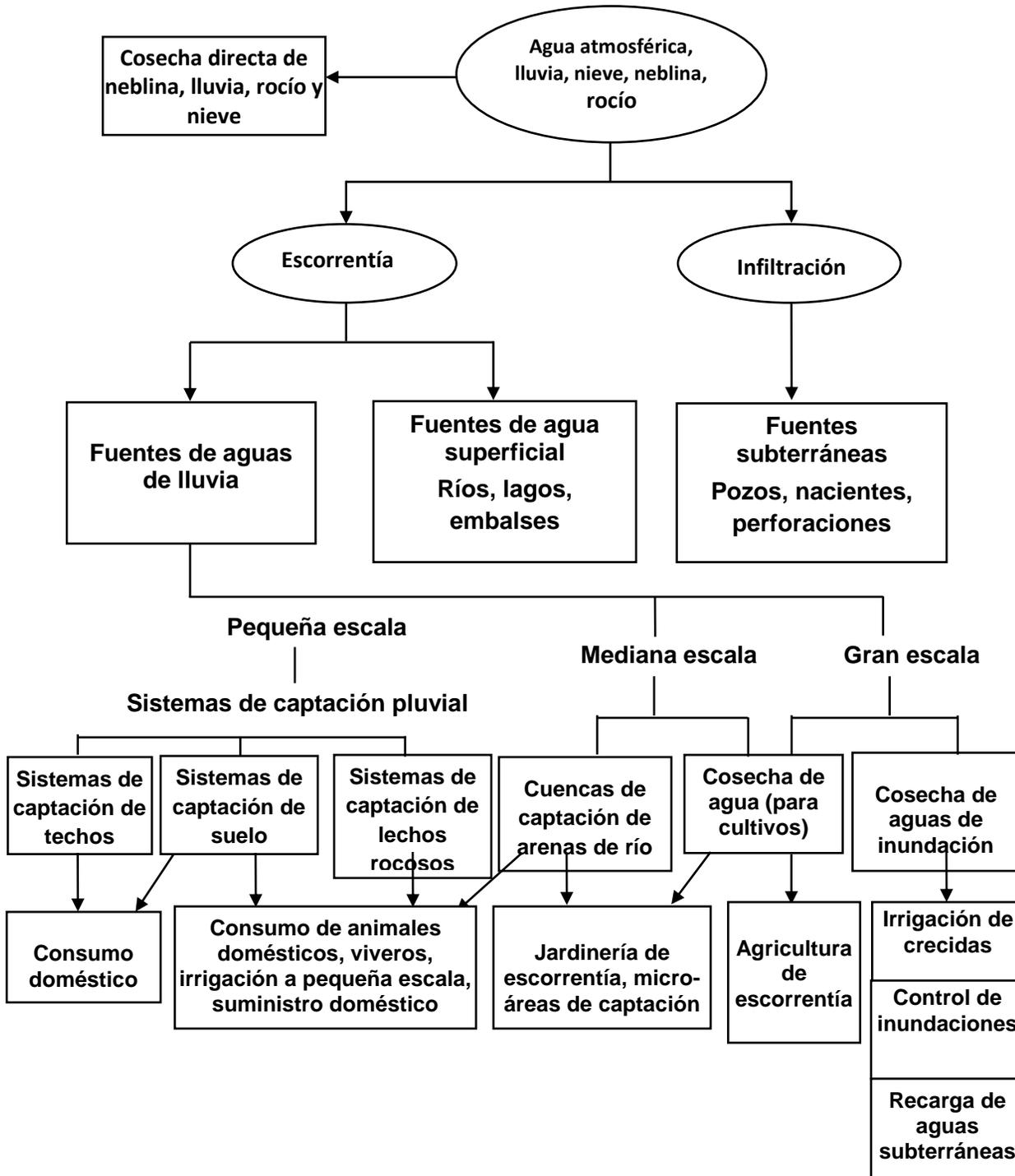
Sistemas de mediana escala que no requieren filtración:

- Micro-cuencas de captación y estructuras más pequeñas de cosecha de agua diseñadas para el uso de la escorrentía en jardines, agricultura de subsistencia doméstica, huertos domésticos y árboles individuales.

Sistemas de pequeña escala que sí requieren de algún tipo de filtración. Los tipos de filtración dependerán del tipo y grado de contaminación del agua cosechada.

- Captación directa de agua pluvial de techos y otros depósitos de captación, pequeñas cuencas superficiales construidas o naturales, y lechos rocosos de captación.

El diagrama de flujo siguiente muestra fuentes de agua y el contexto de los sistemas de captación pluvial.



Fuentes de agua y el contexto de los sistemas de captación pluvial (adaptado de Gould y Nissen-Petersen, 1999)

¿Qué es un sistema de techo de captación pluvial?

Los sistemas de techo de captación de aguas de lluvia son apropiados para el suministro de agua a hogares individuales, proveen un suministro directo, se pueden usar con una estructura existente (por

ejemplo una casa o edificio), son eficientes en la captación de aguas de lluvia debido a su alto coeficiente de escorrentía, y proveen agua de relativamente buena calidad.

De los materiales típicos de techado, los que mejor se adecúan a la cosecha pluvial incluyen las placas onduladas de fierro galvanizado, las tejas y las láminas de asbesto (DTU 2002).

Las fotos a continuación son ejemplos de los tres diferentes tipos de sistemas de captación más utilizados.



La suciedad, polvo y tierra se acumulan en el área de captación del techo, y cuando llega la primera lluvia, este material no deseado se escurre al tanque de almacenamiento. Para evitarlo, se debe incorporar un sistema para desviar el primer chorreo de agua para que no entre en el tanque y afecte la calidad del agua. Hay una serie de dispositivos simples de primer chorreo de agua, como también existen sistemas más complejos. La idea tras estos dispositivos es de alejar manualmente la tubería de bajada de aguas de la entrada al tanque, y luego volver a colocarla sobre la entrada una vez desviado el primer chorro.

Los sistemas de techo de captación pluvial también pueden usar sistemas de filtración y tanques de asentamiento para ayudar a retirar la suciedad y el sedimento en la entrada y a la salida del tanque de almacenamiento. Al igual que los anteriores dispositivos de chorreo, el nivel de sofisticación de los filtros varía desde tecnología muy rudimentaria a tecnología compleja.

Las características esenciales de los tanques de almacenamiento es que deben ser herméticos, duraderos, asequibles en cuanto a su costo y diseñados para no contaminar el agua. Hay dos tipos de tanques para almacenar agua: los tanques de superficie son los más comunes para almacenar el agua de lluvias cosechada de techos de ferro-cemento, concreto armado, metal, plástico, fibra de vidrio o madera. Algunas veces también se usan tanques bajo la superficie que usan ferro-cemento, concreto, ladrillos y revestimientos de arcilla natural.

La tapadera de un tanque de almacenamiento de agua debe encajar bien para evitar que insectos u otros contaminantes se introduzcan en él.

Las canaletas normalmente se usan para desviar el agua del techo, y vienen en una gran variedad de estilos y formas, desde tuberías PVC (de cloruro de polivinilo) a canaletas de bambú o láminas de metal dobladas fabricadas en el medio local. Las canaletas se fijan al edificio justo debajo del borde del techo. En países en desarrollo, las canaletas son muchas veces el eslabón más débil del sistema de cosecha pluvial.

A veces, en lugar de canaletas se usan bandas de deslizamiento, que son dorsales inclinados de metal, ladrillo, piedra o madera, construidos sobre el techo para dirigir la escorrentía hacia el tanque de almacenamiento.

La parte superior de la tubería de bajada de aguas tiene que tener una malla metálica fina para evitar que mosquitos u otros insectos entren al tanque de almacenamiento.

Hacia la parte inferior del tanque de almacenamiento debe haber una tubería de desagüe con una válvula de seccionamiento para su limpieza periódica. Encima de la tubería de desagüe deberá haber una tubería de acceso con válvula de seccionamiento, la cual debe estar lo suficientemente elevada para dar cabida a cubos de todo tamaño.

En la mayoría de los casos no se requiere una filtración adicional para servir de agua potable.

Ejemplo de un sistema de techo de captación pluvial en zonas rurales de la India

El sencillo método de cosechar aguas de lluvia con un sari es muy común en Kerala y Kamataka, áreas de abundante precipitación pluvial. Esta técnica tradicional se usa durante tres meses durante la temporada de monzones y en lugares donde el agua que se suministra no es potable.

En esas aéreas la gente no vacila en tomar el agua de lluvias. Pero las familias que usan el sistema de saris normalmente hierven el agua antes de tomarla. Algunos hogares guardan agua en pequeños receptáculos de almacenamiento para satisfacer su necesidad semanal de agua potable. Cada hogar por lo general tiene un sistema de cosecha con sari, que normalmente basta para suministrar suficiente agua potable para la familia. (Padree, 2004)

¿Qué es un sistema de captación de suelo?

Los sistemas de captación de suelo usan la superficie del terreno para captar las aguas de lluvia, y son apropiados para unos cuantos hogares o una comunidad. Se puede construir un área de captación específicamente para la recolectar el agua de lluvias, o ésta puede ya existir para otros fines (por ejemplo como superficies desgranadoras, patios de recreo o caminos).

Principales ventajas:

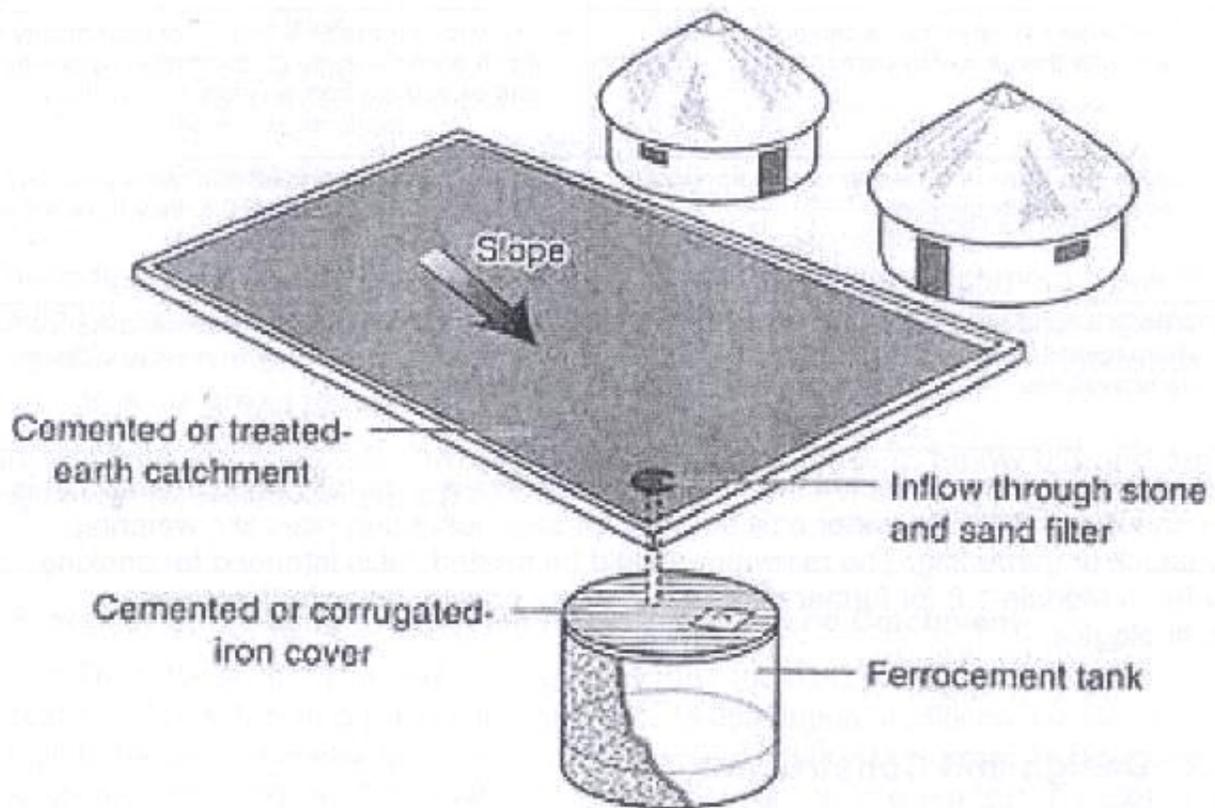
- Un área de captación más grande puede recolectar más agua de lluvias que un sistema de techo.
- Se pueden cosechar grandes cantidades de aguas de lluvia que sirvan de suministro para una comunidad.
- Capta una cantidad considerable de agua en áreas donde hay escasa precipitación pluvial y no existen otras fuentes de agua.

Principales desventajas:

- El agua recolectada por lo general es de mala calidad, ya que se puede contaminar fácilmente con suciedades y excrementos de animales y niños.
- La superficie del suelo por lo general no es tan eficiente como los techos para captar la escorrentía (tiene un menor coeficiente de escorrentía).
- La gente todavía tiene que ir por el agua y los tanques bajo la superficie hacen que sea más inconveniente sacar el agua para su uso.

Como el agua de lluvia recolectada en esas superficies de captación generalmente es de mala calidad, se la debe tratar antes de darle uso como agua potable.

La imagen a continuación es un ejemplo de un sistema de captación de suelo.



(Gould and Nissen-Petersen, 1999)

La escorrentía pluvial se puede recolectar en una superficie natural; pero muchos suelos tienen una alta capacidad de infiltración y un bajo coeficiente de escorrentía. Hay tres enfoques para reducir la infiltración y aumentar la cantidad de escorrentía pluvial recolectada en una superficie de captación de suelo.

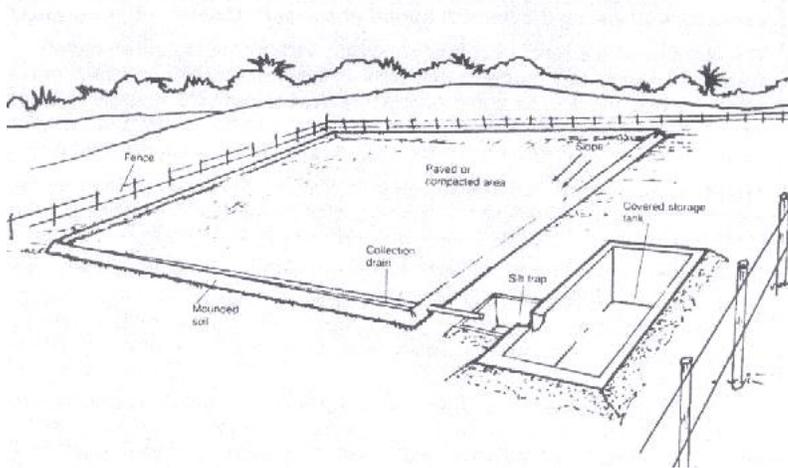
1. Cubierta – Las superficies naturales se cubren con un material impermeable, como caucho butílico, revestimientos de plástico, losetas y láminas de metal. Aunque estos materiales proveen un mayor coeficiente de escorrentía y reducen la contaminación, son caros y pueden no estar disponibles localmente.
2. Tratamiento – Se agregan materiales a las superficies del suelo para sellarlas, como cemento, cal, cera de parafina, aceite, asfalto, sales de sodio, silicona o arcilla. Tratar las superficies es una alternativa más barata para aumentar el coeficiente de escorrentía, aunque el costo puede aún ser considerable.
3. Compactación – Las superficies naturales del suelo se compactan y se les puede dar forma usando maquinarias manuales o maquinaria de excavaciones. Los suelos para desgranar y compuestos que se encuentran en los hogares rurales muchas veces tienen una superficie compactada que puede servir como superficie de captación. La calidad del agua es generalmente más pobre que las superficies cubiertas o tratadas, y es posible que se tenga que retirar el exceso de sedimentación del agua recolectada.

Para sistemas más pequeños de captación de suelo como las superficies para desgranar, la superficie por lo general tiene una pendiente para que las aguas de lluvia fluyan hacia la entrada del

tanque de almacenamiento. Para sistemas más grandes, como caminos, se necesita una red de desagüeros y canaletas para dirigir la escorrentía. Por ejemplo, en área semiáridas de Kenia, la escorrentía pluvial se desvía de las superficies de los caminos para la irrigación de cultivos usando canales de desviación y un sistema de transporte por canal (Kirimi, 1999).

¿Cómo se puede almacenar el agua de lluvia en presas para uso de la comunidad?

La escorrentía recolectada se puede almacenar en diferentes tipos de sistema, según lo dicte la necesidad. Los embalses también pueden ser de diferentes tipos. Se pueden encontrar sobre la superficie del suelo o debajo de la superficie. Los tanques sub-superficiales se pueden fabricar con materiales locales: ferro-cemento, concreto, ladrillo y revestimientos tradicionales de arcilla. Si la aplicación es adecuada, se puede extraer agua del embalse por medio de un drenaje, para ser filtrada y almacenada en un tanque cubierto.



Los embalses superficiales pueden contener grandes cantidades de agua, pero están expuestos a la evaporación y la contaminación. Los embalses superficiales abiertos también pueden tener una sedimentación excesiva y convertirse en caldo de cultivo de insectos, y por lo tanto, de enfermedades transmitidas por insectos (como el paludismo).

Generalmente se necesita algún tipo de filtro de entrada para evitar que se introduzca sedimento y suciedad al tanque de almacenamiento. También es importante que los tanques sub-superficiales tengan una tapadera para evitar que los niños y los animales se caigan adentro. Es muy recomendable construir un buen cercado alrededor del embalse.

¿Qué son los lechos rocosos de captación?

Se pueden construir lechos de captación rocosos en valles naturales u hondonadas levantando un dique de escombros, piedra machacada o mampostería para contener el agua. Los mejores y menos costosos lechos de captación son los que se dan naturalmente. Requieren de un lecho rocoso impermeable, expuesto y desarticulado capaz de contener las aguas de lluvia. Los lechos rocosos de granito son ideales para la captación de agua. Algunas de estas rocas grandes tienen superficies cóncavas que retienen el agua. Si la superficie es más convexa en la parte superior, se puede recolectar el agua que se escurre en un barril en los puntos de mayor escorrentía. Algunos de los sistemas de almacenamiento de aguas de lluvia más eficaces y baratos son los lechos rocosos de captación, las presas de terraplén, los diques de control y los diques de arena, pero el agua recolectada generalmente es de menor calidad, ya que se pueden contaminar fácilmente con desechos y excrementos. Se

recomienda el tratamiento del agua mediante una tecnología de casera si el agua se destinará al consumo humano. Para su éxito a largo plazo lo esencial es llevar a cabo inspecciones periódicas, limpieza, mantenimiento y, de vez en cuando reparaciones del lecho de captación.

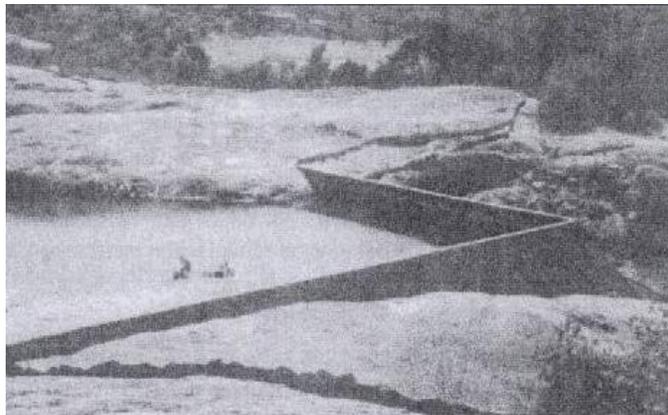


Foto de un sistema de captación de lecho rocoso en Kaseva, Mutomo en el Distrito de Kitui, Kenia. (Foto de Gould and Nissen-Peterson, 1999)

Otro tipo de lecho rocoso de captación que se usa en áreas más montañosas consiste en extraer agua de un manantial de roca y trasladar el agua por tuberías PVC (de cloruro de vinilo). El agua de manantial se puede almacenar en un tanque y transportar por tubería a las escuelas y hogares, con válvulas de seccionamiento o cierre. Este método es más caro para construir, y las tuberías y es posible que los accesorios de cañerías no estén disponibles en el ámbito local, pero el agua no tiene que ser filtrada para el consumo humano.

Para mantener la sostenibilidad de este tipo de sistema con tuberías de PVC y válvulas de seccionamiento o cierre, es necesario capacitar a los lugareños para llevar a cabo regularmente su inspección, limpieza y mantenimiento.

Ver el siguiente video:

<http://www.youtube.com/watch?v=HGjHU-agsGY&feature=youtu.be>

Casi todo el material presentado es del Manual de Cosecha de Aguas de Lluvia en Hogares (Household Rain Water Harvesting Manual) producido por el Centro de Tecnologías Asequibles de Agua y Saneamiento (CAWST – Center for Affordable Water and Sanitation Technology), Calgary, Alberta, Canadá.

¿Cuáles son algunas de las fuentes de contaminación de las aguas de lluvia?

El siguiente cuadro resume algunas de las fuentes de contaminación de las aguas de lluvia y los riesgos a la salud asociados a la contaminación.

Tipos y fuentes de contaminación de las aguas de lluvia

| Contaminante | Posibles fuentes | Riesgo a la salud |
|--|--|---|
| Patógenos como bacterias, virus y protozoarios | <ul style="list-style-type: none"> • Sistemas de captación de techo: Heces de aves o de animales. • Sistemas de captación de suelo: Heces humanas, de aves o de animales. | <ul style="list-style-type: none"> • Mayor riesgo de disminución calidad de agua. • Sistemas de captación de techos: Rara vez se reportan enfermedades. • Sistemas de captación de suelo: Generalmente el agua es de mala calidad y se debe tratar antes del consumo humano. |
| Polvo y ceniza | <ul style="list-style-type: none"> • Actividad volcánica • Incendios de monte | <ul style="list-style-type: none"> • No presentan un riesgo a la salud • Pueden afectar la turbidez, el sabor y el color del agua. |
| Metales pesados : (plomo, cobre, zinc, manganeso, cadmio) | <ul style="list-style-type: none"> • Techos viejos construidos con tapajuntas de plomo y pinturas con base de plomo. • Severa contaminación del aire en zonas urbanas proveniente de la industria y del parque automotriz. | <ul style="list-style-type: none"> • En circunstancias normales no es usual que se produzca seria contaminación. • El riesgo se reduce evitando el uso de tapajuntas de plomo y pinturas con base de plomo. |
| Dióxido de azufre (SO ₂), óxidos de nitrógeno (NO y NO ₂), hidrocarburos | <ul style="list-style-type: none"> • Contaminación del aire en zonas urbanas proveniente de la industria y del parque automotriz. | <ul style="list-style-type: none"> • Mayor riesgo en zonas urbanas. • Riesgo insignificante en zonas rurales. |
| Plaguicidas y herbicidas | Prácticas agrícolas. | Mayor riesgo en zonas de agricultura intensiva. |
| Asbesto o amianto | Materiales de techado antiguos | Aunque la inhalación de fibras de asbesto o amianto es peligrosa, no se cree que el asbesto en el agua potable constituya un riesgo para la salud. |
| Larvas de mosquitos o zancudos | Los mosquitos que ponen huevos en canaletas, tanques o sistemas de captación de suelo | <ul style="list-style-type: none"> • Son de particular riesgo en áreas tropicales donde los zancudos sirven como vectores de enfermedades como la fiebre del dengue, la fiebre amarilla y la malaria o paludismo. • El riesgo se reduce con el uso de rejillas de malla metálica en las entradas de agua al no permitir que el agua se estanque en las canaletas. |

(Gould & Nissen-Petersen, 1999, Gobierno de Australia, 2004; Mosley, 2005)

Lista de control para el uso de agua de cosecha pluvial

La cosecha pluvial normalmente se logra recolectando agua de los techos de casas, escuelas y otras estructuras para luego ser utilizada como agua potable. Las aguas de lluvia que se cosechan con sistemas de techo pueden contener heces animales y de aves, polvo, contaminación urbana, plaguicidas, etc. El mayor nivel de contaminación se presenta en la primera lluvia de la temporada, o después de un período seco. Por lo tanto el sistema deberá ser diseñado de tal forma que desvíe los primeros milímetros de precipitación, y el agua recolectada deberá ser tratada mediante desinfección o ebullición. Asimismo, los techos se deberán limpiar lo más posible al final de cualquier período seco prolongado. Se deberá tomar en cuenta las siguientes preguntas durante las etapas de planificación de un proyecto de cosecha pluvial.

1. Determinar la cantidad disponible de aguas de lluvia

- ¿Cuál es la precipitación pluvial promedio en un mes en el área de demanda donde se va a recolectar el agua? _____
- Si esta información no está disponible, ¿cuál es la precipitación pluvial promedio al mes que arrojan varios pluviómetros en áreas cercanas?

- ¿Hay períodos extensos de sequedad durante el año, o llueve todo el año? De ser así, ¿cuánto llueve? _____
- ¿Hay casas, escuelas u otras estructuras en el área de demanda cuyos techos sean adecuados para sostener canaletas instaladas para acanalar el agua? De ser así, indicar qué hay.

- ¿Cuál es el área del techo (proyección horizontal) de todas las estructuras que se van a utilizar para la cosecha pluvial?
- Calcular la cantidad total de agua disponible al mes multiplicando la precipitación pluvial promedio al mes por el área total de techos (proyección horizontal). _____

1. Determinar la demanda de agua

- ¿Cuánta gente recibirá servicio del sistema de cosecha pluvial? _____
- ¿Cuánta agua potable consume cada persona a diario? _____
- ¿Cuánta agua consume cada persona a diario para cocinar? _____ ¿Para bañarse? _____ ¿Para otros usos? _____
- Determinar la demanda mensual per cápita sumando la demanda de agua potable a otras demandas adicionales, y luego multiplicar el resultado por 30. _____
- Determinar cuánto almacenamiento se requiere per cápita multiplicando la demanda mensual de agua per cápita por el número de meses de temporada seca, y luego multiplicar esa cifra por 1,5 o 2,0, según la probabilidad de una sequía prolongada en la región.

2. Determinar la disponibilidad de materiales de construcción

- ¿Están a la venta localmente canaletas, tuberías PVC y tanques de almacenamiento, o tendrán estos que ser construido con recursos locales? _____
- ¿Se tendrán que importar ciertas piezas para el proyecto, y si es así, a qué costo?

- ¿Qué tamaño de recipientes de plástico o cisternas para almacenar agua se tendrán que comprar o construir para suministrar suficiente agua durante temporadas secas? (Multiplicar el número de gente en el hogar a recibir servicio por el almacenamiento per

cápita calculado en el anterior acápite 2e).

3. Determinar la necesidad de desinfección

- a. ¿Qué tipo de desinfección hay disponible (por ejemplo cloro)? _____
- b. ¿Rechaza la gente el uso del cloro en el agua potable (se rehúsa a usarlo a largo plazo) debido a su sabor? _____
- c. Si la respuesta a 4b es afirmativa, consultar a un experto (por ejemplo, del programa “Preguntar a un Experto” de WASRAG)
- d. ¿Qué desinfección debe efectuarse antes de consumir el agua? _____

CALIDAD DEL AGUA

¿Cuáles son los estándares de calidad de agua?

Los organismos regulatorios gubernamentales imponen estándares de calidad de agua para asegurar que sus ciudadanos tengan agua potable segura. Pero la presencia de Estándares de Calidad de Agua Nacionales no garantiza la seguridad pública, tal como se ve en muchos países en desarrollo. Este aspecto de seguridad pública depende enteramente del alcance, frecuencia y ubicación de los laboratorios de análisis de calidad de agua, y del enfoque sobre el mantenimiento y operación de las plantas de tratamiento. El aspecto económico, cultura y ética de trabajo muchas veces se contraponen a un suministro de agua segura que satisfaga los Estándares de Calidad de Agua.

El tratamiento de aguas servidas para cumplir con “estándares” normalmente se lleva a cabo en una “planta” de donde luego se distribuye (vende) en recipientes (botellas o bolsas) o por redes de tuberías a los hogares. Esta “planta” puede ser una central municipal de tratamiento de aguas o una empresa privada de comercialización que vende agua embotellada. Los Estándares de Calidad de Agua generalmente se aplican donde alguna dependencia del gobierno suministra agua a la población, o por una empresa que vende agua al público.

El sector filantrópico trabaja sobre el acceso y la seguridad del agua, y puede no tomar en consideración los Estándares Nacionales de Calidad de Agua o sentir la necesidad de hacerlo.

Por ejemplo, el acceso a fuentes mejoradas puede significar que se instala una tubería desde una fuente distante de agua – lo cual reduce el tiempo dedicado a cargar el agua al hogar, pero no necesariamente cambia su calidad. Muchas veces es necesario cobrar una pequeña tarifa para solventar el mantenimiento o la fuente de energía para el bombeo (electricidad o combustible).

En aquellos casos en que familias o comunidades son independientes (y usan sus propios pozos u otras fuentes, captación pluvial, sistemas y procesos de filtración y desinfección), las entidades filantrópicas que proveen sistemas de depuración de agua pueden no hacerlo en base a “mejores esfuerzos” debido a limitaciones tecnológicas o la cultura local.

Para entidades que trabajan en el sector filantrópico, como Rotary International, éste es un problema ético más que legal.

¿Cuál es la diferencia entre un estándar y una pauta?

Estándar: un límite forzoso que no se debe exceder, que refleja un deber u obligación.

Pauta: un límite recomendado que no se debería exceder. Las pautas no tienen como propósito constituirse en prácticas estándares o dar lugar a un deber u obligación legal, pero en ciertas circunstancias deben ayudar en el proceso de evaluación y mejora.

En 1982, la OMS cambió su enfoque de “Estándares Internacionales” a “Pautas”. La principal razón del cambio es la ventaja que provee el uso de un enfoque de riesgo-beneficio (cuantitativo o cualitativo) para establecer estándares y regulaciones nacionales. La aplicación de las pautas a los diferentes países debe tomar en consideración las circunstancias socio-culturales, ambientales y económicas específicas de cada país.

Muchos países han consultado estas Pautas y elaborado sus propios Estándares de Calidad de Agua en base a las mismas. Otros países, como Canadá, han elaborado Pautas Nacionales que cada provincia debe cumplir o exceder dentro de sus propios estándares legales locales.

Pautas de Calidad de Agua de la OMS:

http://whqlibdoc.who.int/publications/2011/9789241548151_eng.pdf

Pautas de Calidad de Agua de Canadá:

http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/water-eau/2010-sum_guide-res_recom/index-eng.php#a8

Pautas de Calidad de Agua de Nigeria:

http://www.unicef.org/nigeria/ng_publications_Nigerian_Standard_for_Drinking_Water_Quality.pdf

¿Para qué se da tratamiento al agua?

Los posibles riesgos microbiológicos de la contaminación son tales que su control siempre deberá ser de primordial importancia y nunca se deberá comprometer su seguridad. OMS 2011

Esta información proviene mayormente del Centro de Tecnologías de Agua y Saneamiento Asequibles (Center for Affordable Water & Sanitation – CAWST – www.cawst.org). Aunque el enfoque de depuración de aguas siempre deberá resolver el aspecto microbiológico, el consumo de aguas con niveles tóxicos de químicos también puede causar enfermedades. El riesgo de salud es más grande con respecto a dos productos químicos: el arsénico y el flúor.

En un creciente número de fuentes de suministro de agua en todo el mundo, particularmente en Asia, se está descubriendo contaminación con arsénico. Aunque todavía se desconoce el alcance total del riesgo de producir enfermedades, en Bangladesh – país con el problema más reportado – entre 35 y 77 millones de personas se encuentran en posible riesgo (Smith *et al.*, 2000).

El flúor también es un gran problema mundial, y la OMS (1999) calcula que en India y China afecta a más de 60 millones personas, y en el mundo entero a unas 70 millones.

Los Estándares de Calidad de Agua con frecuencia se dividen en los sectores descritos en detalle a continuación: Aceptabilidad, Microbiológicos y Químicos. .

Aceptabilidad

Pautas de la OMS para parámetros físicos

El aspecto, sabor y olor del agua potable deben ser aceptables para los consumidores. El cuadro a continuación muestra las Pautas de la OMS para la Calidad de Agua Potable en cuanto a sus parámetros físicos.

Pautas de la OMS para la Calidad del Agua Potable: Físicas

| Parámetros | Margen Disponible | Pauta de la OMS |
|-------------|--|--|
| Color | Incolora (aceptable) | 15 unidad de color del agua (TCU – True Color Unit) |
| Olor | Inodora (aceptable) | No se propone un valor basado relacionado con la salud |
| Temperatura | Agua fresca (aceptable) | No se propone un valor relacionado con la salud |
| Turbidez | Menos de 5 unidades de turbidez nefelométrica (Nephelometric Turbidity Unit – NTU) | Menos de 5 unidades de turbidez nefelométrica |

(WHO, 2007)

Posibles riesgos a la salud de contaminantes físicos

Los contaminantes físicos en sí no tienen efectos directos sobre la salud, pero su presencia puede estar relacionada a un mayor riesgo de contaminación biológica y química dañina a la salud humana. Por ejemplo, los mayores niveles de turbidez muchas veces se deben a altos niveles de patógenos que causan enfermedades, como virus, parásitos y algunas bacterias (OMS, 2007). Debe indicarse además, que si el agua turbia se desinfecta con cloro, éste es absorbido por los agentes sólidos suspendidos y es posible que no sirvan para matar bacterias y virus. Por lo tanto se deberá dar algún tratamiento al agua para que esté más clara físicamente antes de tratar de desinfectarla.

Microbiológicos

Pautas de la OMS para los contaminantes microbiológicos

Las Pautas de la OMS para la Calidad del Agua Potable recomiendan que toda el agua destinada para el consumo humano debe contener una contaminación fecal no detectable en cualquier muestra de 100 mL. Pero muchos países han elaborado sus propios estándares de calidad de agua, que pueden diferir de las Pautas de la OMS. Por ejemplo, en 2007 Nepal elaboró estándares nacionales para su agua potable según los cuales la presencia de la *E. coli* (*Escherichia coli*) debe ser nula por lo menos el 95% del tiempo.

Según la OMS, el riesgo de contaminación fecal, usando la *E. coli* como indicador, se indica en el siguiente cuadro. Muchos organismos de socorro también usan estos valores para determinar cuándo se requiere tratamiento de aguas en situaciones de emergencia (adaptado de Médecins Sans Frontières, 1994).

Contaminación fecal y su riesgo

| Nivel de <i>E. coli</i> (CFU por muestra de 100 mL) | Riesgo ¹ | Medida recomendada ² |
|---|---------------------|--|
| 0-10 | Calidad razonable | El agua se puede consumir tal cual |
| 10-100 | Contaminada | Si es posible, tratarla; pero se puede consumir tal cual |
| 100-1000 | Peligrosa | Se tiene que tratar |
| > 1000 | Muy peligrosa | Se rechaza por completo, o se le tiene que hacer una depuración rigurosa |

(¹ WHO, 1997, ² Harvey, 2007)

No existen técnicas rutinarias de análisis de calidad de agua para los virus, protozoarios y helmintos (gusanos parásitos). Las Pautas de la OMS recomiendan proteger la fuente y técnicas de tratamiento para asegurar su ausencia. El grado de tratamiento o depuración requerida viene a ser una función de la fuente de agua (subterránea o superficial) y el nivel de contaminación fecal de la fuente.

Para asegurar la ausencia de virus, las Pautas de la OMS recomiendan que se observen las siguientes condiciones para la desinfección con cloro:

- Cloro residual libre ≥ 0.5 mg/L
- Tiempo de contacto ≥ 30 minutos
- pH < 8.0
- Turbidez media ≤ 1 NTU
- Turbidez máxima = 5 NTU

Posibles riesgos a la salud

La mayoría de las infecciones humanas asociadas al agua se pueden categorizar según la fuente del patógeno, y la ruta mediante la cual la gente entra en contacto con el patógeno.

Enfermedades asociadas al agua contaminada con agentes patógenos

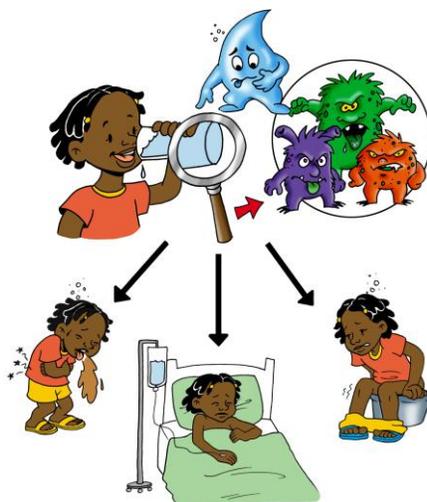
| Fuente | Ruta de contacto humano con el patógeno | Enfermedades asociadas | Intervenciones apropiadas |
|-------------------------------------|--|--|--|
| Que se transmiten a través del agua | Principalmente por tomar agua con contaminantes microbiológicos | Diarrea, cólera, tifoidea, shigelosis, hepatitis A y E. | Mejorar la calidad del agua potable eliminando o matando agentes patógenos. |
| A través del lavado | Causadas por el contacto con contaminantes microbiológicos. | Tracoma, infecciones cutáneas, sarna, micosis (<u>infecciones provocadas por un hongo</u>). | Mejorar la disponibilidad de agua para la higiene; mejorar las prácticas de higiene. |
| Transmitidas por el agua | Causadas por parásitos que penetran la piel o son ingeridos. | Esquistosomiasis, (<u>enfermedad parasitaria</u> producida por el <u>nematodo</u> , gusano de Guinea). | Reducir el contacto con aguas infectadas; sacar los parásitos del agua. |
| Insectos de agua vectores | Enfermedades no transmitidas por el agua sino por vectores, generalmente mosquitos o zancudos, cuyos ciclos de vida dependen de su acceso al agua. | Mosquitos o zancudos (malaria, fiebre del dengue, fiebre amarilla), oncocercosis (ceguera de río), mosca tse-tse (enfermedad del sueño). | Proteger el agua de la reproducción de insectos, controlar los insectos, evitar la picadura de insectos. |

Los agentes patógenos que se encuentran en el agua también se pueden dividir en cuatro categorías principales: bacterias, virus, protozoarios y helmintos (gusanos parasíticos).

Bacterias

Las bacterias son los microorganismos más comunes en heces humanas o de animales. Tomar agua contaminada por heces es la principal causa de enfermedades transmitidas por el agua. Normalmente se llama ruta de transmisión fecal-oral, ya que la fuente de los agentes patógenos son las heces humanas o de animales. En el caso de ciertas bacterias, unas pocas bastan para enfermarnos.

Las enfermedades más comunes transmitidas por bacterias del agua son la diarrea (gastroenteritis), el cólera y la tifoidea. Cerca de un millón ochocientos mil personas mueren al año por enfermedades diarreicas, incluyendo el cólera (OMS/UNICEF, 2005). Se calcula que el 88% de las enfermedades diarreicas son causadas por agua no segura, saneamiento inadecuado y mala higiene (OMS, 2004).



El cólera sigue siendo una amenaza mundial y es uno de los principales indicadores del desarrollo social. Si bien ya no amenaza a países con estándares básicos de higiene, sigue siendo un desafío en países donde el acceso a agua potable segura y saneamiento adecuado es limitado. Casi todos los países en desarrollo del mundo sufren de brotes de cólera o la amenaza de una epidemia de cólera (OMS, 2007).

Similar al cólera, la fiebre tifoidea es frecuente en países que carecen de acceso a agua potable segura y saneamiento. Se calcula alrededor de 17 millones de casos de tifoidea en el mundo, que causan 600.000 muertes (OMS, 2007).

Virus

Los virus son los patógenos más pequeños. No se pueden reproducir por cuenta propia y tienen que invadir una célula anfitriona para multiplicarse, lo cual trastorna las funciones u ocasiona la muerte de la célula anfitriona. Es más difícil y caro estudiar los virus, por lo que sabemos menos de ellos que de otros agentes patógenos.

Los virus transmitidos por el agua pueden causar diarrea, hepatitis A y hepatitis E. Pero los virus generalmente producen síntomas más leves que las bacterias. La hepatitis A brota esporádicamente alrededor del mundo y es más común en países en desarrollo donde se registran un millón y medio de casos al año (OMS, 2004).

Hay otros virus transmitidos por vectores que dependen del agua para sobrevivir. Por ejemplo, los mosquitos o zancudos transmiten enfermedades como la malaria o paludismo, la fiebre del dengue, la fiebre del Valle del Rift, la encefalitis japonesa, la fiebre del Nilo Occidental, la encefalitis equina, y la Chikungunya. La mayoría de estas enfermedades se dan en áreas tropicales y subtropicales.

El virus de la inmunodeficiencia humana (VIH) y el virus del resfrío común no se pueden transmitir por el agua ya que ésta no proporciona un ambiente favorable para su supervivencia.



Protozoarios

Los protozoarios son organismos unicelulares y algunos pueden sobrevivir sin anfitrión. Existen protozoarios que forman quistes que les permiten permanecer en estado latente y sobrevivir en ambientes rigurosos. Los quistes de protozoario entran en actividad cuando las condiciones ambientales se hacen más favorables.

Hay diferentes tipos de protozoarios capaces de causar enfermedades, como la ameba, el *Cryptosporidium* y la *Giardia*. En todo el mundo, las infecciones de amebas disentéricas son las más

comunes, y causan unos 500 millones de casos anuales. Estos protozoarios viven predominantemente en áreas tropicales.

La malaria o paludismo también es una infección parasítica transmitida por mosquitos o zancudos. Casi un millón trescientos mil personas mueren de malaria cada año, el 90% niños menores de 5 años. Se calculan unos 396 millones de episodios de malaria al año, mayormente en el África subsahariana (OMS, 2004).

Helmintos

Los helmintos o gusanos parasitarios necesitan un cuerpo anfitrión para sobrevivir, y generalmente se contagian a través de las heces humanas y de animales. Tanto los helmintos como los protozoarios se consideran parásitos. Pasan la mayor parte de sus vidas en anfitriones que viven en el agua antes de ser transmitidos a seres humanos. Muchos tipos de gusanos pueden vivir varios años y debilitar a sus anfitriones consumiendo su alimento.

Los tipos comunes de helmintos que causan enfermedades en los países en desarrollo incluyen los gusanos redondos o nematodos, los oxiuros, y los gusanos de Guinea. La OMS calcula que unas 133 millones de personas sufren de gusanos intestinales al año. Estas infecciones pueden tener consecuencias graves como daños cognitivos, disentería grave o anemia, y causan unas 9.400 muertes al año (OMS, 2000).

La esquistosomiasis es causada por los trematodos o gusanos platelmintos. Es una enfermedad generalizada que afecta a unas 200 millones de personas en el mundo. Aunque tiene un índice de mortalidad relativamente bajo, la esquistosomiasis causa síntomas graves en millones de personas. Dicha enfermedad suele ser consecuencia de desarrollo hídrico de gran escala, como la construcción de diques y canales de irrigación, los cuales proveen un ambiente de reproducción ideal para los gusanos platelmintos.

Dosis infecciosas

Una dosis infecciosa es el número mínimo de patógenos necesarios para causar una infección. La presencia de un microorganismo en el agua potable no siempre significa que nos vaya a enfermar. Para que cause una enfermedad, se debe ingerir más microorganismos que la dosis infecciosa. La dosis infecciosa es diferente según el tipo de agente patógeno. Generalmente los virus, protozoarios y gusanos tienen dosis infecciosas menores que las bacterias.

Los bebés, los niños pequeños, los enfermos y los ancianos son más susceptibles que los adultos sanos a morir por causa de una enfermedad relacionada con el agua. Para ellos la dosis infecciosa es mucho menor que para el adulto promedio. Por ejemplo, más del 90% de las muertes causadas por enfermedades diarreicas en el mundo en desarrollo afectan a niños menores de 5 años. (OMD/UNICEF, 2005)



Organismos indicadores

Analizar el agua en busca de cualquier agente patógeno concebible llevaría demasiado tiempo, y sería complicado y caro. En su lugar, la presencia o ausencia de ciertos organismos indicadores de bacterias se usa para determinar la seguridad del agua. El uso de bacterias como indicadores se remonta a 1885, cuando éstas se usaron en el primer análisis bacteriológico rutinario de la calidad del agua en Londres, Inglaterra (OMS, no se dispone de datos). Desde entonces, se ha visto que el análisis de indicadores es más barato, fácil de efectuar y arroja resultados más rápidamente que el monitoreo directo de agentes patógenos.

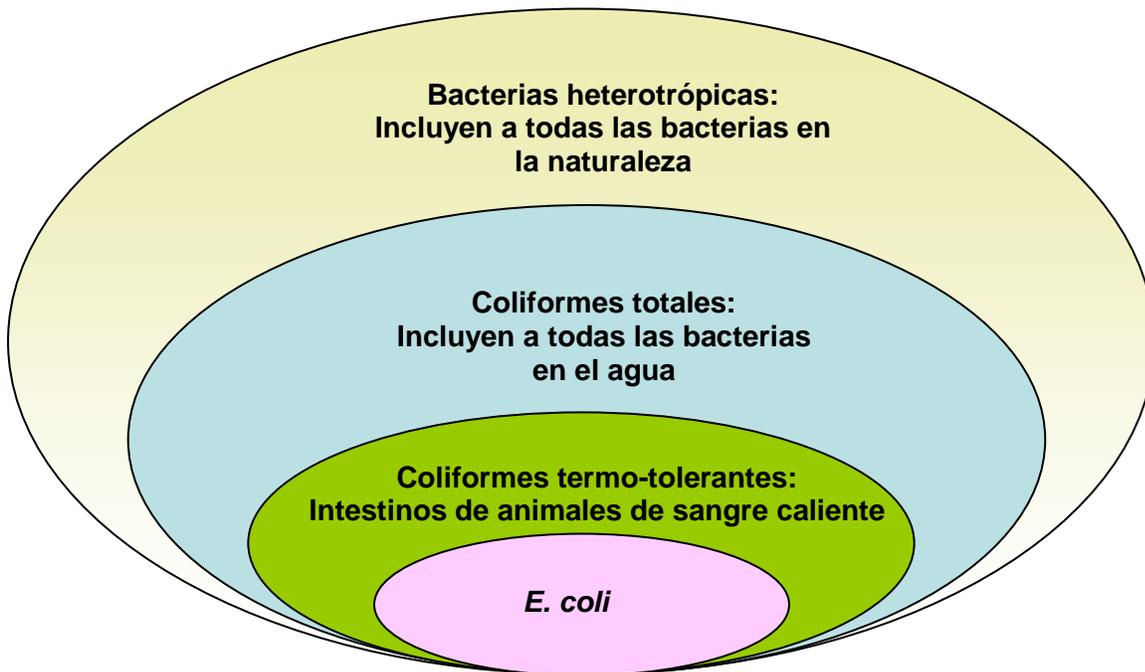
Los organismos indicadores idealmente deben poseer las siguientes características:

- Están presentes siempre que los agentes patógenos están presentes

- Están presentes en las mismas cantidades o cantidades mayores que los patógenos
- Son específicos de la contaminación fecal o por aguas servidas
- Son por lo menos tan resistentes como los agentes patógenos a las condiciones en los ambientes naturales del agua, y a los procesos de purificación y desinfección.
- No son patógenos.
- No se multiplican en el ambiente.

No hay un indicador universal que asegure que el agua esté totalmente libre de agentes patógenos, pero hay diferentes tipos, y cada uno con determinadas características. La selección de indicador depende de la relación entre el indicador y los agentes patógenos. Los indicadores coliformes son los que más se usan porque existen en altas proporciones, lo cual los hace más fáciles de detectar en una muestra de agua. Pero algunas bacterias patógenas (como la yersinia) pueden no tener ninguna correlación con los indicadores coliformes. Además de los indicadores coliformes, también se ha propuesto el uso de los estreptococos y enterococos fecales como indicadores de calidad de agua.

Los coliformes totales, los coliformes termo-tolerantes y la *Escherichia coli* (más conocida como *E. coli*) son los principales indicadores coliformes. Tal como aparece en el diagrama a continuación, los coliformes termo-tolerantes son un subtipo de los coliformes totales, y *E. coli* pertenece al grupo termo-tolerante.



Nota importante:

La presencia de indicadores bacteriales no siempre está correlacionada a la presencia de protozoarios o virus en el agua potable, y viceversa. Hay muchos casos de brotes de enfermedades transmitidas por el agua en los que el agua potable cumplía con todos los requisitos bacteriológicos de calidad de agua (así como los indicadores de eficiencia de proceso y otros parámetros de calidad de agua).

(BCCDC Environmental Health Laboratory Services, 2006)

Coliformes totales

Desde comienzos del siglo veinte se han usado los coliformes totales como indicadores del agua potable (EPA, 2006). Existen desacuerdos en el plano internacional sobre la importancia de este grupo de bacterias indicadoras para la salud pública, ya que no existen indicadores específicos de contaminación fecal. No obstante, es importante entender la definición básica de este grupo de bacterias para evaluar posibles riesgos, al relacionarse la presencia de estos organismos con la mala calidad de agua potable.

Originalmente, los coliformes totales incluían a 4 grupos de bacterias: *Escherichia*, *Klebsiella*, enterobacterias y citrobacterias. Estos 4 grupos se encuentran en las heces de animales de sangre caliente, incluyendo los seres humanos. Sin embargo, recientes investigaciones científicas han demostrado que los coliformes totales incluyen a un grupo mucho más amplio de bacterias que los 4 originales. Hasta la fecha se ha reconocido 19 grupos de bacterias bajo la clasificación de coliformes totales, de los cuales sólo 10 se relacionan con las heces. Varias especies de coliformes totales se relacionan con los suelos, la vegetación o los sedimentos de agua. Es decir, no todos los coliformes totales son indicativos de bacterias que provienen de las heces.

Investigaciones recientes también han demostrado que algunos grupos de coliformes totales que se encuentran en las heces animales también son capaces de replicarse en ambientes ricos en nutrientes, lo cual hace más difícil evaluar si el agua en la que se han detectado coliformes totales está contaminada con heces.

En conjunto, el grupo de coliformes totales se considera una medida menos específica para evaluar el riesgo a la salud pública. Es más, el grupo rompe con dos criterios básicos de un buen indicador, que son el requisito de que el microorganismo sólo se relacione con a las heces de animales y sea incapaz de replicarse en el ambiente. (Fuente: BCCDC Environmental Health Laboratory Services, 2006)

Coliformes (fecales) termo-tolerantes

Los coliformes termo-tolerantes son un subgrupo del grupo de coliformes totales. Antes se les conocía como coliformes fecales ya que se encuentran en animales de sangre caliente (aves y mamíferos). Históricamente se han usado ampliamente los coliformes fecales como indicadores bacteriales de contaminación fecal. Entre los coliformes que se encuentran en las heces humanas, el 96,4% son coliformes fecales. Se distinguen de los coliformes totales por su habilidad de propagarse a temperaturas más altas (42°C - 44.5°C), una propiedad muy útil para el laboratorio. Cuando se compara con la presencia de coliformes totales, la presencia de coliformes fecales en una muestra de agua aumenta considerablemente los posibles riesgos para la salud.

Los coliformes termo-tolerantes son indicadores más específicos de contaminación fecal que los coliformes totales (EPA, 2006). Más recientemente, la *E. coli* ha reemplazado a coliformes fecales como el indicador preferido, por ser un indicador más específico de contaminación por heces humanas o de animales. (Adaptado de BCCDC Environmental Health Laboratory Services, 2006)

Escherichia Coli (E. coli)

La *E. coli* es el indicador más importante para el análisis de calidad del agua potable, y ya se ha usado por más de 50 años. Es un coliforme que se encuentra predominantemente en las heces de animales de sangre caliente. La mayoría de las *E. coli* son inocuas; pero hay algunas cepas (como la O157:H7), respecto a las cuales se sabe que ocasionan diarreas graves y otros síntomas.

La *E. coli* tiene similares propiedades bioquímicas a las de otros coliformes, pero se distingue por la presencia de la enzima β -glucuronidasa y galactosidasa. Muchos métodos diferentes de análisis de agua usan la presencia de esta enzima para la detección de la *E. coli* en muestras de agua. Más del 95% de la *E. coli* analizada hasta la fecha tiene esta enzima. Debe observarse que la mayoría de las cepas de O157:H7 no producen esta enzima, y es una de las pocas que no se pueden detectar con métodos

basados en la enzima β -glucuronidase y galactosidase. No obstante, es remota la posibilidad que la O157:H7 sea la única cepa de *E. coli* presente en muestras de agua con contaminación fecal.

La *E. coli* tiene una capacidad de sobrevivencia muy limitada y escasas posibilidades de multiplicarse afuera del anfitrión. Por lo tanto es el más apropiado indicador de agua con contaminación fecal, y el principal indicador bacterial para fines de salud pública. Las investigaciones muestran que las células de la *E. coli* son capaces de servir por lo menos 10 días en bio-láminas, aún con altos niveles de desinfección (EPA, 2006).

Estreptococos y enterococos fecales

De manera paralela a las investigaciones sobre los coliformes, se han estado investigando otro grupo de bacterias como importantes indicadores, el grupo de los estreptococos fecales. Los cuatro puntos a favor de los estreptococos fecales son (OMS, 2001):

- Números relativamente altos en los excrementos humanos y de otros animales de sangre caliente.
- Presencia en aguas servidas y aguas conocidamente contaminadas.
- Ausencia en aguas puras y ambientes que no tienen contacto con vida humana y animal.
- Persistencia sin multiplicación en el ambiente.

Los estreptococos y enterococos fecales generalmente están ausentes en aguas puras no contaminadas que no tienen contacto con vida humana y animal. La excepción es su crecimiento en los suelos y plantas de climas tropicales. Pero para la determinación de la calidad del agua se pueden considerar indicadores de contaminación fecal, aunque algunas de estas bacterias pueden provenir de otros hábitats, por lo que son menos confiables como indicadores que la *E. coli*. Además, tampoco son buenos indicadores de contaminación fecal si hay presencia de protozoarios patógenos (US EPA, 2006).

Indicadores microbiológicos excretados en las heces de animales de sangre caliente (número promedio por peso húmedo en gramos)

| Grupos | coliformes termo-tolerantes | Estreptococos fecales |
|---------------------------|------------------------------------|------------------------------|
| Animales de granja | | |
| Pollo | 1.300.000 | 3.400.000 |
| Vaca | 230.000 | 1.300.000 |
| Pato | 33.000.000 | 54.000.000 |
| Caballo | 12.600 | 6.300.000 |
| Cerdo | 3.300.300 | 84.000.000 |
| Oveja | 16.000.000 | 38.000.000 |
| Pavo | 290.000 | 2.800.000 |
| Mascotas | | |
| Gato | 7.900.000 | 27.000.000 |
| Perro | 23.000.000 | 980.000.000 |
| Seres humanos | 13.000.000 | 3.000.000 |

(Adaptado de OMS, 2001)

Nota importante:

Los indicadores bacteriales como la *E. coli* no son indicadores absolutos de la presencia de agentes patógenos. Más bien la presencia de estos indicadores bacteriales en una muestra de agua es coincide con el hecho de que probablemente el agua esté contaminada con heces y constituya un mayor riesgo de causar enfermedades.

Las aguas contaminadas con materiales fecales pueden contener, como pueden no contener microorganismos patógenos. Por ende, tomar agua contaminada con bacterias puede causar una enfermedad o no. El concepto de usar bacterias como indicadores de calidad de agua y salud pública se basa en el riesgo por asociación.

(BCCDC Environmental Health Laboratory Services, 2006)

Químicos

Pautas de la OMS para contaminantes químicos

En la naturaleza realmente no existe el agua “pura”, ya que toda agua contiene algún agente químico natural que se ha filtrado del entorno físico circundante. En la mayoría de los casos, los niveles de sustancias químicas que se dan naturalmente en el agua son ya sea beneficiosos, o de consecuencia mínima. También hay muchos productos químicos artificiales que pueden contaminar el agua y afectar su empleo. Las fuentes de contaminantes químicos se pueden dividir en los siguientes cinco grupos.

Fuentes de contaminación química

| Fuentes de las sustancias químicas | Ejemplos | Químicos |
|--|--|--|
| Sustancias químicas naturales | Rocas y suelos | Arsénico, bario, boro, cromo, flúor, manganeso, molibdeno, selenio, sodio, sulfatos y uranio |
| Sustancias químicas derivadas de actividades agrícolas | Aplicación de estiércol, fertilizantes y plaguicidas; prácticas intensivas de producción de animales | Amoniaco, nitratos, nitritos, DDT |
| Sustancias químicas consecuencia de asentamientos humanos | Eliminación de aguas servidas o negras, escorrentía urbana y fuga de combustibles | Nitratos, amoniaco, metales pesados, plaguicidas y otros químicos orgánicos |
| Sustancias químicas derivadas de actividades industriales | Manufactura, procesamiento y minería | Antimonio, cadmio, cianuro, plomo, níquel, mercurio |
| Sustancias químicas derivadas del tratamiento y distribución de agua | Sustancias químicas derivadas del tratamiento de agua; corrosión y lixiviación de tanques de almacenamiento y tuberías | Aluminio, cloro, yodo, plata, zinc |

(OMS, 2004)

Los riesgos asociados al agua contaminada con químicos se identifican a través de análisis exhaustivos de muestras de agua. Una vez que se identifica un contaminante, es posible establecer las

implicaciones que tendrá sobre la salud pública usando resultados de investigaciones previas. Pero la mayoría de los países en desarrollo carece de los recursos para adquirir estos conocimientos.

Las pautas de agua potable de la OMS fueron recomendadas en base a una dosis tolerada de ingestión diaria de contaminantes. La dosis tolerada de ingestión diaria se calcula en base al peso de un individuo y la cantidad de consumo de agua (OMS, 2006).

La OMS ha podido establecer una serie de pautas para el agua potable segura basada en investigaciones válidas y experimentos, las cuales recomiendan las máximas concentraciones del contaminante químico para el agua potable. A pesar de las Pautas para la Calidad del Agua Potable de la OMS, los estándares varían de país en país y de región en región. No hay un solo enfoque usado por todo el mundo. Cada país decide si adoptar o no las Pautas de la OMS, según sus gobiernos, políticas, recursos disponibles y necesidades locales.

La OMS no incluye algunos parámetros químicos como el hierro, calcio, sodio, magnesio y zinc en las pautas de agua potable, ya que las investigaciones indican que estas sustancias químicas no presentan riesgos a la salud pública u otros problemas estéticos que se puedan encontrar en el agua potable,

Pautas de la OMS para el agua potable: Químicas

| Sustancias químicas | Nivel máximo |
|---------------------|---|
| pH | No se indica un valor de riesgo para la salud |
| Amoniaco | No se indica un valor de riesgo para la salud |
| Antimonio | 0.02 mg/L |
| Arsénico | 0.01 mg/L |
| Bario | 0.7 mg/L |
| Boro | 0.5 mg/L |
| Cadmio | 0.003 mg/L |
| Cloro (libre) | 0.5 mg/L |
| Cloruro | 0.7 mg/L |
| Cromo | 0.05 ppb |
| Cobre | 2.0 mg/L |
| Cianuros | 0.07 mg/L |
| Flúor | 1.5 mg/L |
| Hierro | No se indica un valor de pauta |
| Plomo | 0.01 mg/L |
| Manganeso | 0.4 mg/L |
| Mercurio | 0.006 mg/L |
| Molibdeno | 0.07 mg/L |
| Níquel | 0.07 mg/L |
| Nitratos | 50 mg/L |
| Nitritos | 3 mg/L |
| plata | No se indica valor de pauta |
| Selenio | 0.01 mg/L |
| TDS | No se indica un valor de riesgo para la salud |
| Uranio | 0.015mg/L |

(OMS, 2006)

Posibles efectos para la salud

El efecto del contaminante sobre la salud humana depende mayormente del tipo de contaminante, su concentración, la duración y la frecuencia de exposición al mismo. La edad del usuario, su condición física y de salud, y su inmunidad también pueden tener una gran influencia sobre el efecto resultante sobre su salud. Una lista de contaminantes químicos y los riesgos que presentan a la salud, así como posibles fuentes de contaminación aparecen en el siguiente recuadro.

Posibles impactos de la contaminación química en la salud

| Químico | Posible efecto de la ingestión de agua sobre la salud | Fuente de contaminación |
|--------------|--|--|
| Amoniaco | La presencia de amoniaco en el agua potable no tiene una relevancia inmediata para la salud. No existen pautas de salud. | El desagüe, los vertederos de aguas servidas o de desechos animales de actividades ganaderas |
| Antimonio | Una enfermedad a que causa picazón en la piel, la cual se irrita, se vuelve áspera y se quiebra. Un contacto regular prolongado con el antimonio puede causar eczemas y dermatitis. | Puede haber altas concentraciones de antimonio en los drenajes ácidos de áreas mineras y áreas volcánicas activas. |
| Arsénico | Puede causar enfermedades a la piel (Melanosis y Keratosis), problemas al sistema circulatorio, hipotensión y enfermedad vascular | Erosión de depósitos naturales; escorrentía de huertos, escorrentía de fábricas de vidrio y productos electrónicos. |
| <u>Bario</u> | No implica un riesgo a la salud. La principal ruta de excreción del bario en los seres humanos es fecal. 20% se excreta en las heces y 7% se excreta por la orina en cuestión de 24 horas. | Vertido de desechos de taladro; vertido de efluentes de refinерías de metal; erosión de depósitos naturales |
| Boro | Puede tener una influencia indirecta sobre los huesos y el metabolismo. El boro es muy difícil de eliminar del agua, y generalmente no se encuentra en altas concentraciones. | Las concentraciones de boro pueden ser mayores en el agua potable subterránea en áreas con rocas volcánicas. |
| Cloro | Los efectos del cloro no se observan a los niveles en que normalmente se encuentran en el medio ambiente. Una alta dosis de cloro irrita la piel, los ojos y el sistema respiratorio. | Es necesario monitorearlo; normalmente al momento del tratamiento. |
| Cloruro | Varios estudios sugieren que el ion de cloruro puede desempeñar una función más activa e independiente en la función renal y nutrición. | El cloruro está ampliamente distribuido en la naturaleza, generalmente como sales de sodio (NaCl) y potasio (KCl). |
| Cromo | No se ha atribuido ningún efecto de importancia a la ingestión de agua potable con altos niveles de cromo. | La mayoría de los suelos y rocas contienen pequeñas cantidades de cromo en diferentes formas |
| Cadmio | Altas dosis de cadmio causan daños renales | Corrosión de tuberías galvanizadas; erosión de depósitos naturales; vertido de efluentes de refinерías de metales; escorrentías de baterías descartadas y pinturas |
| Calcio | No existe evidencia de efectos adversos a la salud atribuibles específicamente al calcio en el agua potable. | La concentración de calcio en el agua depende del tiempo que el agua reside en formaciones geológicas ricas en calcio. |
| Cobre | El cobre es un elemento esencial del metabolismo humano. Aunque ingerir dosis altas de cobre causa efectos adversos a la salud, sus niveles de concentración cuando esto ocurre son mucho mayores que los límites permisibles. | El cobre y sus compuestos están ampliamente distribuidos en la naturaleza, y con frecuencia se encuentra cobre en las aguas superficiales y en algunas aguas subterráneas. |
| Cianuro | Daño a los nervios o problemas a la tiroides. | El vertido de efluentes de fábricas de acero/metal y de fábricas de plásticos y fertilizantes |

| Químico | Posible efecto de la ingestión de agua sobre la salud | Fuente de contaminación |
|--|--|--|
| Flúor | Enfermedad a los huesos (dolor de huesos). A los niños les pueden crecer dientes manchados. | Erosión de depósitos naturales; vertido de efluentes de fábricas de fertilizantes y aluminio. Puede haber altas concentraciones de flúor en aguas subterráneas en áreas con rocas volcánicas ácidas, rocas ígneas (alcalinas) ricas en sodio o rocas volcánicas, y en algunos terrenos sedimentarios o metamórficos. |
| Hierro | Una dosis de hasta 2 mg/l no presenta ningún riesgo a la salud | El hierro generalmente está presente en las aguas superficiales en forma de sales, cuando su pH es mayor de 7. La mayoría de esas sales son insolubles y se asientan o son adsorbidas a otras superficies. |
| Plomo | Bebés y niños: retraso en el desarrollo físico o mental. Los niños pueden manifestar ligeros déficits en su capacidad de concentración y habilidad de aprender. Adultos: problemas renales; hipertensión. | Corrosión de las cañerías caseras; erosión de depósitos naturales. |
| Manganeso | No presenta ningún efecto adverso a la salud. Como con el hierro, la presencia de manganeso en el agua puede causar la acumulación de microbios en el sistema de distribución. | Los productos de la acción en los depósitos de manganeso superficiales sólo contribuyen ligeramente al contenido de manganeso en las aguas de los ríos y mares. |
| Mercurio | La ingestión diaria a largo plazo de unos 0,25 mg de mercurio como mercurio metílico causa el inicio de síntomas neurológicos y daños renales. | Se pueden encontrar altas concentraciones de mercurio en los suministros de aguas subterráneas y superficiales en áreas de minería de oro cuando se usa mercurio para su extracción. |
| Molibdeno | Una dosis alta de molibdeno causa problemas hepáticos, y dolor en las articulaciones de las rodillas, manos y pies. | Es un elemento relativamente raro en la corteza terrestre. Altas concentraciones de molibdeno se pueden encontrar en las aguas subterráneas de áreas mineras con yacimientos sulfurados. |
| Níquel | Mayores posibilidades de cáncer al pulmón, la nariz, defectos congénitos, reacciones alérgicas y trastornos al corazón. | Presente en relaves industriales (revestimiento de níquel). Su monitoreo es esencial si se conoce la fuente específica de la contaminación. |
| <u>Nitratos (medidos como Nitrógeno)</u> | Bebés menores de seis meses que toman agua con un exceso de nitratos se pueden enfermar gravemente; y si no reciben tratamiento pueden morir. Los síntomas incluyen falta de aliento y el síndrome de bebé azul. | Escorrentía del uso de fertilizantes; lixiviación de tanques sépticos y desagües; erosión de depósitos naturales. |
| Potasio | En personas saludables, es improbable que el potasio tenga efectos adversos. Es rara la intoxicación por ingestión de potasio, porque dosis individuales grandes normalmente inducen el vómito. | El potasio se encuentra en varios minerales, de los cuales se puede haber disuelto por la acción de los elementos. Una serie de compuestos de potasio, principalmente el nitrato de potasio, son populares fertilizantes sintéticos. |

| Químico | Posible efecto de la ingestión de agua sobre la salud | Fuente de contaminación |
|----------------------------|---|---|
| Sodio | No tiene efectos adversos a la salud. | Los compuestos de sodio están ampliamente distribuidos en la naturaleza. Las fuentes naturales del sodio provienen de la acción de los elementos sobre los depósitos de sal, y el contacto del agua con rocas ígneas. |
| Total de sólidos disueltos | Aunque no presentan riesgos directos a la salud, altas concentraciones pueden no ser aceptables por su sabor. | Principalmente son compuestos de sales inorgánicas provenientes de la erosión de depósitos naturales y de la escorrentía. |
| Uranio | No hay evidencia de efectos perjudiciales causados por la ingestión de uranio en el agua potable. | El uranio se encuentra ampliamente distribuido en el ambiente geológico, pero en concentraciones altas en rocas de granito y minerales sulfuros. |
| Zinc | No tiene un efecto adverso sobre la salud. El zinc es un elemento esencial para el crecimiento humano. | Las emisiones industriales y domésticas contribuyen una cantidad considerable de zinc al aire y al agua. |

(OMS, 2006)

Sustancias químicas peligrosas en los países en desarrollo

Arsénico

El arsénico es un elemento tóxico que ocurre naturalmente en el agua, y es uno de los mayores problemas químicos en los países en desarrollo. Es posible encontrar altos niveles de arsénico en los pozos profundos de más de 30 países. Sólo en el sur de Asia, se calcula que niveles no seguros de arsénico en el agua potable afecta a aproximadamente 60 a 100 millones de personas. Bangladesh es el país más afectado, donde unas 35 a 60 millones de sus 130 millones de habitantes están expuestos a agua contaminada con arsénico.

El efecto inicial de ingerir agua contaminada con arsénico por varios años es la melanosis. La melanosis son manchas claras u oscuras que empiezan a aparecer en la piel, en el pecho, la espalda o las palmas. Después pueden aparecer queratosis y otras lesiones. Queratosis a son enfermedades de la piel caracterizadas por el engrosamiento del epitelio en las palmas y los pies. Tomar agua contaminada con arsénico con el tiempo puede causar cáncer al pulmón, vejiga, piel, hígado y de próstata. También causa enfermedades vasculares, efectos neurológicos y defectos en el desarrollo infantil.

Actualmente no existe ninguna cura eficaz para el envenenamiento con arsénico. La única prevención es tomar agua libre de dicho elemento.

Flúor

El flúor proveniente de fuentes geológicas naturales también puede contaminar el agua subterránea. La concentración de flúor varía según el tipo de roca a través del cual fluye el agua, y la exposición de una persona depende principalmente del lugar donde vive.

El flúor en pequeñas cantidades suele ser beneficioso para los dientes. Pero a dosis mayores, con el tiempo aumenta el riesgo de que una persona se enferme de fluorosis dental, que le destruye los dientes manchándolos y picándolos. Con el tiempo, la exposición crónica al flúor aumenta el riesgo de fluorosis del esqueleto por su acumulación en los huesos, lo cual tiene como consecuencia la discapacidad ósea.

Los que corren el mayor riesgo de contaminación con flúor son los bebés y niños pequeños, ya que sus cuerpos aún están creciendo y se están desarrollando.

Nitratos y Nitritos

Los nitratos y nitritos naturalmente se dan en compuestos del medio ambiente que forman parte del ciclo de nitrógeno. A los nitratos se les da amplio uso como fertilizantes, y los nitritos se usan principalmente como conservantes, especialmente en carnes curadas.

La concentración de nitratos en aguas subterráneas y superficiales normalmente es baja, pero puede llegar a altos niveles como resultado de lixiviación o escorrentías agrícolas (con fertilizantes), contaminación de estiércol, o aguas servidas domésticas (OMS, 2006).

Altos niveles de nitratos en el agua potable pueden causar una enfermedad grave y a veces la muerte. El principal riesgo a la salud es la metahemoglobinemia o síndrome del bebé azul, que se observa en neonatos alimentados con fórmula para lactantes. Los síntomas incluyen falta de aliento y su piel se vuelve azul debido a la falta de oxígeno. El síndrome del bebé azul puede volverse crítico cuando la salud del neonato empeora rápidamente en unos cuantos días (EPA, 2006).

Plomo

La contaminación con plomo generalmente proviene de fuentes artificiales. Las tuberías de plomo todavía se usan ampliamente en las casas viejas de algunos países, y soldadura de plomo es de uso generalizado para unir tuberías de cobre. El uso de tuberías de plomo puede causar niveles elevados de plomo en el agua potable, especialmente en áreas con agua suave o ácida (de bajo pH). En la medida de lo posible se deben reemplazar las tuberías de plomo para prevenir la contaminación del agua potable.

La exposición a largo plazo a niveles bajos de plomo pueden causar efectos neurológicos adversos, especialmente en neonatos, niños pequeños y mujeres embarazadas. La exposición al plomo es más grave para bebés y niños pequeños porque lo absorben con mayor facilidad que los adultos y son más susceptibles a sus efectos perjudiciales. Incluso la exposición a niveles bajos de plomo puede perjudicar el desarrollo intelectual, conductual y físico de los niños, así como la audición de neonatos (Environment Canada, 2004).

Materiales radioactivos

La radiación proviene tanto de fuentes naturales como hechas por el hombre. La mayor parte de nuestra exposición a la radiación proviene de fuentes naturales. Los materiales radioactivos en el agua potable pueden provenir de:

- Uranio que ocurre naturalmente en rocas subterráneas, que emite radón al agua subterránea;
- Procesos industriales con materiales radioactivos naturales (como la minería y el procesamiento de arenas minerales, o la producción de fertilizantes de fosfatos);
- Ciclos de combustible nuclear; e
- Uso indebido y eliminación de materiales radioactivos médicos e industriales (OMS, 2006).

Existe evidencia que la exposición a dosis de radiación baja o moderada puede aumentar la incidencia del cáncer a largo plazo. Pero este tipo de riesgo en el agua potable rara vez es un problema de salud pública. Si la concentración de isótopos radioactivos en el agua potable está por debajo de las pautas de la OMS, no se considera que causen efectos perjudiciales a la salud. Debido a la baja concentración de materiales radioactivos que se encuentra normalmente en suministros de agua potable, no se considera que causen efectos perjudiciales agudos a la salud (OMS, 2006).

Lista de control para evaluar la calidad del agua

Es fundamental determinar la calidad de la fuente de agua para la sostenibilidad a largo plazo de los proyectos hídricos. Se deberán plantear las siguientes preguntas antes de proceder con la planificación del proyecto.

1. **¿Cuáles son los problemas de salud de la comunidad, y están estos relacionados al suministro de agua?**
 - a. ¿Cuáles son los problemas de salud de la comunidad que será servida por el proyecto de agua? _____
 - b. ¿Algunos de esos problemas de salud son causados por organismos transmitidos a través del agua, en cuyo caso, qué organismos? _____
 - c. ¿Algunos de esos problemas de salud son causados por contaminantes orgánicos, inorgánicos o químicos, en cuyo caso, qué contaminantes?

2. **¿Cuáles son los estándares de salud?**
 - a. ¿Hay estándares sanitarios oficiales para la calidad del agua en el país? _____
 - b. ¿Se cuenta con una copia de dichos estándares? _____
 - c. ¿Quién los administra? _____
 - d. ¿Alguien monitorea la salud de una comunidad habitualmente? _____

3. **¿Hay disponibles análisis recientes de calidad de agua?**
 - a. ¿Hay disponibles análisis recientes de calidad de agua, y se cuenta con una copia de los mismos? _____
 - b. ¿Quién hizo los análisis de las muestras: un laboratorio confiable? _____
 - c. El laboratorio identificado en # 9, ¿está disponible para su uso en el futuro? _____
 - d. ¿Qué elementos constitutivos son problemáticos para los suministros de agua potable?

 - e. ¿Se conoce alguna tecnología de tratamiento apropiada para la comunidad, que atenúe el efecto de los contaminantes riesgosos? _____
 - f. Si NO hay disponibles análisis recientes de calidad de agua, ¿se está preparado para tomar muestras de la fuente de agua que se usará en el proyecto?
 - ¿Se ha identificado un laboratorio confiable para los análisis? _____
 - ¿Tiene el laboratorio recipientes para su uso en la recolección de muestras?

 - ¿Ha mostrado el laboratorio la manera correcta de extraer y guardar las muestras requeridas? _____
 - ¿Se han tomado precauciones para verificar si el laboratorio está falsificando el análisis o cometiendo errores sin querer? Esto se hace presentando una muestra de agua potable limpia embotellada o agua cuya calidad se conoce de antemano.

4. **¿Se han hecho los arreglos para sacar muestras y analizar periódicamente la fuente de agua después de completarse el proyecto? _____ ¿Quién lo hará? _____ ¿Con qué frecuencia? _____**

PERSPECTIVA GENERAL DE TECNOLOGÍAS DE TRATAMIENTO

Introducción

Los clubes rotarios que emprenden proyectos de agua y saneamiento pueden sentirse abrumados por las tecnologías disponibles para tratar el agua y potabilizarla. Probablemente la pregunta más frecuente que se le hace a WASRAG es: “¿Qué tipo de sistema o dispositivo de tratamiento debemos usar?” La respuesta a esa pregunta no es fácil. Depende de muchos factores, que incluyen:

- a. ¿Qué contaminantes se tienen que eliminar?
- b. ¿Cuánta agua se tiene que tratar a diario?
- c. ¿El agua va a ser usada en la comunidad o en hogares individuales?
- d. ¿Para funcionar requiere el sistema de una mayor presión?
- e. ¿Requiere electricidad para funcionar?
- f. ¿Se requiere más de un tratamiento, como filtración seguida por desinfección, para potabilizar el agua?
- g. ¿Hay técnicos locales que puedan operar y mantener el sistema?
- h. ¿Cuánto puede costear la comunidad para su operación y mantenimiento?

Estas preguntas ilustran el hecho que no hay respuestas fáciles. No obstante, generalmente es mejor la simplicidad que la complejidad.

Aunque una tecnología pueda parecer sencilla (o así lo afirma su fabricante), es posible que no funcione como deseado. Por ejemplo, un filtro de membrana puede operar a presiones bajas, pero al hacerlo, no tiene un diámetro de poro lo suficientemente pequeño como para eliminar virus y algunas bacterias. Por lo tanto requerirá algún tipo de filtración y desinfección posterior, como agregar cloro. Ahora el proceso de tratamiento es más complejo y se presta al uso incorrecto del usuario final, ya sea porque se les acabó el cloro o porque no les gusta su sabor. Resultado: el proyecto fracasa.

En secciones posteriores se presentan discusiones más detalladas de los sistemas de tratamiento de agua usados en el punto de uso: filtros de bioarena y filtros de membrana; seguidas de una sección sobre la desinfección del agua. Deberán leerse con detenimiento para cotejar la simplicidad de la tecnología y su funcionamiento cotidiano, así como su costo y aceptación por la comunidad a largo plazo. Si después de leer estas descripciones generales el lector aún tiene preguntas, dirigirse al programa “Preguntar a un experto” en el portal de internet de WASRAG, www.StartWithWater.org.

Comparación y contraste de tecnologías de tratamiento de agua

Las siguientes páginas ofrecen una perspectiva general de la eficacia relativa de varias tecnologías de tratamiento de agua doméstica y municipal. La información es de propiedad intelectual del Programa para Tecnologías Sanitarias (Program for Appropriate Technology in Health – PATH, 2010). Se le ha concedido a WASRAG el uso de este documento para fines educativos o no comerciales. Rotary International le agradece a PATH por permitirle usar este excelente recurso.

FILTROS DE BIOARENA

¿Qué es un filtro de bioarena?

Los filtros de bioarena son una adaptación de los filtros lentos tradicionales de arena – una tecnología centenaria para el tratamiento del agua para la comunidad. Los filtros de arena lentos son generalmente grandes, de 1 a 2 metros de profundidad, y usan una columna de arena con una capa gruesa activa biológicamente para eliminar los sólidos suspendidos e impurezas no deseadas del agua. Ésta se filtra a través de la arena de manera lenta y continua mientras que los microorganismos que crecen en la zona de depuración bacteriológica van eliminando los agentes patógenos.

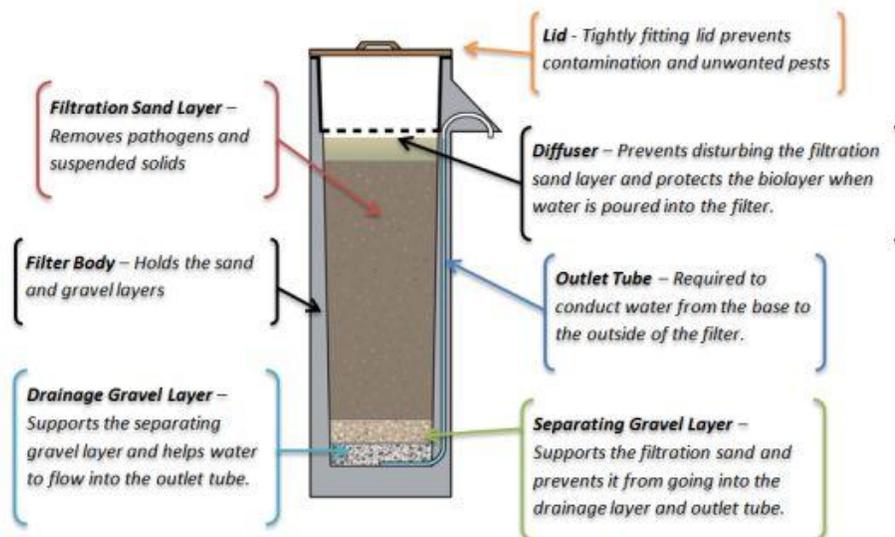
Los filtros de bioarena son filtros más pequeños, para uso casero, adaptados para un uso intermitente y no continuo, por lo que son apropiados para dar servicio en el ‘punto de uso’. Como los filtros lentos de arena, los filtros de bioarena no son presurizados, y para su funcionamiento no necesitan electricidad o químicos. En comparación a otros sistemas de punto de uso (como cloración o desinfección solar), los filtros de bioarena son más fáciles de operar, más difíciles de usar indebidamente y menos caros, lo cual los hace = una buena alternativa, especialmente en los países en desarrollo.

¿Cuáles son los componentes de un filtro de bioarena?

La mayoría de los filtros de bioarena tienen componentes similares. El recipiente del filtro puede ser de concreto, de plástico o de cualquier otro material impermeable, inoxidable y no tóxico.

En la parte superior del filtro hay una tapa bien encajada cuyo propósito es prevenir la introducción de contaminación y plagas no deseadas al filtro. Debajo del tanque superior hay una placa de difusión para no perturbar la capa de arena de filtración y proteger la Biocapa cuando se vierte agua en el filtro.

Luego viene la capa de arena de filtración, de arena fina, limpia y tamizada. El tamaño y profundidad de esta capa es importante, y ha sido determinada a lo largo de 10 años de experimentación empírica. La arena debe medir 0,7 mm o menos; y debe tener una profundidad de 543 mm.



La capa siguiente es grava de apoyo de 6 mm (1/4 pulgada) de diámetro, y 50 mm (2 pulgadas) de profundidad.

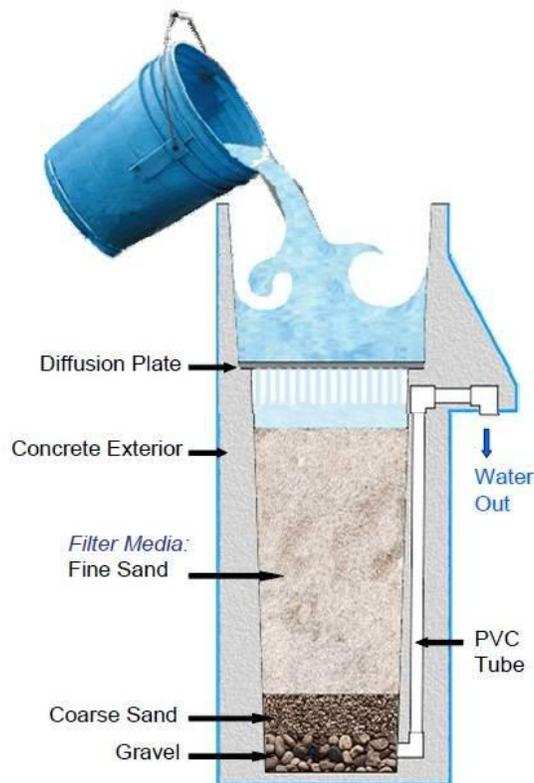
La capa inferior es grava de drenaje de 12 mm (1/2 pulgada) de diámetro y 50 mm (2 pulgadas) de profundidad.

Se construye el tubo vertical de descarga para que la altura de drenaje esté unos 50 mm (2 pulgadas) encima del nivel de la arena. Esto asegura una profundidad de agua sobre la columna del filtro para mantenerlo mojado, pero lo suficientemente superficial que el oxígeno del aire se pueda difundir a las capas biológicamente activas y mantenerlas vivas.



¿Cómo se usa un filtro de bioarena?

Una vez instalado y en operación, simplemente se vierte un cubo de agua no depurada a la parte superior del filtro. El agua fluye a través del filtro y se colecta en otro cubo o recipiente en la base del pico de salida. La magnitud de flujo a través del filtro se desacelera a medida que el nivel de agua en el tanque de entrada baja y reduce la carga de agua, y normalmente se demora unos minutos para que el agua de todo el cubo atraviese el filtro. No hay válvulas o piezas móviles, descarga asegura que se mantenga una profundidad mínima de agua de 5 centímetros sobre la arena cuando el



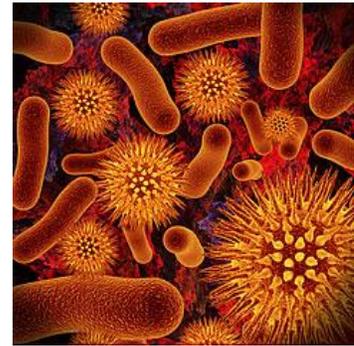
¿Cuánta agua trata un filtro típico?

Según el tamaño de la unidad, un filtro de bioarena casero típico contiene de 12 a 15 litros (3 a 4 galones) de agua, y se puede purgar con agua no depurada hasta 4 veces al día. La velocidad óptima de flujo de agua por un filtro de bioarena es de unos 0,7 litros (3 tazas) por minuto, por lo que normalmente se demora 20 minutos que un cubo lleno de agua atraviese el filtro. Con 4 cubos al día, un filtro bioarena puede depurar de 48 a 60 litros (12 a 16 galones) de agua al día, lo cual basta para suministrar agua potable limpia para una familia de 4 o 5 personas. Es posible tratar más agua con un filtro bioarena, pero la eficiencia de filtración y su eliminación de contaminantes disminuye. Con un uso normal, la magnitud de flujo disminuye con el tiempo a medida que el filtro se atora, pero ésta se puede restaurar limpiando el filtro (ver más abajo).

¿Cómo funciona un filtro de bioarena?

Los agentes patógenos y materiales suspendidos se retiran del agua a través de una combinación de procesos biológicos y físicos:

1. **Trampa mecánica o filtración.** Los sedimentos, quistes y gusanos se retiran del agua al quedar atrapados en los espacios entre los granos de arena.
2. **Adsorción** o retención: Los virus se retienen por adsorción, adhiriéndose a los granos de arena. Una vez adheridos, son metabolizados por los organismos en el filtro o inactivados mediante químicos antivirales producidos por la capa biológicamente activa. Ciertos compuestos orgánicos también son retenidos en la arena y retirados del agua.
3. **Depredación—BIOCAPA:** Las bacterias y otros agentes patógenos en el agua son consumidos por microorganismos en una bio-lámina gelatinosa que se forma en los milímetros superiores de la arena fina durante los primeros 10 a 20 días de operación. La capa biológica está compuesta de [bacterias](#), [hongos](#), [protozoarios](#), [rotíferos](#) y una variedad de larvas de insectos acuáticos. Al envejecer y crecer la Biocapa, tienden a desarrollarse más algas y organismos acuáticos más grandes pueden estar presentes, incluyendo [briozoos](#), [caracoles](#) y gusanos [anélicos](#). En la literatura científica, esta Biocapa se denomina '*schmutzdecke*' – la palabra alemana para 'capa sucia'. La capa de bio-lámina se fusiona con la arena fina más profunda en una zona de actividad biológica continua donde microorganismos ayudan a consumir y atrapar a otros microorganismos, aunque la actividad bacteriana es más pronunciada en la parte superior del lecho del filtro, y gradualmente disminuye con la profundidad, al hacerse más escaso el oxígeno y los nutrientes para sostener la vida.
4. **Muerte natural:** La escasez de nutrientes para los agentes patógenos, en combinación con temperaturas sub-óptimas y la vida relativamente corta de la mayoría de los patógenos hace que estos se mueran y se conviertan en nutrientes para otros microorganismos. La mayoría de los agentes patógenos prefieren temperaturas similares a la temperatura del cuerpo 37°C (98,6°F), y no prosperan en temperaturas menores de 30°C (86°F).



¿Cuán bien funciona un filtro de bioarena?

En circunstancias ideales, un filtro bioarena bien operado puede producir agua potable de una calidad excepcional. Los filtros de bioarena eliminan de 5 a 64% de los metales pesados como el hierro, ~95% de la turbidez, 98,5% de las bacterias, 99,9% de los protozoarios, además de reducir los virus. Adicionalmente, los filtros de bioarena ayudan a reducir la decoloración, así como olores y sabores desagradables. Estudios también han demostrado una disminución en la incidencia de enfermedades diarreicas hasta en un 40%, y una mejora general de la salud pública por el uso de filtros de bioarena.

Sin embargo no siempre se puede asegurar o garantizar su rendimiento óptimo debido a variaciones en la construcción, instalación y mantenimiento de un filtro. Estos filtros no eliminan bien compuestos disueltos como la sal y el flúor, o químicos orgánicos como plaguicidas y fertilizantes. Si la fuente de agua está contaminada con elementos tóxicos orgánicos e inorgánicos provenientes de la industria o la agricultura, la filtración bioarenosa de por sí no es la tecnología de tratamiento de agua más apropiada. Y los filtros de bioarena no eliminan los virus más pequeños, por lo que muchas veces se recomienda agregar una cantidad pequeña de cloro al cubo de recolección de desagüe.



¿Cuánto tiempo se demora en funcionar bien un filtro nuevo?

La zona biológica, de la bio-lámina, normalmente se desarrolla en cuestión de dos a tres semanas. Puede demorarse hasta 30 días según la temperatura y el contenido biológico del agua no depurada. El filtro requiere que se llene a diario durante el período de crecimiento de la bio-lámina. Pero es posible usar el agua filtrada durante esas primeras semanas si no hay otra fuente de agua más segura. No obstante, se recomienda su cloración para matar agentes patógenos durante el período inicial.

Después que el filtro ha sido usado un tiempo, la magnitud de flujo puede comenzar a disminuir a medida que la bio-lámina se vuelve más gruesa y densa, lo cual hace necesario que al filtro se le dé un mantenimiento o limpieza periódico (ver Limpieza más abajo)

¿Cómo se mantiene funcionando a una biocapa?

La eficacia de una bio-lámina depende de los siguientes factores críticos:

- Un ambiente constantemente húmedo con flujos de agua consistentes
- Suficientes nutrientes para mantener activa a la Biocapa
- Oxígeno para los microorganismos de la Biocapa
- Temperaturas correctas: ni demasiado heladas ni demasiado calientes



La biocapa es delgada, de cerca de 1 cm de espesor; y para sobrevivir y prosperar necesita agua, oxígeno y nutrientes. Por eso, para mantener el filtro funcionando óptimamente, necesita ser utilizado de la manera más consistente posible, sin grandes o frecuentes variaciones en su operación y alimentación con agua no depurada. El filtro se debe llenar con agua no depurada de manera intermitente, con un régimen diario bastante consistente. Para el tamaño más común de unidades, se les debe agregar por lo menos 5 galones (20 litros) a lo largo de un día, con una pausa mínima de 1 hora y máxima de 48 horas, entre las horas de carga.

¿Por qué es importante un período de pausa entre cargas de agua?

Un período de pausa o inactividad es necesario para darle tiempo a los microorganismos en la capa biológica para consumir los agentes patógenos presentes en el agua. Los filtros de bioarena son más eficaces y eficientes cuando se operan intermitente pero consistentemente. Los períodos de inactividad equivalen a más del 80% del uso diario. Se sugiere un período de pausa de 6 a 12 horas, con un mínimo de una hora y un máximo de 48 horas después que una carga de agua ha dejado de salir de la tubería de descarga.

Si se carga con demasiada agua demasiado rápido, la filtración será insuficiente, ya que una carga grande de contaminantes se demora más en ser ‘digerida’, y algunos contaminantes se colarán. Pero si se extiende demasiado tiempo el período de pausa, los microorganismos empezarán a consumir todos los nutrientes y a morir, reduciendo la eficiencia de tratamiento del filtro cuando vuelva ser usado.

Restricciones de temperatura

La filtración y eliminación de agentes patógenos depende de la salud de la Biocapa, a la cual se tiene que proteger de temperaturas casi congeladas. Las temperaturas menores de 6° C (43° F) empiezan a afectar su rendimiento, y se requerirá un método alternativo de tratamiento de aguas por debajo de los 2° C (36° F).

¿Qué otras limitaciones presentan los filtros de bioarena?

Turbidez o aguas enlodadas. Los filtros de bioarena son incapaces de procesar altos niveles de turbidez, mayores de 50 unidades de turbidez nefelométrica (NTU) (ver el siguiente párrafo). En algunos lugares, los filtros de bioarena se pueden atorar y perder su eficacia durante las temporadas de lluvia o de monzones. Grandes cantidades de partículas suspendidas presentes en las aguas turbias se asientan sobre la capa superior de arena, causando una rápida pérdida de la magnitud de flujo. La turbidez también requiere que se limpie el filtro con frecuencia, lo cual implica perturbar la capa biológica y demoras en volver a poner el filtro en servicio.

Medición de turbidez: Unidad de turbidez nefelométrica (Nephelometric Turbidity Unit—NTU). Para la mayoría de los usos de tratamiento de agua, la turbidez se mide en NTU. Casi todos los estándares norteamericanos dictan que el agua potable debe tener 1 NTU, pero definitivamente menos de 5. Si la turbidez del agua no depurada es mayor de 100 NTU, ésta se deberá pre-filtrar antes de introducirla a un filtro bioarena. Una prueba sencilla para medir la turbidez es usar una botella transparente de gaseosa de 2 litros llena de agua. Al colocarla sobre un papel con letras grandes, si se pueden ver, el agua probablemente tenga una turbidez menor de 50 NTU.



¿Qué tipos de averías podría causar el uso incorrecto en los filtros de bioarena?

- Dejar que se congele.
- Nunca limpiarlo bien (ver más abajo), o usar los procedimientos equivocados de limpieza.
- Alimentarlo con mucho más agua que la máxima requerida para un buen funcionamiento.
- Dejar que se seque, o dejar de cargarlo de agua regularmente. En ese caso se puede rejuvenecer la Biocapa volviéndolo a cargar con agua a diario y dejando que se restablezca la Biocapa.
- Introducir cloro a la caja del filtro. Eso mata la Biocapa activa. De suceder eso, la arena y grava se tendrán que retirar de la caja del filtro bioarena, la cual se tendrá que limpiar y colocarle nueva arena y grava. No obstante sí se puede usar cloro para limpiar la boca de salida cuidadosamente, tal como se describe en el archivo PDF con enlace en la red que se menciona en la sección de limpieza más abajo.
- Limpiar demasiado agresivamente la arena. Si un usuario toscamente escarba la arena fina a la hora de limpiar el filtro, la biocapa no funcionará. En ese caso se puede restablecer la Biocapa dejando que la capa superior se asiente por uno o dos días. Luego se vuelve a cargar con agua y se espera 2 o 3 semanas para que la Biocapa se restablezca. Pero no se debe permitir que durante este período el filtro bioarena se seque.

¿Por qué deben limpiarse los filtros de bioarena?

A la larga la superficie de arena en el filtro se atasca; partículas se acumulan en espacios porosos entre los granos de arena, y el flujo de agua disminuye a menos de 0.1 litro/min (como 1/2 taza por minuto).

El tiempo entre limpiezas también depende mucho del grado de turbidez del agua no depurada que proviene de fuentes de partículas de materiales, sean orgánicos o minerales. Si el agua sin depurar es relativamente limpia (con una turbidez menor de 30 NTU), muchos usuarios dejan pasar varios meses sin limpiar el filtro.

Tanto el tiempo que se necesita para limpiar un filtro y el efecto sobre su rendimiento es mínimo siempre y cuando se efectúe correctamente la limpieza. Un filtro bioarena se puede limpiar tan frecuentemente como sea necesario sin afectar negativamente su rendimiento. No se debe hacer una limpieza profunda o “escarificación” de un filtro bioarena (ver más abajo).

¿Qué es la “escarificación” y debe usarse para limpiar filtros de bioarena?

La escarificación es un proceso de limpieza que se usa para filtros de arena más grandes y lentos, e implica bajar el nivel del agua hasta justo encima de la Biocapa, vigorosamente remover la arena para suspender cualquier sólido que se encuentre en esa capa, y luego desechar esa agua. Aunque algunos defensores de la filtración bioarenosa recomiendan la escarificación, el Dr. David Manz de la Universidad de Calgary—la persona que desarrolló esta tecnología e inventó el filtro de bioarena—insiste que los filtros de bioarena no se deben escarificar pues eso perturbaría la Biocapa.

¿Cómo se limpia y mantiene un filtro?

Los filtros de bioarena van perdiendo su rendimiento a medida que se asienta la turbidez, y la Biocapa crece y reduce la magnitud de flujo. A la larga es necesario limpiar el filtro. El tiempo entre limpiezas depende de la cantidad de turbidez en la fuente de agua; pero el impacto de limpiar el filtro sobre su rendimiento es mínimo siempre y cuando se haga correctamente. Generalmente basta un



raspado ligero y remoción de la capa superior de arena para restaurar su flujo óptimo.

Se pueden encontrar instrucciones detalladas paso a paso en formato PDF para limpiar un filtro bioarena en:

<http://www.manzwaterinfo.ca/documents/guidance/BSF%20Maint%20and%20Cleaning%20Jan%202009.pdf>

Los pasos básicos son:

- Agregar agua, retirar la tapa y la placa de difusión
- Agitar la superficie de la arena hasta ½ cm (o ¼ de pulgada) con los dedos o un cepillo pequeño
- Dejar que se asiente la arena
- Decantar el agua sucia con una taza o cucharón
- Volver a armar la unidad

Todos los años (por varios meses, según la turbidez del agua sin depurar), puede ser necesaria una limpieza más profunda, y un ‘raspado’ y lavado de los 5 cm (2 pulgadas) superiores de arena. Después de este proceso, el filtro necesita tiempo para reformar su Biocapa antes de volver a plena actividad.

El mantenimiento correcto de los filtros de bioarena requiere atención y algún tipo de capacitación. Una filtración ineficiente puede ser causada por error del usuario, o por no esperar hasta que la Biocapa se restablezca.

Nótese que la boca de salida, la tapa y la placa de difusión también se deben limpiar regularmente. En especial la boca de salida, usando agua y jabón o una solución de cloro.

¿Cuántos filtros de bioarena están en uso actualmente alrededor del mundo?

Investigadores que publican sus informes en “Water Research” han calculado que actualmente hay más de 300.000 filtros de bioarena en uso alrededor del mundo.

¿Cuál es la vida útil de un filtro bioarena?

La vida útil calculada de un filtro bioarena es de más de 30 años. Los filtros existentes siguen funcionando de manera satisfactoria después de más de 10 años. Las tapas y placas difusoras pueden necesitar ser reemplazadas con mayor frecuencia.

¿Existen controversias y afirmaciones contradictorias sobre los filtros de bioarena?

Algunas personas bien intencionadas han extrapolado las magnitudes de flujo óptimas (0.7 litros/min., tazas/min), para un filtro de tamaño normal, calculando que un solo filtro podría procesar 30 litros/hora (8 gal/hora) funcionando el día entero; o hasta 285 litros/día (75 galones) con unas 20 purgas diarias. Como se observó anteriormente, un usuario no puede procesar tanta agua a través de un filtro bioarena sin disminuir radicalmente la calidad del agua tratada.

Estudios microbiológicos y químicos han confirmado que 4 purgas de 12 a 15 litros (3 a 4 galones), espaciadas regularmente a lo largo de un día, óptimamente producirán 48 a 60 litros (12 a 16 galones) al día: que es una cantidad mucho menor que 285 litros diarios.

Si se necesitan mayores cantidades, se tendrán que instalar varias unidades.

Otra área de controversia entre los proveedores de equipos y asesoría es la de los métodos de limpieza. Pero resultados



científicos basados en su uso práctico en el campo han demostrado que el método de raspado ligero y remoción de la capa superior de arena es superior los métodos de “escarificación”, y es más fácil para los usuarios finales aprender y mantener sus filtros con ese método.

También hay afirmaciones de superioridad por parte de los fabricantes y proveedores de diseños y equipos de filtros que se contradicen mutuamente; pero en general la comunidad científica y de ingenieros está de acuerdo que, si bien cada uno puede tener alguna ventaja o desventaja en alguna región o aplicación específica, los diferentes filtros funcionan básicamente igual y proveen básicamente la misma reducción de microbios. A continuación, una revista de los filtros disponibles.

¿Quiénes son los principales proveedores de filtros de bioarena?

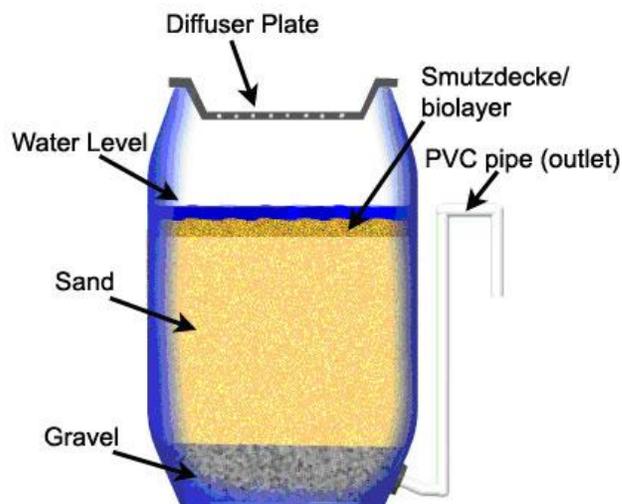
Hay tres proveedores importantes de filtros de bioarena: Aqua Clara International; CAWST; e HydrAid, además de varios proveedores menores (ver: tivawater.com). Cada uno de estos filtros tiene características y costos que les son singulares; pero una vez que se llenan con arena y grava, básicamente funcionan igual y producen la misma cantidad de agua filtrada al día.

Las características individuales y las diferencias entre los principales filtros se describen a continuación:

Aqua Clara International (ACI) [aquaclara.org]

El concepto de ACI es construir filtros de bioarena usando tuberías de PVC o barriles de plástico, “del tipo que esté disponible localmente”. Pero además de un barril de plástico y tuberías de PVC, se requieren juntas y grifería para terminar el ensamblaje del filtro bioarena.

Estos filtros pueden ser altos y delgados o cortos y anchos, pero necesitan una suficiente profundidad de arena y grava para filtrar el agua adecuadamente; es decir, se tiene que mantener la profundidad estándar de arena y grava, como se mencionó anteriormente, para que el filtro funcione bien. La arena y grava tienen que estar disponibles a nivel local, preferiblemente de una cantera cercana; los cuales luego se tienen que tamizar a los tres tamaños requeridos y lavar, según sea necesario.



Las ventajas de los filtros de bioarena de ACI son:

1. El filtro de bioarena es relativamente barato y se puede fabricar en pequeñas comunidades según sea necesario;
2. Se puede instituir una industria local para fabricarlos y capacitar a la gente con respecto a su funcionamiento correcto;
3. Los filtros de bioarena son livianos, por lo que se pueden transportar fácilmente por mula a lugares no muy accesibles, como aldeas remotas.

Las desventajas de los filtros de bioarena de ACI son:

1. Es posible que gotee o tenga una fuga si no se mantiene un sello apropiado en el lugar donde la tubería de descarga sale de la parte inferior del filtro, especialmente si el plástico elegido es quebradizo;
2. Los manuales y especificaciones para el tamaño y profundidad de la arena y grava no están disponibles en el portal de Internet de la compañía, pero se pueden conseguir a solicitud.

Centre for Affordable Water & Sanitation Technology (CAWST) [cawst.org/]

Por sus siglas en inglés, CAWST—Centro de Tecnologías de Agua y Saneamiento—se encuentra en Calgary, Canadá. Es la organización que fundó el Profesor David Manz de la Universidad de Calgary, el inventor original de los filtros de bioarena caseros. Los filtros de bioarena de CAWST son de concreto con un molde de acero. Los detalles de cómo construir este molde se encuentran en el Manual de Filtros de bioarena de CAWST, que se puede descargar de su portal de Internet. CAWST no produce o instala filtros de bioarena en países en desarrollo, sino que más bien es una organización de enseñanza. Ofrecen talleres sobre filtros de bioarena no sólo en su sede principal en Calgary, sino en países en desarrollo por todo el mundo.



Las ventajas de los filtros de bioarena de concreto de CAWST son las siguientes:

1. La organización tiene una trayectoria de 10 años, y más de 300.000 de sus filtros de bioarena han sido instalados en países alrededor del mundo.
2. CAWST provee manuales extensos y completos que se pueden descargar gratuitamente de su portal de Internet.
3. Su diseño, en particular la profundidad y el tamaño de sus tamices para la arena y grava que se recomienda para la versión 10 de sus filtros de bioarena, ha sido refinado para asegurar la obtención del mayor nivel de calidad de agua.
4. Se puede establecer una industria local para producir los filtros de bioarena de concreto y venderlos con una ganancia.

Las desventajas de los filtros de bioarena de CAWST son su costo y la disponibilidad de materiales.

1. Su peso: La caja de concreto del filtro pesa 95 kg (209 lbs) vacía, lo que hace que su transporte a lugares remotos sea difícil y costoso.
2. Como la caja de concreto de los filtros de bioarena no contienen barras de refuerzo o alambra, puede ser bastante frágil y romperse si se transporta por terrenos rugosos.

HydrAid [hydraid.org]

A diferencia de los filtros de Aqua Clara International y CAWST cuyos los filtros que se construyen in situ, los filtros HydrAid vienen en una caja de plástico fabricada por Cascade Engineering en Grand Rapids, Michigan, y distribuida por Triple Quest. HydrAid tiene un acuerdo con la Armada de EE.UU. mediante el cual si un filtro se compra y envía a San Diego, California, la Armada de EE.UU. los transporta gratuitamente a ciertos puertos alrededor del mundo.



Las ventajas de los filtros de bioarena HydrAir son:

1. Son livianos y fabricados con un plástico duro y resistente, que es fácil de transportar ;
2. Tienen un aspecto muy atractivo en comparación con los filtros de bioarena de concreto de CAWST y los diferentes barriles de plástico de Aqua Clara International;
3. Manuales completos están disponibles en el portal de Internet de HydrAir.
4. Las desventajas de los filtros de bioarena HydrAir son:



1. Son caros - cuesta \$1,000 enviar 15 cajas de plástico HydrAid—con su respectiva arena y grava tamizadas y lavadas—de Grand Rapids, Michigan, a la Armada de EE.UU. en San Diego, California;
2. El país receptor debe tener un puerto amistoso a EE.UU. y espacio para que un buque de la Armada de EE.UU. atraque en el puerto;
3. Puede ser necesario pagar tarifas de importación para lograr el ingreso de los filtros de bioarena al país (en Kenia la tarifa es de 16%);
4. Puede haber costos de transporte desde el puerto de entrada del país, a la aldea donde se usarán los filtros de bioarena.

Otros portales de Internet de interés:

1. http://en.wikipedia.org/wiki/BioSand_Filter
2. <http://www.biosandfilter.org/biosandfilter/index.php/item/229>

SUMMARY OF BIOSAND FILTERS

| MANUFACTUER | CAWST | AQUA CLARA INT'L | HYDRAID |
|--------------------------------------|---|---|---|
| Web Site Link | http://www.cawst.org/ | http://aquaclara.org/ | http://www.hydraid.org/ |
| NGO Location | Calgary, Canada | Holland, Michigan | Grand Rapids, Michigan |
| Filter Box Type | Concrete Box | Plastic Barrel--various sizes | Plastic Barrel--one size |
| Manuals Available | On Web Site | Available from ACI | On Weg Site |
| Flow Rate: Liters/min | 0.7 | 0.8 to 4.0 depending on size | 0.7 |
| Manufacturing Site | ON SITE | ON SITE | CASCADE ENGR., MI |
| Aprox Sand & Gravel Cost | \$38 (as seen in Honduras) | Varies dDepending on size | 15/\$1,000 Delivered to San Diego = \$67.00 each |
| Weight without sand & gravel (kg/lb) | 95/209 | Varies depending on size | 3.6/8 |
| Weight with sand & gravel (kg/lb) | 155/340 | Varies depending on size | 63.5/140 |
| Transporting BSF | Heavy & fragile concrete | Light plastic | Light plastic |
| Media Sizes | | | |
| Lower Drainage Gravel | 6 - 12mm (1/4" - 1/2") | Similar to CAWST | Pre-sieved and washed color |
| Support Gravel | 0.7 - 6mm (0.03 - 1/4") | Similar to CAWST | coded sand & gravel bags are |
| Sand | </= 0.7mm (0.03") | Similar to CAWST | supplied with the biosand filter box |
| Media Depths | | | |
| Lower Drainage Gravel | 50mm (2") | Similar to CAWST | Pre-sieved and washed color |
| Support Gravel | 50mm (2") | Similar to CAWST | coded sand & gravel bags are |
| Sand | 543mm (21.4") | Similar to CAWST | supplied with the biosand filter box |
| Ease of Maintenance | Swirl & Dump | Swirl & Dump | Swirl & Dump |
| Ergonomics of Use | Heavy to move | Light weight when empty | Light weight when empty |
| Expected Service Life | 10 years+ | 10 years+ | 10 years+ |
| Ease of Rejuvination | Moderate | Moderate | Moderate |
| Best Choice for Rotarians | 1st Choice unless weight is a consideration | 2nd Choice | 3rd Choice |
| NOTES | See Note #1 | See Note #2 | See Notes #3 and #4 |

NOTE 1: Sand & Gravel from local sources must be sieved and washed on site.

NOTE 2: Sand & Gravel can be provided by ACI or sieved and washed on site.

NOTE 3: HYDRAID delivered to San Diego, CA can be shipped to many ports in the world by the US Navy.

NOTE 4: HYRAID provides the sand & gravel, which is shipped with the plastic boxes from Michigan

FILTROS DE CERÁMICA

¿Qué es la filtración de agua por cerámica?

La palabra “cerámica” se deriva del griego *keramikos*, para alfarería. Esta filtración de agua usa cerámica porosa (arcilla horneada) para filtrar microbios y otros contaminantes del agua potable para consumo humano. Este método utiliza los poros pequeños en los materiales cerámicos que permiten que el agua pase, pero retienen los materiales no deseados y las bacterias en la superficie y al interior del filtro poroso.

En términos generales, cuanto más pequeño el tamaño del poro del filtro, y cuanto más complicado el paso del agua por el medio cerámico, más eficaz es para remover partículas del agua. La cerámica se puede fabricar con una estructura porosa pequeña y compleja, que la hace un medio ideal de filtración.

La tecnología de filtración por cerámica es un método comprobado de tratamiento y almacenamiento seguro del agua casera, considerado como una de las opciones más prometedoras para los países en desarrollo.

Este documento resume las principales características del proceso de filtración de agua por cerámica y ofrece una perspectiva de su costo, eficacia, principales proveedores y otros temas de interés para posibles usuarios y compradores.

¿Es nueva esta tecnología?

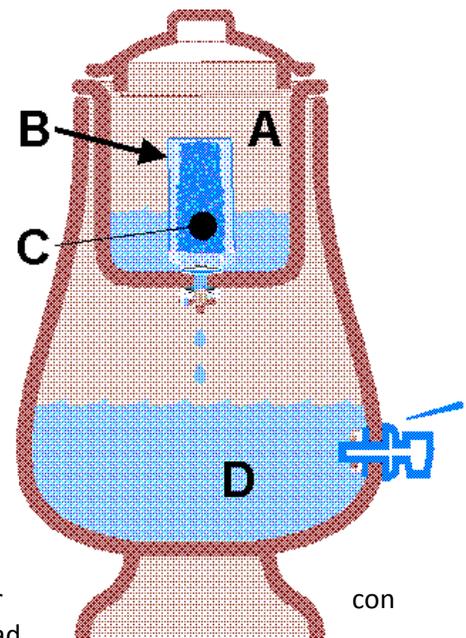
No. Los materiales cerámicos se comenzaron a usar ampliamente para la filtración del agua de consumo humano a comienzos del siglo 19. Las epidemias de cólera y fiebre tifoidea eran comunes en Londres; y en 1835 la Reina Victoria comisionó a la Compañía Dalton para producir purificadores de agua para la Casa Real. Ellos crearon una cerámica de gres con un elemento de filtro de arcilla para la remoción de bacterias.



¿Cuáles son los componentes de un filtro de cerámica?

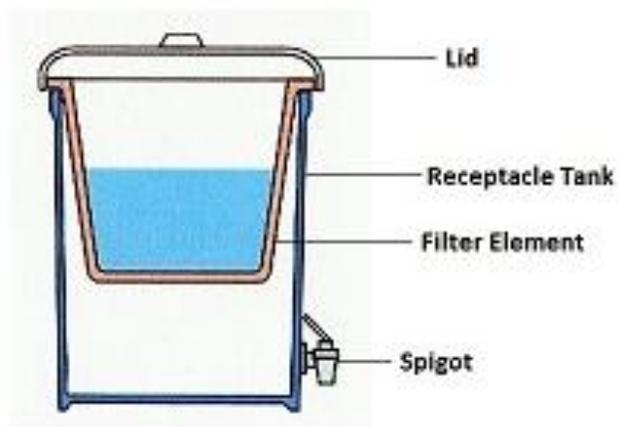
En la mayoría de los filtros caseros producidos comercialmente, hay un depósito superior (A) que el usuario alimenta con agua sin depurar. Ésta luego pasa por caída de gravedad a través del elemento de filtro cerámico (B), y en muchas unidades comerciales, también por un elemento de filtro interno de carbón activado (C) antes de caer a un depósito inferior para agua depurada (D).

El elemento del filtro de cerámica generalmente tiene forma de 'vela', pero también se fabrica en una variedad de formas, como de disco o semiesféricas. Los elementos con forma de 'vela' son huecos, lo que permite que se les agregue una carga interna de carbón activado (ver abajo). La parte inferior del elemento está fundida a una pequeña tubería roscada que afianza el elemento a la cámara superior sellos conectores. Esta configuración permite sacar el filtro con facilidad para su limpieza o reemplazo, como también permite que el usuario cambie la carga de carbón activado al interior de la 'vela' cerámica.



Filtros de arcilla tipo maceta

En décadas recientes se han desarrollado varios diseños sencillos de filtros cerámicos que pueden ser fabricados localmente en áreas en desarrollo, usando recursos y mano de obra local. Tienen un elemento de filtro con forma de maceta hecho de un material cerámico poroso. El agua que se vierte al filtro se pasa por el material de arcilla, y se colecta en un segundo depósito.



Existen muchas variaciones de estos filtros cerámicos: algunos hechos enteramente de cerámica como los filtros de *Potters for Peace* (ver la sección de proveedores más abajo); algunos tienen una maceta de cerámica colgada dentro de un recipiente de plástico como los filtros de *Filter Pure (Aqua Pure, ver más abajo)*. Muchas veces al filtro cerámico se le agrega un revestimiento de plata coloidal. Algunos filtros de arcilla tipo maceta también incorporan carbón activado a la arcilla.

¿Cómo se fabrican los elementos de un filtro de cerámica?



El punto de partida para un filtro de cerámica es la arcilla. Muchos filtros comerciales de un material vidrioso blanco se fabrican con tierra de diatomeas, una formación geológica arcillosa que se formó hace millones de años por algas unicelulares depositadas al fondo de antiguos lagos y lagunas.

Otros filtros producidos localmente empiezan con arcilla local. Los fabricantes buscan una arcilla pareja y plástica, la cual muelen y tamizan para quitarle impurezas, como arena y materiales orgánicos. Luego mezclan la arcilla con un combustible pulverizado—como acerrín, cáscaras de maní, harina de trigo o cascarilla de arroz—antes de darle la forma deseada. La forma de arcilla luego se cuece en un horno a altas temperaturas para vitrificar el material. Durante el horneado, el material incorporado se quema, dejando poros finos y canales microscópicos por todo el elemento cerámico terminado.

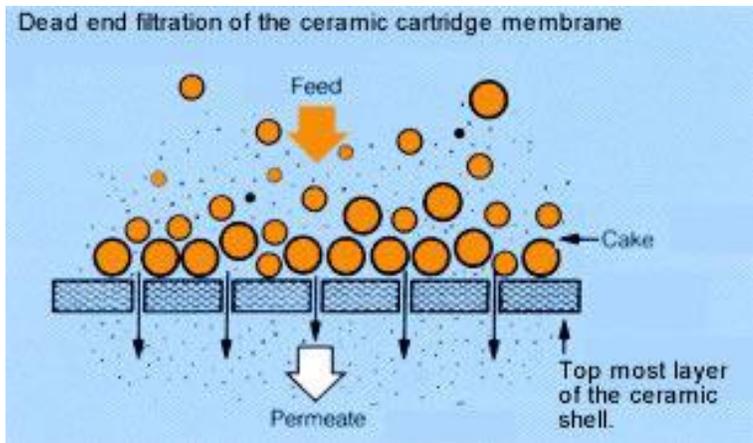
Se puede consultar un documento detallado de 187 páginas sobre la fabricación de filtros de cerámica tipo maceta en:

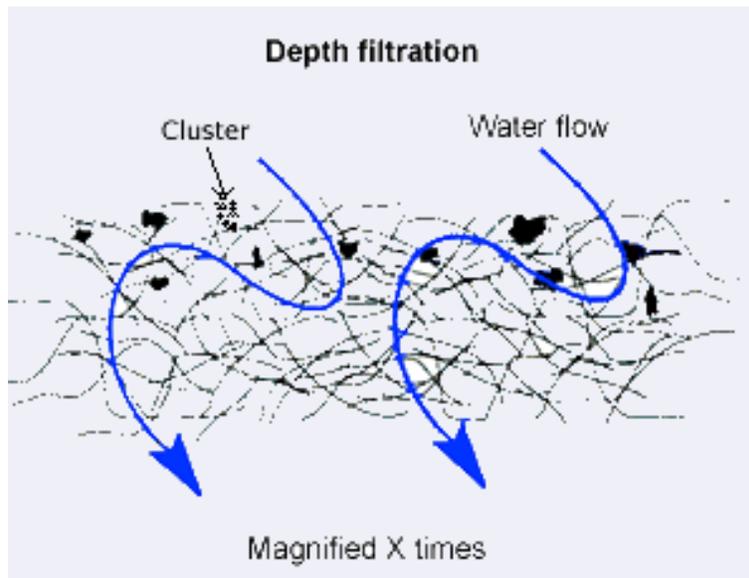
<http://waterinstitute.unc.edu/media/Best%20Practice%20Recommendations%20for%20Manufacturing%20Ceramic%20Pot%20Filters%20June2011.pdf>.

¿Cómo funcionan los filtros de cerámica?

Los filtros de cerámica funcionan mediante una combinación de “filtración sin salida” y “filtración por espesor del filtro”.

La filtración sin salida funciona cuando una partícula del agua no depurada se choca contra un poro superficial del filtro que es más pequeño que la partícula misma. Las partículas también se interceptan cuando ‘hacen puente’ entre sí, adhiriéndose una a la otra. Las partículas adheridas pueden no taponear el poro, pero crean poros aún más pequeños que gradualmente forman una “torta de filtración”, la cual provee una filtración aún más fina, pero también disminuye la magnitud de flujo a través del filtro.





Fuente: Doulton USA, <http://doultonusa.com/HTML%20pages/technology.htm>

La filtración por espesor del filtro se da al interior del elemento del filtro cuando el agua cargada de partículas tiene que navegar por el laberinto de vueltas y giros dentro del material cerámico.

La trayectoria de flujo tiene que pasar por un laberinto complicado de ángulos agudos y poros dentados, y las partículas que han penetrado las capas superiores se pueden quedar atascadas dentro de la estructura.

Otros efectos se dan a medida que las partículas se combinan con otras formando aglomeraciones lo suficientemente grandes como para quedarse atrapadas en grupo, y algunos materiales particulados son atraídos químicamente al filtro y adsorbidos.

¿Por qué agregar plata al proceso de tratamiento?

En condiciones favorables, las bacterias se podrían acumular y crecer en el propio filtro o en su interior, a menos que esto se prevenga de alguna forma. Para organismos primitivos, la plata es tan tóxica como los más poderosos desinfectantes químicos. Y como es relativamente inocua para los mamíferos, la plata tiene un gran potencial como desinfectante.

Los iones libres de plata (Ag^+) tienen un efecto tóxico sobre los microorganismos aún en concentraciones relativamente bajas, y brindan un efecto altamente fungicida, bactericida y de destrucción algácea. Estudios médicos describen los iones de plata como catalizadores que desactivan las enzimas de las que dependen los microorganismos para “respirar”.

¿Cómo se agrega la plata?

Algunos elementos de filtro con forma de ‘vela’ se fabrican con una pequeña cantidad (un 0,07%) de plata pura, la cual se agrega a la mezcla de arcilla antes de darle forma y hornearla. Algunos fabricantes de filtros tipo maceta no comerciales también le agregan plata coloidal diluida o nitrato de plata diluida en agua a la mezcla seca de arcilla, y otros suman el elemento horneado del filtro dentro de una solución de plata, o la cepillan sobre su superficie.

¿Qué es el carbón ‘activado’ y por qué se debe agregar?

El carbón común y corriente tiene una superficie muy porosa, y es un material muy eficaz para capturar y remover sabores y componentes químicos que causan olores en el agua no depurada. El carbón ‘activado’ es aún más eficaz. El carbón activado es procesado al calor para cribarlo de poros pequeños y de bajo volumen que aumentan considerablemente la superficie disponible para la adsorción y reacciones químicas. Debido a la alta micro porosidad, un solo gramo de carbón activado tiene un área superficial mayor de 500 metros cuadrados (o 2,5 millones de pies cuadrados) por libra. El carbón se puede obtener de una gran variedad de fuentes, como cáscaras de coco, madera o carbón, todas las cuales están ampliamente disponibles por todo el mundo. El proceso de activación también es muy sencillo y se puede llevar a cabo con un horno industrial.

¿Cuán eficaces son los filtros de cerámica?

La eficacia de cualquier filtro de cerámica para remover bacterias, virus y protozoarios depende de la calidad de su producción, y la uniformidad y tamaño de sus poros. Un filtro cerámico bien fabricado puede tener tamaños de poros lo suficientemente pequeños como para eliminar prácticamente todas las bacterias y protozoarios hasta de 0,2 micrones (μm), produciendo agua depurada con hasta 99,99% menos E. coli que el agua no depurada. Se ha documentado una reducción en la incidencia de enfermedades diarreicas de hasta 60-70% entre los usuarios de estos filtros.

La mayoría de las bacterias tienen tamaños nominales de 0,2 micrones a varios micrones. Un micrón equivale a una milésima parte de un milímetro (que a su vez es una milésima de un metro). Aunque la mayoría de los filtros cerámicos son eficaces para la remoción de bacterias y los protozoarios de mayor tamaño, no lo son para la remoción de virus. Los virus, que también pueden causar varios problemas a la salud, tienen dimensiones mucho menores de 0,2 micrones, y se tienen que tratar por separado usando otros medios de desinfección (cloro, etc.). Además, como el uso de un filtro de por sí no provee protección cloro-residual, es importante capacitar a los usuarios a cuidar y mantener correctamente el filtro cerámico y su receptáculo para prevenir la contaminación.

La eficiencia de cualquier filtro con capacidad de tratamiento de agua varía con el tamaño y capacidad hidráulica del elemento del filtro, así como con el tiempo entre limpiezas.

Normalmente los filtros cerámicos satisfacen la nueva categoría “provisional” de protección elaborada por la Organización Mundial de la Salud (OMS). El cuadro 1 muestra los valores de reducción logarítmica requeridos por el nuevo protocolo de la OMS:

Cuadro 1 – Requisitos del nuevo Protocolo de la OMS sobre Valores de Reducción Logarítmica¹

| Objetivo | Valor de Reducción Logarítmica: Bacterias | Valor de Reducción Logarítmica: Virus | Valor de Reducción Logarítmica: Protozoarios |
|-----------------|--|---------------------------------------|--|
| Alta protección | ≥ 4 | ≥ 5 | ≥ 4 |
| Protección | ≥ 2 | ≥ 3 | ≥ 2 |
| Provisional | Logra el valor “protección” para dos clases de agentes patógenos | | |

¹ WHO, “Evaluating Water Treatment,” 2011. (*Evaluación del Tratamiento de Aguas*)

¿Cuáles son las ventajas, las desventajas y la conveniencia de los filtros de cerámica?

Esta sección proviene de los Centros para el Control y Prevención de Enfermedades, Centro Nacional de Enfermedades Infecciosas Emergentes y Zoonóticas de EE.UU.

(http://www.cdc.gov/safewater/PDF/Ceramic_2011-final.pdf). Las ventajas de la filtración de agua por cerámica son:

- Reducción demostrada de bacterias y protozoarios en el agua
- Producen entre 1 y 11 litros por hora (1/4 a 3 gal.), según su tamaño
- Simplicidad de uso y aceptabilidad – requieren capacitación o cambio conductual mínimos
- Reducción demostrada en la incidencia de enfermedades diarreicas entre los usuarios
- Larga vida útil – si el filtro no se rompe
- Lentos en atorarse; fáciles de limpiar
- Bajo costo, una sola vez
- Diseño sencillo, se puede fabricar localmente
- Pequeño, liviano. Puede ser cargado por un niño
- No cambia el sabor del agua – tratamiento aceptable libre de químicos
- Complemento bonito y atractivo para cualquier hogar

Las desventajas de la filtración por cerámica son:

- No es eficaz contra los virus
- No tiene protección cloro-residual – puede resultar en contaminación con plomo si el agua tratada no se almacena de manera segura
- Control de calidad variable de los filtros producidos localmente
- Con el tiempo los filtros se pueden romper – se necesitan repuestos
- Una baja magnitud de flujo de 1 a 3 litros por hora en caso de aguas no turbias
- Los filtros y los depósitos se deben limpiar regularmente, especialmente después de filtrar aguas turbias
- Un rajadura en el filtro puede pasar desapercibida, pero aún así tener un efecto negativo sobre la capacidad
- Aguas turbias pueden atorar los poros de los filtros
- Una limpieza puede remover algunos tipos de revestimientos de plata con el tiempo, lo cual requiere un eventual reemplazo del filtro

La filtración por cerámica es más apropiada en áreas donde existe una producción de filtros de cerámica de calidad, una red de distribución para piezas de repuesto, y capacitación para usuarios con respecto a cómo usar y mantener correctamente el filtro.

¿Cuáles son los factores económicos y de escala?

Los filtros de cerámica fabricados a nivel local cuestan entre \$7,50 y \$30 dólares (EEUU). La distribución, educación y motivación de la comunidad puede agregar considerablemente a los costos del programa. Los programas de filtros cerámicos pueden lograr una plena recuperación de su costo (cobrándole al usuario el costo completo del producto, comercialización, distribución y educación); una recuperación parcial de su costo (sólo cobrándole al usuario el costo del filtro y subsidiando los costos del programa con

fondos de donantes), o pueden ser totalmente subsidiados, por

ejemplo en casos de emergencia. Si una familia filtra 20 litros de agua diarios (si el filtro funciona constantemente), y el filtro dura 3 años, el costo por litro tratado (incluyendo sólo el costo del filtro) es de 0,034 a 0,14 centavos de dólar.

Los sistemas de filtros cerámicos disponibles comercialmente varían en su costo de decenas a cientos de dólares, según dónde hayan sido fabricados y comprados, y la calidad de los filtros cerámicos. Los factores económicos y la sostenibilidad de proyectos basados en productos comerciales dependen del financiamiento de donantes y subsidios, así como de que se les haga un

seguimiento para asegurar que haya piezas de repuesto disponibles para la población que está usando los filtros.



¿Cuándo y cómo se debe limpiar el elemento de un filtro de cerámica?

Los filtros cerámicos capturan la mayoría de las partículas a 0,1mm (0,005 de pulgada) de su superficie, por lo que es fácil cepillar poros atorados y exponer nuevos. Pero los elementos mismos son frágiles y requieren de un manejo cuidadoso. Si disminuye mucho el tiempo que se demora el agua en filtrarse al depósito inferior, es hora de hacerle una limpieza. Además, si el lado de agua “limpia” de la membrana cerámica entra en contacto con agua, manos o trapos sucios, la filtración será ineficaz. Si tal contacto ocurre, el filtro se debe limpiar y esterilizar si es posible, antes de volverlo a usar.

En los elementos de filtros tipo maceta, los contaminantes se retienen en la mitad superior de la unidad, y se pueden limpiar cepillando el interior con un cepillo suave y luego enjuagándolo. Los elementos con forma de vela se pueden sacar, enjuagar con agua corriente limpia



Cleaning the filter can restore the flow rate, but is also a possible pathway for recontamination of treated water (e.g. if a dirty cloth is used)

escobillándolos ligeramente con una esponjilla o cepillo pequeño. La limpieza se deberá hacer de forma pareja, comenzando de la montura roscada hacia abajo.

¿Qué más se debe hacer para el debido mantenimiento del sistema?

Las cámaras inferiores se deben limpiar una vez al mes con agua jabonosa. En áreas con agua dura, una costra de calcio se puede acumular en el grifo y en las cámaras después de un uso prolongado. Para eliminarla, poner en remojo en vinagre y agua a las partes afectadas por unos 15 minutos. Limpiar la costra de calcio con una esponjilla o cepillo suave, lavar con agua jabonosa y enjuagar.



¿Cuándo se debe reemplazar un filtro?

Un filtro en forma de vela se debe reemplazar cuando su elemento muestra un cambio visible en el diámetro de la cerámica después de hacerle limpieza. Para filtros tipo maceta o vela, cuando aparece una rajadura en la cerámica, se pierde la integridad del filtro y éste se debe reemplazar.

Los principales riesgos contra el éxito de todo tipo de filtración cerámica son pequeñas rajaduras y la contaminación cruzada. Si la unidad se cae o es maltratada, la naturaleza frágil de los materiales cerámicos puede desarrollar rajaduras delgadas difíciles de ver, y eso permite que contaminantes más grandes pasen por el filtro.

¿Los filtros de cerámica retiran del agua minerales beneficiosos?

No. Aunque algunos filtros cerámicos tipo 'vela' con carbón activado sí retiran algunos minerales, cloro y otros químicos disueltos. La mayoría de los demás filtros cerámicos, incluidos los filtros tipo maceta, dejan pasar minerales disueltos y sales.

¿Dónde se han usado filtros de cerámica?

Programas de filtración por cerámica han sido implementados en más de 20 países. [Potters for Peace](#), (PFP) es una organización no gubernamental (ONG) con base en Estados Unidos y Nicaragua que promueve el diseño de filtros de cerámica tipo maceta, brindando asistencia técnica a organizaciones interesadas en establecer fábricas de filtros. Potters for Peace ha ayudado a establecer fábricas de este tipo en muchos países. Una vez establecida la fábrica, ésta vende los filtros a ONG que luego los incorporan a sus programas de agua y saneamiento.

La primera fábrica de filtros de Potters for Peace, en Managua, Nicaragua, se construyó con donaciones privadas. De 1999 a 2005, la fábrica funcionó como una microempresa auto-financiada en Nicaragua. ONG pagaban \$10 por filtro, y los transportaban a los sitios de los proyectos. A pesar de que se fabricaron y vendieron 23.000 filtros en Nicaragua de 1999 a 2004, la fábrica no era sostenible desde el punto de vista financiero y fue vendida a un inversionista privado que aumentó el precio de los filtros.

Uno de los más grandes programas de filtración se encuentra en Camboya, donde dos ONG trabajaron con Potters for Peace para establecer fábricas de filtros. [Resources Development International](#) distribuye los filtros por ventas directas no subsidiadas, los distribuye a través de vendedores locales, y a través de programas comunitarios subsidiados. International Development Enterprises distribuye los filtros

nacionalmente a través de vendedores. Ambas ONG venden filtros a dependencias del gobierno y a otras ONG. El proyecto ha distribuido con éxito más de 200 mil filtros, proceso que ha sido estudiado exhaustivamente.

Thirst-Aid (thirst-aid.org) ahora está gestionando en Myanmar en uno de las intervenciones más exitosas del mundo de filtros cerámicos de agua. Hasta el momento ha ayudado a establecer 8 fábricas de filtros cerámicos, que dan empleo a más de 150 personas. En los últimos 11 meses, estos productores han fabricado y distribuido más de 90.000 filtros cerámicos, suministrándole agua potable sostenible a una población de casi medio millón de personas.



¿Quiénes son los mayores proveedores?

Los mayores proveedores son ProCleanse, Potters for Peace, FilterPure, Doulton, Katadyn, and y Basic Water Needs.

Filtros cerámicos *ProCleanse* [procleansefilters.com]

El Filtro de Agua ProCleanse™ es el “primero de su tipo” en proveer un dispositivo de dos cámaras que usa una combinación patentada de partículas de cerámica porosa y una mezcla cargada positivamente de materiales biocidas para neutralizar microorganismos nocivos.² El agua contaminada se vierte al dispositivo y ésta atraviesa un colador de detrito que filtra los sedimentos grandes. Por caída de gravedad, el agua atraviesa el medio cerámico, filtrando y desactivando los microorganismos nocivos. El resultado es agua limpia y segura para consumo humano el primer día de uso. El filtro no requiere ensamblaje ni piezas de repuesto, es liviano y fácil de transportar y no usa aditivos químicos.³ Las unidades ofrecen beneficios de desinfección residual gracias a la presencia de iones de metal en el agua tratada, y un precio competitivo de \$0,001 por litro a lo largo



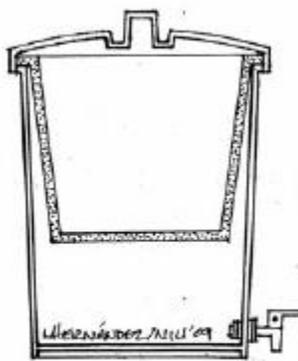
² <http://www.procleansefilters.com/media/faq-sheet.pdf>

³ <http://www.procleansefilters.com/>

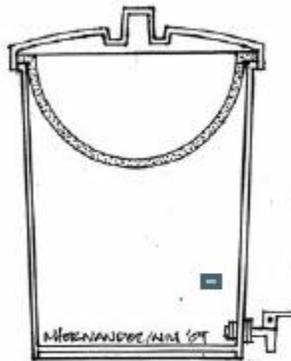
de toda su vida útil de 10 años. Los filtros de ProClense reducen las E. coli más de un 99,99 por ciento. Se llevan a cabo pruebas constantes para demostrar un impacto considerable sobre quistes y virus.

Potters for Peace [pottersforpeace.com]

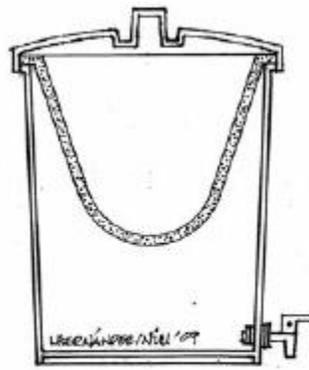
Potters for Peace no fabrica filtros, sino que ayuda a comunidades locales a establecer talleres independientes para la fabricación y venta de filtros. Organizaciones como la Cruz Roja, Doctores sin Fronteras, la UNICEF y la Oxfam han distribuido decenas de miles de filtros alrededor del mundo.⁴ El diseño del filtro, similar al proceso descrito anteriormente, fue desarrollado en 1981 en Guatemala por el Dr. Fernando Mazariegos del Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial (ICAITI). El objetivo del Dr. Mazariegos era hacer segura al agua contaminada con bacterias para “los más pobres de los pobres”, desarrollando un filtro de bajo costo que se pudiera fabricar dentro en la misma comunidad.⁵ Los filtros han probado que eliminan casi el 99,99 por ciento de la mayoría de los patógenos.



Potters for Peace
(7-11 liters)



Thirst-Aid
(10 liters)



FilterPure
(6 liters)

FilterPure [filterpurefilters.org]

FilterPure es una organización con una misión: fabricar y distribuir un mejor y más barato dispositivo de filtración de agua



⁴ <http://www.water.info/home.ceramicfilters.pott>

⁵ http://pfp.he207.vps.webenabled.net/?page_id=

para el “punto de uso”. FilterPure es una organización sin fines de lucro comprometida a suministrar agua potable segura para el consumo humano a las poblaciones en riesgo del mundo en desarrollo

El diseño de FilterPure tiene forma de maceta de cerámica de base redonda fabricada con una mezcla de arcilla, un material combustible (aserrín o cascarilla de arroz), y plata coloidal. Durante el proceso de horneado, se produce un poco más de un centímetro de carbón dentro del filtro, para mejorar el sabor y el color del agua.

Doulton [doulton.com]

Los filtros cerámicos de agua Doulton tienen una barrera altamente eficaz para bloquear patógenos y partículas. La estructura de poros en la cerámica tiene una clasificación de filtración absoluta de 0,9 micrones (menos de una milésima de un milímetro), lo cual le permite filtrar partículas y bacterias muy pequeñas del agua para consumo humano. Los filtros cerámicos contienen rastros de plata incorporada a la cerámica. La plata inhibe el crecimiento bacterial y permite que los filtros se auto-esterilicen. Además la cerámica está hecha en un 100% de elementos naturales que no le hacen nada al agua filtrada. Los filtros Doulton permiten que los minerales beneficiosos pasen por el agua y los filtros por gravedad no requieren de cañerías o electricidad.



Katadyn [katadyn.com]

Katadyn fabrica varias líneas de filtros cerámicos grandes y pequeños. Estos van de unidades individuales para botellas de agua o ‘excursionistas’ hasta unidades caseras más grandes. Estos filtros vienen con una estructura micro porosa impregnada con plata que retarda el crecimiento de bacterias. El tamaño del poro de los filtros cerámicos Katadyn es de 0,2 micrones. Las bacterias con un tamaño de 0,2 a 5 micrones y protozoarios similares (de 1 a 15 micrones) son filtrados con gran eficiencia.

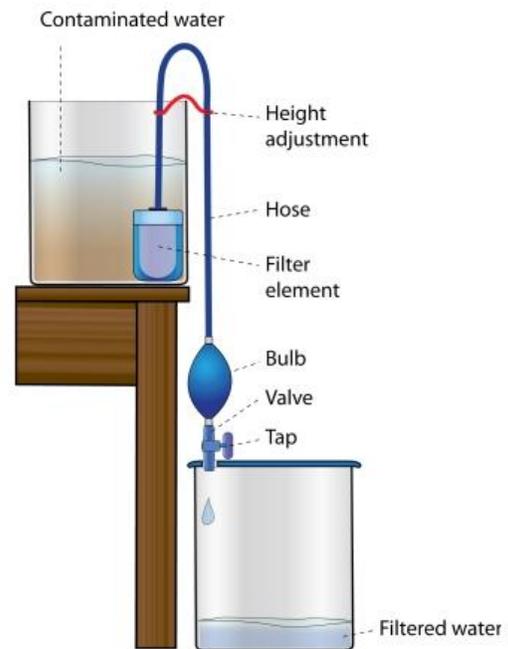
Basic Water Needs [basicwaterneeds.com]

En los Países Bajos, BasicWaterNeeds BV desarrolló el filtro de agua de tipo sifón “tulipán”. Es un filtro tipo vela que usa un sifón de gravedad a presión para forzar agua por el elemento del filtro cerámico.

Es un sistema compacto ya que puede usar cualquier depósito de agua disponible localmente, y el filtro sólo cuesta unos 500 gramos, o un poco más de una libra.

El Tulipán trata de 4 a 5 litros de agua por hora. El elemento del filtro ha sido remojado en una solución de plata para aumentar su eficiencia en la eliminación de bacterias.

Más de 150.000 de estos filtros se usan con éxito en más de 15 países. Durante la epidemia de cólera en Zimbabue, de las 58.000 personas que usaban el filtro Tulipán, ninguna contrajo la enfermedad.

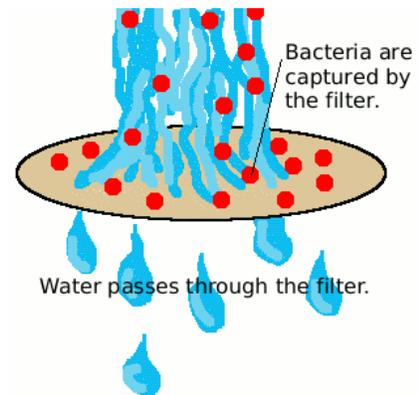


FILTRACIÓN DE AGUA POR MEMBRANA

¿Qué es la filtración de agua por membrana?

La filtración de agua por membrana es un método de remoción de bacterias y otros contaminantes del agua pasando agua sin depurar por una membrana micro porosa.

Como con otros métodos de filtración, los contaminantes se retienen en el lado ‘sucio’ de la membrana y el agua filtrada se acopia en un depósito para su consumo.



¿De qué material están hechas las membranas y qué aspecto tienen?

La mayoría de filtros de membrana para el agua potable empiezan con materiales delgados semipermeables hechos de un polímero sintético, fabricados como una placa de yeso o de fibras huecas. Las membranas individuales pequeñas se atan formando un fajo de cientos de módulos de diferentes formas. Estos módulos vienen en muchos tamaños y formas—en forma de U, enrollados en espiral, varias formas cilíndricas. La construcción de los módulos implica sellar el material de la membrana en un montaje con conexiones de entrada y salida.

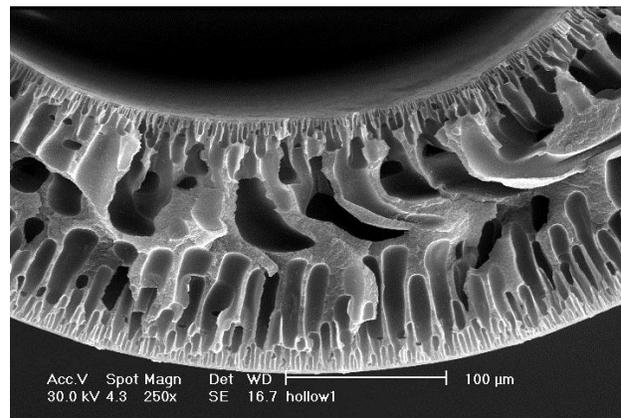


Varias formas de membranas de tubos huecos



Un típico módulo de fibra hueca puede estar conformado de varios cientos y hasta más de diez mil membranas, tales como las que aparecen en esta matriz de membranas industriales para el tratamiento de aguas residuales.

Otros filtros de membrana pueden ser muy pequeños, como los filtros de ‘caña’ que usan



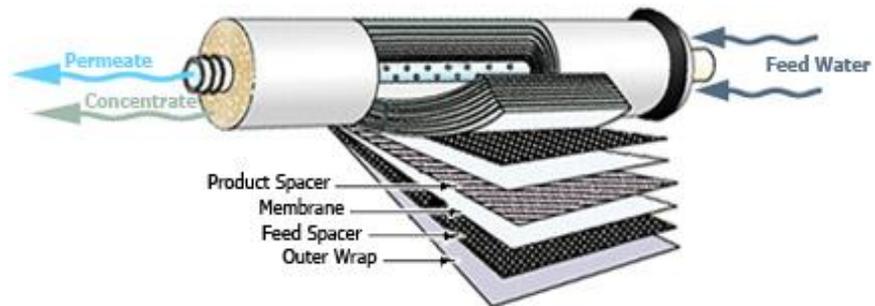
Microfotografía de la sección transversal de la pared membrana de tubos huecos.

los excursionistas y entusiastas de la vida al aire libre para purificar su agua.



Hay otras configuraciones para uso casero o comercial pequeño, que se parecen a los filtros de las refrigeradoras en cocinas de casa.

Los módulos de membranas enrolladas en espiral encajadas vienen en un recipiente a presión. En estos filtros, la carga de agua no depurada fluye a través de una membrana plana que envuelve un separador y de allí se extiende hacia la salida.



¿Es nueva esta tecnología?

Los filtros de membrana para agua se fabricaron comercialmente por primera vez en Alemania en 1927, y se usaron durante la Segunda Guerra Mundial para producir agua municipal. Filtros de membrana de diferentes tipos y formas se usan en miles de procesos comerciales e industriales, desde la producción de alimentos y de químicos, hasta el tratamiento de aguas servidas. Algunos filtros, específicamente los de ósmosis inversa (ver más abajo), se han estado usando cada vez más en décadas recientes para producir agua potable usando agua del mar. Además, en décadas recientes se han desarrollado diseños más nuevos de filtros de membrana que no requieren sistemas de bombeo de alta presión para hacer pasar agua a través de ellos, y ha crecido su uso para el tratamiento de agua potable en áreas en desarrollo.

¿En qué se diferencian los distintos filtros de membrana?

La principal diferencia es el tamaño del poro. El tamaño del poro determina qué tamaño (y tipo) de contaminante se ha de filtrar. Los filtros de membrana también se diferencian por su capacidad,

configuración, forma, conexiones, necesidad de presión (sistemas de bombeo), materiales para su fabricación y calidad (mayormente uniformidad de tamaño de poro).

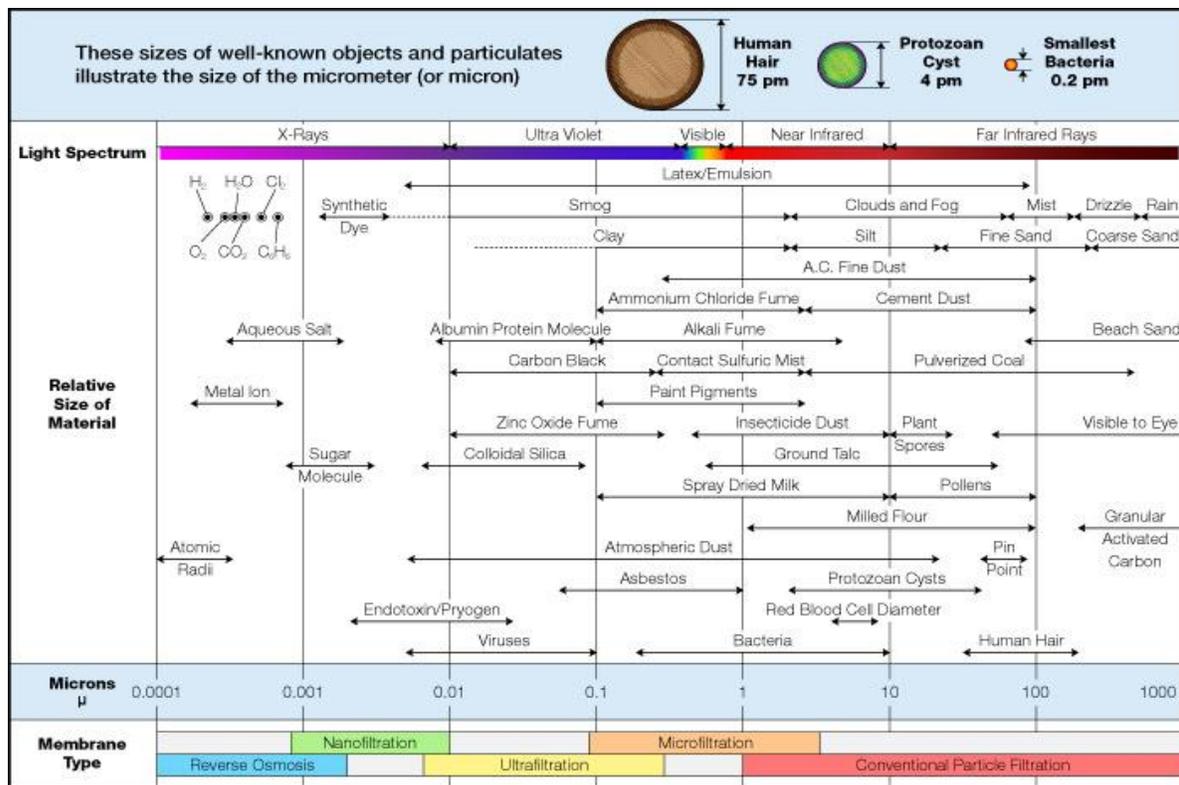
¿Qué debe considerarse al seleccionar un filtro de membrana?

Determinar qué contaminante químico o elemento biológico se tiene que eliminar. Esto determina qué tamaño de poro de la membrana y configuración de filtro son necesarios. Por ejemplo, la turbidez y los sedimentos se retiran más fácilmente que las bacterias grandes y protozoarios; mientras que la contaminación viral requiere una filtración más estrecha bajo presión, y otros contaminantes como la sal requieren membranas especializadas y sistemas de bombeo a presión.

Para asegurar un buen tratamiento se necesitará hacer pruebas en el laboratorio, en el campo, o ambos. En algunos casos un solo filtro de membrana no basta; y la mejor solución puede ser combinarlo con otro tipo de tratamiento (como un filtro bioarena), o agregarle un segundo método de tratamiento (como cloración después del tratamiento).

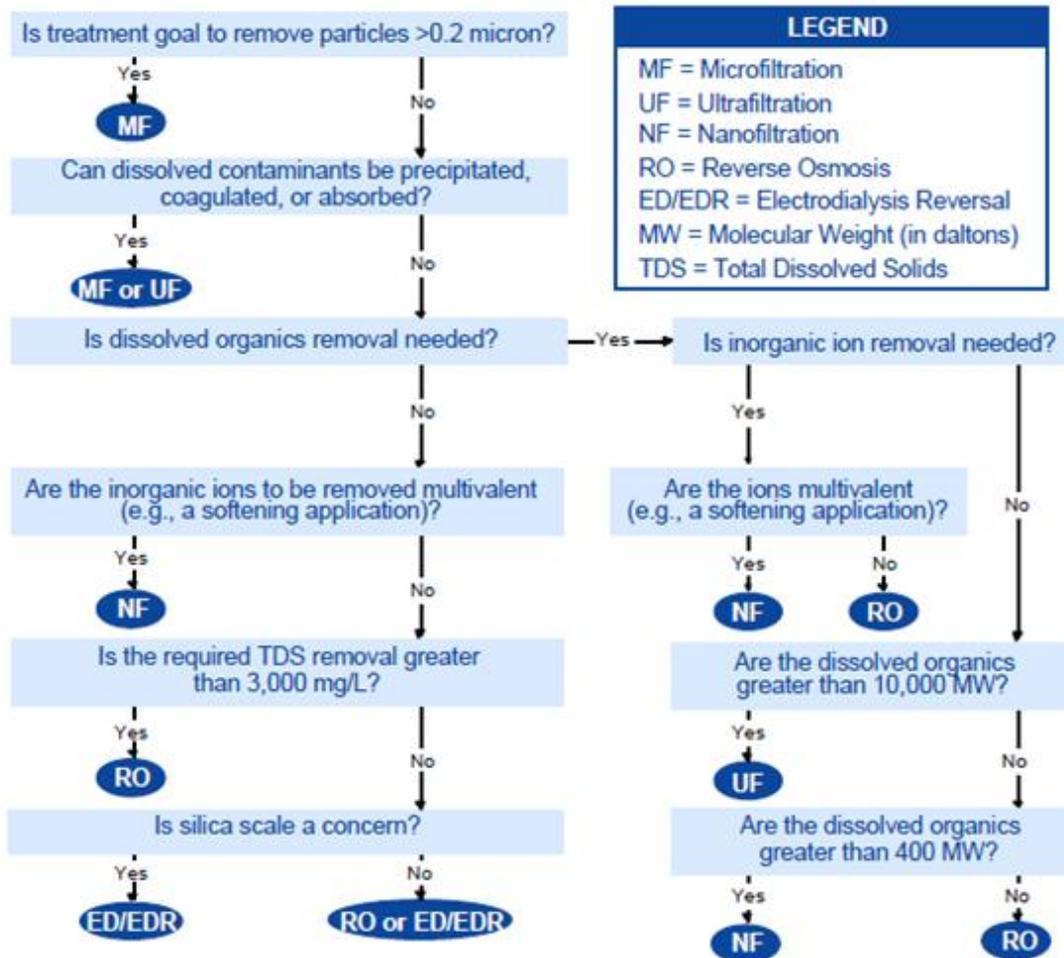
¿Cuáles son las diferentes clasificaciones de los filtros de membrana?

Los filtros de membrana se clasifican por tamaño de poro, y por lo tanto, por el tamaño del contaminante filtrado del flujo de agua. Ver los cuadros a continuación para más información sobre su clasificación. Las membranas se clasifican en: membranas de micro filtración (MF), ultrafiltración (UF), nano filtración (NF) y ósmosis inversa (OI).



Fuente: h2odistributors.com

Cuadro general de selección de filtro de membrana



NOTE: This simplified chart is based on common assumptions and should not be applied to every situation without more detailed analysis.

| ASSUMPTIONS | |
|--|---|
| <p>A. Relative Cost</p> <ul style="list-style-type: none"> MF < UF < NF < RO or ED/EDR If TDS removal > 3,000 mg/L, RO or ED/EDR may be less costly | <p>B. Removals</p> <ul style="list-style-type: none"> MF—particles > 0.2 Micron UF—organics > 10,000 MW, virus, and colloids NF—organics > 400 MW and hardness ions RO—salts and low MW organics ED/EDR—Salts Particles include <i>Giardia</i>, <i>Cryptosporidium</i>, bacteria, and turbidity |

Reprinted from Proceedings of the 1993 Membrane Technology Conference, by permission. Copyright ©1993, American Water Works Association.

¿Son convenientes los filtros de membrana para cualquier región en desarrollo?

Los sistemas de filtros de membrana en gran escala son complicados, caros, usan mucha energía (necesitan bombeo) y requieren una capacitación especializada para su operación y mantenimiento. No

obstante, de las cuatro principales clasificaciones de membranas, la micro filtración puede ser apropiada para situaciones específicas.

La micro filtración, con tamaños de poro que van de 0,1 a 1 μm (0,00004 pulgada), puede retirar la mayoría de las bacterias y protozoarios normales, y en aplicaciones pequeñas no requiere una bomba o sistema de presión alta para hacer pasar el agua por el filtro.

¿Requiere la micro filtración una bomba o un sistema a presión?

La micro filtración difiere de otros procesos de membrana—como la ósmosis inversa y la nano filtración—porque esos sistemas requieren presiones más altas para forzar al agua a pasar por el filtro (ver abajo); y si bien algunos sistemas de micro filtración usan flujos de entrada presurizados, los sistemas más comunes para el tratamiento de agua en áreas en desarrollo no necesitan presión.

Debido a la energía limitada en muchas áreas en desarrollo, la presión de agua necesaria para hacer pasar agua no depurada a través de un filtro de membrana por lo general se consigue usando tanques de agua elevados, en lugar de bombas de alta presión. Por supuesto esto varía con el nivel de tratamiento requerido. Por ejemplo, la desalinización del agua del mar requiere mucha más presión que retirar limo del agua. Como la altura hasta la que se pueden elevar los tanques de suministro tiene un límite práctico, el proceso de filtración está limitado a las presiones requeridas por los sistemas de micro filtración y ultrafiltración del agua. La desventaja es que el tratamiento del agua puede no retirar todos los componentes minerales o biológicos presentes en el agua no depurada.

¿Cómo se satisface el requisito de presión para la microfiltración?

Para la microfiltración, la carga de agua requerida (distancia entre el fondo de un tanque de almacenamiento elevado y la parte superior del sistema de filtración) es de 0,7 a 10,5 metros (de 2 a 35 pies). Para la ultrafiltración, la carga de agua requerida es de 7,0 a 70,3 metros (de 23 a 230 pies). Para la mayoría de las instalaciones en áreas en desarrollo, los constructores pueden proveer unos 10 metros (33 pies) de carga de agua proveniente de tanques elevados.



¿Cuán eficaces son los filtros tipo caña que usan los excursionistas?

Hay varios fabricantes de dispositivos de microfiltración de punto de uso para usuarios individuales; por ejemplo, Sawyer y Life Straw (ver los enlaces más abajo). Pero estos filtros de micro filtración de agua tienen magnitudes de flujo limitadas y no son apropiados para los suministros de poblaciones grandes en su configuración actual. Probablemente deban considerarse como sistemas de intervención provisional hasta que se puedan desarrollar sistemas de tratamiento de agua más adecuados y sostenibles.



¿Quién fabrica sistemas pequeños de filtración con membrana para uso en comunidades?

Pocos fabricantes ofrecen sistemas de microfiltración o ultrafiltración con la capacidad de servir a una comunidad. Quizás esto se deba a la baja demanda de estos filtros en comparación con los filtros de membrana de ósmosis inversa, que tienen más demanda en el mundo desarrollado y su fabricación es más lucrativa.

Un ejemplo de un filtro de membrana de ultrafiltración apropiado para uso en comunidades grandes es el SkyHydrant, fabricado por SkyJuice™, una fundación sin fines de lucro en Sídney, Australia. Este producto puede suministrar de 600 a 1.000 litros de agua limpia por minuto, con una carga de agua de 6 metros. Desde enero de 2005, SkyJuice™ ha provisto más de 900 unidades de filtración de agua y tiene un buen historial de sostenibilidad.

Las ventajas de los sistemas más sofisticados de ultrafiltración, como SkyHydrant, es que suministran magnitudes de flujo apropiadas para comunidades con poblaciones grandes. No obstante, como el tamaño de poro de los sistemas de ultrafiltración no son adecuados para eliminar algunas bacterias y la mayoría de virus, se debe considerar un sistema de desinfección posterior a la filtración, especialmente si se va a almacenar el agua tratada por más de un día o dos antes de usarse. El portal de Internet de SkyJuice es: <http://www.skyjuice.com.au/skybox.htm>.



¿Cómo se mantienen los filtros de membrana?

Con el tiempo todos los filtros de membrana se empiezan a atorar, al ir llenando los contaminantes retenidos los espacios de los poros. La mayoría de los filtros de membrana se limpian con un proceso de filtración inversa o retrolavado con agua limpia. En muchos casos el retrolavado se realiza con presión más alta (generalmente el doble de la presión de flujo de entrada) para aumentar la velocidad del agua y desatascar las partículas del filtro. Aunque el proceso es específico para cada diseño, materiales y configuración de filtro, el principio es el mismo. Los usuarios se deben adherir a los procedimientos de limpieza recomendados por el fabricante.

De vez en cuando un filtro puede requerir una limpieza con químicos para eliminar contaminación que no ha eliminado el retrolavado. La información provista por el fabricante describe esos procedimientos y los productos recomendados.

¿Con qué frecuencia se tiene que retrolavar un filtro?

La frecuencia de la limpieza varía con cada filtro e instalación. La frecuencia de la limpieza depende de cuán sucia está el agua no depurada y las magnitudes de flujo. Aguas extremadamente turbias o lodosas pueden requerir un retrolavado con una frecuencia hasta 100 veces mayor que la requerida si se usan aguas relativamente claras. En todo caso, el retrolavado es un proceso muy sencillo para la mayoría de los filtros de membrana, que no demora mucho ni requiere capacitación especial.

¿Se puede retrolavar un filtro con agua sucia?

No. Si esto sucede por error, se tendrá que pasar un gran volumen de agua limpia por el filtro y luego descartarse, para luego volver a filtrar el agua para consumo.

¿Cuánta agua se puede filtrar/purificar al día?

La capacidad de cada instalación de filtro varía. Es diferente para cada fabricante, cada tamaño de poro, cada material, cada configuración, etc. Pero las magnitudes de flujo en general se determinan por una combinación de cuatro variables:

- Carga de agua (la distancia entre la parte superior de la fuente de agua y el filtro)
- Altitud (a mayor altura, más lenta es la magnitud de flujo)
- Cuán limpio está el filtro
- El filtro mismo (hay ligeras variaciones entre los filtros)

¿Se recomienda usar un filtro selectivo antes de la filtración por membrana?

En áreas donde el agua sin depurar es turbia o lodosa, se recomienda usar un filtro selectivo, que aumenta considerablemente la magnitud de flujo y el tiempo requerido entre cada lavado por chorro trasero. Se puede usar varios tipos de filtros selectivos sencillos, como de tela, filtros de cubo y tanques de asentamiento.

La mayoría de los filtros de membrana, ¿retiran químicos, plaguicidas, sal o metales pesados como el arsénico?

Sólo los filtros de membrana de ósmosis inversa retiran esos químicos. Los filtros con poros más grandes de uso casero no los retiran.

Tipos de membranas, propiedades y aplicaciones

El tamaño del poro de la membrana determina cuán eficaz será para la remoción de varios contaminantes. Se debe determinar qué contaminantes se tienen que retirar del suministro de agua para potabilizarla, y luego seleccionar el tamaño de poro apropiado. Una vez identificado el tamaño, recién se puede seleccionar el filtro apropiado. Nótese que en algunos casos, el agua tratada con un filtro de membrana tendrá que ser desinfectada para eliminar bacterias muy pequeñas y virus. Los siguientes cuadros fueron elaborados por la Profesora Kara Nelso, de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad de California en Berkeley.

| Categoría | Gama de tamaños | Contaminantes típicos eliminados | Aplicaciones típicas | | Mecanismo de remoción |
|------------------------------|------------------------------------|--|--|--|---------------------------|
| | | | Agua potable | Aguas residuales | |
| Micro filtración (MF) | 0.,1-1 μm | TSS (total de sólidos en suspensión), turbidez, quistes protozoarios (como Crypto, Giardia), bacterias | TSS (total de sólidos en suspensión), turbidez, eliminación de quistes | Bioreactor a membrana (MBR), pre-desinfección (partículas o productos secundarios de desinfección con PAC) o NF/RO | Colado o filtrado |
| Ultrafiltración (UF) | 0.01-0.1 μm | Macro moléculas, organismos coloidales, algunos virus | | | Colado o filtrado |
| Nano filtración (NF) | 0.001-0.01 μm (1-10 nm) | Moléculas pequeñas, iones divalentes (dureza), virus | Suavizante, precursores de desinfección (materia orgánica natural), desinfección | Suavizante, desinfección | Colado y alguna exclusión |
| Ósmosis | 0.1-1 nm | Moléculas muy | Desalinización, | Eliminación de | Exclusión |

| | | | | | |
|---------------------|--|--|---|--|--|
| inversa (OI) | | pequeñas (color), iones (dureza), sulfatos, nitratos, sodio) | compuestos orgánicos sintéticos, productos secundarios de desinfección, nitratos, desmineralización | compuestos específicos antes de reusar | (permeabilidad del agua > permeabilidad soluble) |
|---------------------|--|--|---|--|--|

Tipos de membrana, especificaciones de presión, flujos y funciones

Cuando más pequeño el poro, más presión se necesita para hacer pasar una cantidad dada de agua por el filtro.

| Categoría | Presión, psi | Presión Medidores de agua | Flujo, gal/pie ² -d | Flujo, gal/pie ² -d | kWh/ 1000 gal | Recuperación, % |
|------------------------------|--------------|---------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-----------------|-----------------|
| Micro filtración (MF) | 1-15 | 0,7-10,5 | 10-40 | 10-40 | 0,1 (@ 15 psi) | 94-98 |
| Ultrafiltración (UF) | 10-100 | 7,0-70,3 | 10-20 | 10-20 | 0,8 (@ 75 psi) | 70-80 |
| Nano filtración (NF) | 75-150 | 52,7-105,7 | 5-20 | 5-20 | 1,4 (@ 125 psi) | 80-85 |
| Ósmosis inversa (OI) | 125-1000 | 87,9-703,1 | 8-12 | 8-12 | 2,7 (@ 225 psi) | 70-85 |

Fuente: Profesora Kara Nelson, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad de California en Berkeley

Enlaces a más información sobre filtración por membrana

Los siguientes enlaces son para obtener más información sobre operaciones de filtración por membrana, así como fabricantes de filtros de membrana que se usan en el mundo en desarrollo.

http://www.epa.gov/ogwdw/disinfection/lt2/pdfs/guide_lt2_membranefiltration_final.pdf

Koch Membrane Systems

mrwa.com

katadyn.com/

sawyer.com

espwaterproducts.com

vestergaard-frandsen.com

skyjuice.com.au

lenntech.com/

vichemgroup.com

aboutmembranefiltration.com/

DESINFECCIÓN DEL AGUA

¿Qué es la desinfección el agua?

La desinfección del agua es la eliminación de contaminantes biológicos. El agua puede estar contaminada con agentes físicos, químicos y biológicos. La desinfección elimina los contaminantes biológicos o patógenos, que son los virus, las bacterias y parásitos como los helmintos, protozoarios y gusanos. Muchos de estos contaminantes biológicos, especialmente los virus, no pueden ser eliminados con los pasos anteriores de sedimentación y filtración.

¿Qué técnicas se pueden usar para desinfectar el agua?

Los métodos más generalizados de desinfección del agua son cloración, luz ultravioleta, ozono y desinfección solar (SODIS).

¿Qué es la cloración del agua y por qué se usa?

El proceso de agregar cloro (Cl_2) al agua se llama cloración. Es un método de purificar el agua para prevenir la propagación de enfermedades transmitidas por el agua, especialmente aquellas causadas por bacterias, virus y amebas.

La cloración es uno de los métodos de desinfección más usados. Es idóneo y muy eficaz para la desactivación de microorganismos patógenos. El cloro se puede aplicar, medir y controlar con facilidad. Es bastante persistente y relativamente barato.

La cloración ha sido ampliamente usada en suministros urbanos de agua, especialmente los que tienen sistemas de distribución extensos debido al cloro residual requerido al final de la tubería.

Quienes desde niños se acostumbran al cloro en el agua potable están acostumbrados a su olor y sabor. Pero cuando se agrega al suministro de agua potable en los países en desarrollo, donde los adultos no conocen el agua clorada, muchas veces no la quieren tomar y vuelven a sus fuentes contaminadas de agua.

Lo que es más, a la gente le preocupa los efectos del agua clorada sobre la salud. El cloro puede reaccionar formando compuestos orgánicos que existen naturalmente en las fuentes de agua y producir derivados que podrían ser carcinogénicos. Entre otras desventajas, la adición de cloro al suministro de agua requiere un personal técnicamente capacitado y un abastecimiento continuo de cloro.

El cloro es el principal desinfectante en EEUU porque es relativamente barato. En EEUU los estándares nacionales de agua potable establecen que la máxima cantidad residual de cloro es de 4 mg/L.

Los estándares de agua potable de la OMS establecen que se le debe agregar 2-3 mg/L para lograr una desinfección satisfactoria y concentración residual. La cantidad máxima de cloro que se puede usar es de 5 mg/L. Para una desinfección más eficaz, la cantidad residual de cloro libre debe superar los 0,5 mg/L después de por lo menos 30 minutos de contacto a un valor pH de 8 o menos.

¿Por qué se usa la luz ultravioleta para desinfectar el agua?

La luz ultravioleta (UV) es un medio de desinfección que se puede usar para purificar agua, ya que mata agentes patógenos incluyendo virus y bacterias. La luz ultravioleta se administra con una lámpara como la que aparece en la figura. Los dispositivos para el tratamiento ultravioleta del agua se pueden usar para cualquier fuente de agua, así sea de pozo u otras fuentes superficiales.



El tratamiento ultravioleta se compara favorablemente a otros sistemas de desinfección de agua en función a su costo, mano de obra y la necesidad de tener un personal capacitado. El tratamiento ultravioleta funciona mejor cuando el agua ha sido tratada previamente usando sedimentación y filtración.

¿Por qué se usa el ozono para desinfectar el agua?

El ozono es un poderoso oxidante capaz de desinfectar la mayoría de los organismos en el agua como los agentes patógenos. El ozono se consigue haciendo pasar oxígeno por luz ultravioleta. La ventaja de usar ozono es que produce menos derivados secundarios peligrosos, y no presenta problemas de sabor u olor. Adicionalmente, no deja residuos de desinfectantes en el agua, como es el caso con la cloración. La desventaja del ozono es que se debe generar in situ. Luego se agrega al agua a ser depurada por contacto de burbujas. Este proceso puede ser difícil en países en desarrollo.

¿Por qué se usa el método SODIS de desinfección solar del agua?

La desinfección solar del agua (también conocida como SODIS) es un método sencillo, gratuito y eficaz de desinfectar el agua con sólo luz solar y botellas de polietileno (PET). La metodología del tratamiento sólo requiere llenar botellas de agua de plástico reciclado con fuentes locales de agua, y luego dejarlas expuestas a la luz solar por 24 horas. El método de tratamiento es descentralizado y se puede aplicar a nivel doméstico.



Fuente: Wikipedia, Desinfección solar del agua,
(<http://en.wikipedia.org/wiki/SODIS>)

Se ha demostrado que la exposición a la luz y la radiación solar desactiva a los agentes patógenos diarreicos y por lo tanto reduce la contaminación en el agua potable. Estudios han demostrado que es uno de los métodos más eficaces y baratos de tratar el agua potable en los países en desarrollo. Las ventajas incluyen el reciclaje de botellas de plástico y el bajo costo de construir bastidores donde colocar las botellas de agua.

LISTA DE CONTROL PARA SELECCIONAR SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUA

En cualquier proyecto hídrico, la selección del tratamiento más apropiado sólo se puede hacer después que la información preliminar descrita anteriormente ha sido recopilada y analizada.

Pero antes de decidir el “cómo”, se debe saber el “qué”: ¿Qué hay en el agua? ¿Qué se debe eliminar? ¿Qué cantidad de agua depurada se necesita a diario? Por lo tanto, se deberá responder las siguientes preguntas antes de seleccionar un método de tratamiento.

1. ¿Se ha respondido la Lista de Control (arriba) para considerar la calidad del agua? _____
2. ¿Cuáles son los problemas de salud de la comunidad y los estándares de agua? _____
 - a. ¿Qué contaminantes químicos y biológicos se encuentran en el agua? _____
 - b. ¿Cuál es el nivel de turbidez del agua? _____
 - c. ¿Qué espera la gente del agua? ¿Olor? ¿Olor de cloro? ¿Color/Opacidad? _____

 - d. ¿La gente rechaza al sabor del cloro a tal punto de no querer usar agua desinfectada con cloro? _____
3. ¿Se ha estudiado y definido adecuadamente la fuente de agua no depurada? _____
 - a. ¿Calidad? _____
 - b. ¿Cantidad? _____
 - c. ¿Variabilidad/cambios estacionales? _____
4. ¿Hay disponibles análisis recientes y confiables de calidad de agua? _____
5. ¿Hay buenos cálculos del número de personas y hogares a recibir el servicio? _____
6. ¿Se entienden bien las fuentes de energía disponibles? _____
 - a. ¿Hay electricidad confiable disponible y cuál es su fuente? _____
 - b. ¿Cuál es el costo de la electricidad? _____
 - c. ¿Tiene la comunidad los medios para suministrar energía a su sistema de agua? _____
7. ¿Hay buena información local tanto económica como demográfica? _____
 - a. ¿Cuánto puede aportar la comunidad para operaciones y mantenimiento? _____
 - b. ¿Hay gente con la formación técnica necesaria para las operaciones y mantenimiento del sistema de agua?

 - c. ¿Existe una cultura empresarial/de pequeñas empresas? _____
 - d. ¿Se dispone de micro financiamiento? _____
 - e. ¿Hay contratistas disponibles para proyectos hídricos comunitarios? _____
 - f. ¿Hay materiales de construcción disponibles y asequibles? _____
 - g. ¿Hay piezas de repuesto disponibles y asequibles? _____

Selección de la tecnología de filtración apropiada

La selección de la tecnología de filtración más apropiada depende principalmente de los contaminantes a ser eliminados, los niveles de turbidez del agua no depurada y el tamaño o capacidad del requisito. Otras consideraciones importantes incluyen el costo, la complejidad (y mantenimiento requerido) del sistema, y cuán fácilmente la comunidad adoptará y usará dicha tecnología. Por último, el sistema de tratamiento ¿será uno centralizado para toda la comunidad o se establecerá en cada hogar?

Sistemas de tratamiento centralizados

Para los sistemas de tratamiento centralizados, probablemente se deban considerar filtros de membrana. La complejidad de los sistemas de tratamiento centralizados es mucho mayor que la de un

sistema de tratamiento casero, por lo cual se deberá consultar con un experto para diseñar el sistema. Para los sistemas centralizados se debe considerar lo siguiente:

1. ¿Es adecuada la filtración y remoción de partículas de alrededor de 1 micrón (para retirar protozoarios y bacterias grandes)? _____
 - a. De serla, se puede aplicar una filtración convencional.
 - Filtros de cerámica tipo maceta, baratos
 - Filtros con cascarilla de arroz/ceniza
 - Filtros de cerámica de baja calidad
2. ¿Es necesaria la remoción de partículas más pequeñas de hasta 0.2 micrones? _____
 - a. De serla, se pueden usar filtros de bioarena, membranas de micro filtración y mejores filtros de cerámica. Estos retiran las bacterias más pequeñas, pero no pueden garantizar la eliminación de virus.
3. ¿Uno de los objetivos es la remoción de contaminantes virales? _____
 - a. De serlo, se deberá utilizar ya sea membranas de ultrafiltración (con sus respectivos sistemas más complejos a presión alta), o una tecnología de esterilización posterior a la filtración.
4. ¿Se eliminarán pesticidas u otros contaminantes químicos (incluyendo el arsénico)? _____
 - a. De ser así, los dispositivos de filtración descritos arriba no funcionarán por su cuenta; se tendrá que utilizar un filtro de carbón, ozono, intercambio de iones u otros procesos especializados de remoción. Consultar con un experto para diseñar el sistema.
5. ¿Se eliminarán sales disueltas, flúor u otros minerales? _____
 - a. De ser así, como en el acápite anterior, se tendrá que utilizar un sistema especializado. Esto podría implicar el uso de un sistema de ósmosis inversa, o la precipitación, floculación o adsorción de los contaminantes para separarlos del flujo de agua.
6. ¿Cómo se presuriza la membrana? _____
 - a. ¿Se bombea de la fuente? _____
 - b. ¿De un tanque elevado? ¿Qué elevación de tanque se necesita para suministrar la presión necesaria en la membrana? _____
7. ¿Cómo se distribuirá el agua?
 - c. ¿De la planta de filtración? _____
 - d. ¿Se bombeará a un tanque secundario elevado (o varios)? _____
 - e. ¿Se bombeará a un sistema de distribución de agua que va a quioscos dentro de la comunidad o directamente a los hogares, escuelas, clínicas? _____
8. ¿Cuánta agua se tiene que tratar a diario? _____
9. ¿Cuál es la capacidad del sistema de filtración en base a la demanda diaria? _____
10. ¿Se han planeado trayectorias redundantes para filtros de tal forma que la filtración pueda continuar mientras se hace un lavado por chorreo trasero en partes desactivadas de la planta? _____
11. Si la principal fuente es energía eléctrica (de ser necesaria), ¿hay un suministro eléctrico de respaldo para poder continuar tratando el agua? _____
12. Si el agua tratada se envía a un sistema de distribución o almacenamiento, ¿se le ha aplicado un agente desinfectante con capacidad de desinfección residual (como el cloro)? _____

Sistemas caseros de tratamiento de agua

Seleccionar un sistema casero de tratamiento de agua depende del tipo de contaminación en la fuente de agua (que se determina mediante análisis de calidad de agua). Para aguas ligeramente contaminadas con baja turbidez, cualquiera de los métodos de filtración descritos en las secciones

anteriores funciona bien. A continuación algunas preguntas que hacer para seleccionar un método de tratamiento:

1. ¿Qué tipo/tamaño de contaminante se desea eliminar?
 - a. ¿Es adecuada la filtración y remoción de partículas de alrededor de 1 micrón (para retirar protozoarios y bacterias grandes? De serla, se puede aplicar una filtración convencional.

 - Filtros de cerámica tipo maceta, baratos
 - Filtros con cascarilla de arroz/ceniza
 - Filtros de cerámica de baja calidad
 - b. ¿Es necesaria la remoción de partículas más pequeñas de hasta 0,2 micrones? _____
 - De serla, se pueden usar filtros de bioarena, membranas de micro filtración y mejores filtros de cerámica. Estos retiran las bacterias más pequeñas, pero no pueden garantizar la eliminación de virus.
 - c. ¿Se desea eliminar contaminantes virales? _____
 - De ser así, se deberá aplicar ya sea membranas de ultrafiltración (con sus respectivos sistemas a presión alta más complejos), o una tecnología de esterilización posterior a la filtración.
 - d. ¿Se desean eliminar pesticidas u otros contaminantes químicos (incluyendo el arsénico)?

 - De ser así, los dispositivos de filtración descritos arriba no funcionarán por su cuenta; se tendrá que aplicar un filtro de carbón, ozono, intercambio de iones u otros procesos especializados de remoción.
 - e. ¿Se desean eliminar sales disueltas, flúor u otros minerales? _____
 - De ser así, como arriba, se tendrá que utilizar un sistema especializado. Esto podría implicar el uso de un sistema de ósmosis inversa, o la precipitación, floculación o adsorción de los contaminantes para separarlos del flujo de agua. Ninguno de estos sistemas es apropiado para un sistema casero.
 - f. ¿Cuán turbia (lodosa) es el agua sin depurar? _____
 - a. ¿Tiene el agua sin depurar más de 50 unidades de turbidez nefelométrica?

 - Algunos sistemas de membrana pueden procesar una turbidez alta, pero su operación generalmente requiere bombas mecánicas. Preguntar al fabricante.
 - Algunos filtros cerámicos de alta calidad toleran un alto nivel de turbidez, pero requieren una limpieza más frecuente.
 - La mayoría de los otros filtros descritos en las secciones anteriores se atoran rápidamente con alta turbidez, y el agua no depurada deberá tener algún tipo de filtración previa para reducir la turbidez. Ejemplos de filtración previa son:
 - Filtro simple de arena
 - Filtración con tela
 - Depósitos de asentamiento
 - Depósitos complejos para floculación y precipitación
 - b. Nótese que una turbidez alta también puede afectar los sistemas de esterilización, especialmente ultravioleta (UV) o luz solar. La turbidez se deberá reducir lo máximo posible antes de efectuar su desinfección.
1. ¿Qué tamaño de sistema se necesita? _____
 - a. ¿La demanda es de aproximadamente 50 litros (14 galones) por día por casa?
 - Para una casa o punto de uso pueden ser apropiados:
 - Filtros de bioarena

- Filtros caseros de cerámica
 - Filtros de membrana pequeños
- b. ¿La demanda es mayor de 50 litros (14 galones) al día? _____
- Puede ser necesario un servicio comunitario más grande y centralizado.
 - Se puede usar un filtro de membrana del tamaño requerido para una comunidad, pero falta de espacio puede ser un problema. Puede ser necesario un tanque elevado o energía eléctrica para presurizar esos sistemas grandes.
 - Podría ser apropiado instalar en paralelo múltiples filtros más pequeños.
4. ¿Qué otras consideraciones secundarias pueden ser importantes? _____
- a. ¿Se necesita de inmediato? _____
- De serla, la mejor solución puede no ser un filtro bioarena, el cual se puede demorar varias semanas en funcionar plenamente.
 - Podrían ser apropiados filtros cerámicos individuales de punto de uso o filtros de membrana.
- b. ¿El sistema planeado requiere de presión para funcionar? _____
- ¿Sería posible usar presión por gravedad? _____ ¿Bastaría? _____
- c. ¿Cuán fácil es de operar y mantener el sistema? _____
- d. ¿Requiere electricidad el sistema para funcionar? _____
- e. ¿Se requiere más de un paso de tratamiento? _____
- ¿Se necesita filtración seguida de desinfección para obtener agua potable de calidad?
 - ¿Se necesita filtración previa para reducir la turbidez?
- f. ¿Es demasiado complicado y caro para la comunidad el mejor sistema? _____
- g. ¿Se requiere un sistema de almacenamiento de agua? _____
- ¿De qué tipo? _____ ¿Cuán grande? _____
 - ¿Cómo se mantiene la esterilidad? _____
 - ¿Cómo se distribuye el agua depurada? _____
- h. ¿Qué tipos de desinfección están a la mano? _____
- ¿Cloro líquido? ¿Tabletas? _____
 - ¿Desinfección solar (SODIS)? _____
 - ¿Coagulantes y floculantes con otros desinfectantes? _____
 - ¿Luz ultravioleta? _____
 - ¿Ozono? _____
- j. ¿Hay técnicos locales capaces de operar y mantener el sistema? _____
- ¿Qué nivel de capacitación se requiere? _____
- k. ¿Qué costos puede asumir la comunidad para la operación y mantenimiento del sistema? _____
- l. ¿Rechaza la gente el sabor de cloro en su agua potable? _____
- m. ¿Hay consideraciones específicas o climáticas que podrían afectar la viabilidad a largo plazo del equipo y el sistema? _____
- n. ¿Hay fuentes alternativas de piezas de repuesto? _____

Desinfección para suministros de agua

Mantener el agua limpia y segura para el consumo humano puede requerir desinfección como paso secundario después de la filtración, o como protección para aguas subterráneas no filtradas. Los siguientes son los pasos para suministrar agua limpia y segura:

1. Proteger la fuente de suministro de posible contaminación innecesaria

- a. Construir una cobertura alrededor del manantial para mantener alejados del agua a la gente y los animales.
 - b. Construir pozos de agua a por lo menos 100 metros de posibles fuentes de contaminación, como letrinas, zanjas de drenaje sucias, corrales de animales o áreas industriales.
 - c. Construir un brocal de concreto alrededor del pozo y cubrir la boca de pozo.
 - d. Para pozos excavados abiertos, no se debe permitir que se introduzcan cubos sucios al pozo; siempre es necesario usar un cubo suspendido de una soga.
2. Filtrar el agua antes de desinfectarla para retirar sedimentos y cualquier agente patógeno fácil de eliminar.
 3. Al aplicar un método secundario de desinfección, determinar si el agua va a ser consumida de inmediato o si se va a almacenar por un tiempo (en un tanque de almacenamiento).
 - a. El agua que va a ser consumida de inmediato puede no necesitar un proceso secundario de desinfección a menos que se sospeche la presencia de patógenos muy pequeños, como virus. Si se requiere desinfección para patógenos pequeños, el agua desinfectada debe dejarse reposar por lo menos de 20 a 30 minutos antes de ser consumida, para dejar que el desinfectante surta efecto.
 - b. Si el agua se va a almacenar por un tiempo después del tratamiento inicial, se deberá usar un proceso secundario de desinfección que tenga una capacidad desinfectante residual, como el cloro.
 - c. Nota: El ozono y la luz ultravioleta no tienen capacidad desinfectante residual.

IMPLEMENTACIÓN DE UN PROYECTO HÍDRICO

Introducción

Siempre se desafía a los miembros del club rotario a dedicar su talento a servir, sea con tiempo, talento o fondos. Los proyectos hídricos son una excelente oportunidad de canalizar aptitudes para atender las necesidades de la población de bajos recursos. Esta sección repasa algunos de los aspectos más importantes de la fase de construcción, desde la movilización hasta la conclusión del proyecto. La decisión más importante que tendrá que tomar el club rotario patrocinador es el grado de participación que desea tener en la construcción misma del proyecto.

Hay varias maneras de tener una participación activa. Las alternativas incluyen:

- El club rotario patrocinador mismo puede llevar a cabo el proyecto, desde su planificación hasta su construcción, usando recursos del club (mano de obra y fondos)
- Contratar a un constructor local en conjunto con un club rotario anfitrión
- Asociarse con una ONG local o internacional para llevar a cabo el proyecto.

En términos generales, estos son algunos de los puntos fuertes y puntos débiles de cada alternativa:

| Tema | Trabajo como proyecto del club | Contratar a un constructor | Asociarse o contratar a una ONG |
|--|---|---|--|
| Es fácil emprender un proyecto para el club rotario patrocinador | Organizar voluntarios suele ser trabajoso | No es complicado si el club rotario anfitrión o patrocinador encuentra a un buen contratista, a un buen precio | Las ONG muchas veces tienen experiencia organizando e implementando proyectos |
| Encontrar a un club rotario anfitrión en el país | Se basa en una relación continua con un club rotario anfitrión | El club rotario anfitrión puede mandar el proyecto a un buen contratista | Las ONG muchas veces tienen relaciones existentes con el club rotario anfitrión |
| Financiación de un proyecto | Gran interés a nivel del club rotario patrocinador | Tanto el club rotario patrocinador como el distrito tienen que abordar el proceso normal de recaudación de fondos | Las ONG suelen compartir los costos o contribuir fondos de otras fuentes |
| Supervisión en el país | Requiere que uno o más voluntarios viajen al sitio para hacerle una inspección previa | Generalmente es supervisado por el club rotario patrocinador o un voluntario club rotario anfitrión | La ONG puede ya estar en el país y proveer un enlace para el club rotario patrocinador y el club rotario anfitrión |

| Tema | Trabajo como proyecto del club | Contratar a un constructor | Asociarse o contratar a una ONG |
|---|--|---|--|
| Compra de provisiones | El club rotario patrocinador tiene que enviar los materiales o comprarlos localmente | El contratista compra todos los materiales | La ONG organiza la obtención de todos los materiales |
| Informes del proyecto | Requiere de un fuerte compromiso por parte de uno o más miembros del club rotario patrocinador o anfitrión | Requiere de una buena comunicación entre los representantes del club rotario patrocinador y el club rotario anfitrión | Una buena ONG presenta informes sólidos regularmente. Aún tiene que haber un fuerte compromiso por parte de uno o más miembros del club patrocinador y el club anfitrión |
| Trabajo con gente que vive en el sitio del proyecto | Depende de una buena relación con el club rotario patrocinador y los lugareños | Generalmente se delega al club rotario anfitrión y al contratista | La ONG muchas veces tiene ya relaciones establecidas con los lugareños |
| Construir sostenibilidad | El club rotario patrocinador tiene que enviar equipos al área regularmente | El contratista necesita trabajar con la comunidad, el club rotario anfitrión y el club rotario patrocinador | La ONG necesita trabajar con la comunidad, el club rotario anfitrión y el club rotario patrocinador |
| Capacitación de lugareños | El club rotario patrocinador tiene que enviar voluntarios, que por lo general necesitan capacitación | El contratista puede ofrecer capacitación o el club rotario patrocinador envía voluntario(s) | La ONG organiza toda la capacitación y las obras con voluntarios del club rotario anfitrión y el club rotario patrocinador |

¿Se trata de un proyecto del club?

A muchos clubes Rotarios les gustan proyectos en los que ellos mismos hacen el trabajo. Acogen el desafío de organizar a voluntarios, recaudar fondos y trabajar con socios en el extranjero. Muchos de los voluntarios forjan relaciones de por vida con amigos de otros países y otros miembros de su club. Además, viajar para trabajar en proyectos mantiene a los miembros del club activos, fomentando el crecimiento de su propio club y su distrito.

La clave del éxito de un proyecto para los clubes Rotarios patrocinadores es asegurar que los elementos necesarios para la sostenibilidad a largo plazo del proyecto se definan, y que el club entero y sus asociados se comprometan a llevarlo a cabo.

Por otro lado, algunos clubes se pueden sentir abrumados con la sola idea de ejecutar un proyecto hídrico. Pueden considerar que carecen de las destrezas técnicas, el tiempo o la mano de obra necesarios para completar debidamente el proyecto. Para esos clubes, puede ser mejor “cooperar” o “participar” con otros clubes o asociarse con una ONG competente que puede ayudar a satisfacer los requisitos reseñados en este documento. Como club participante, el club y sus miembros pueden servir de valiosa organización de apoyo, tanto con fondos como con servicios de personal. Ser un socio principal de un proyecto que tiene éxito no requiere que un club en particular sea el que lidere en las fases de planificación, diseño o construcción del proyecto.

Inicio del proyecto/movilización

Se tiene que identificar a la autoridad responsable in situ antes de proceder con la fase de ejecución del proyecto. Además, se necesitará un considerable número de autorizaciones de los grupos involucrados para obtener el respaldo de la comunidad local, los clubes Rotarios de apoyo, y, en última instancia, el compromiso financiero, incluyendo las concesiones acordes. Como se explicó anteriormente, cualquier proyecto de agua y saneamiento es mucho más complejo que otros proyectos emprendidos por Rotary International y sus clubes. Para iniciar el proyecto, los clubes participantes y sus asociados se tienen que comprometer a financiar el proyecto a corto y a largo plazo. Pero eso sólo se logra con la aprobación del diseño del proyecto por todos los interesados. Esas aprobaciones, incluyendo un compromiso al cronograma del proyecto, se requerirán de los siguientes participantes:

- Clubes rotarios participantes
- Pueblo o comunidad
- Autorizadas locales y/o nacionales
- ONG colaboradoras
- La Fundación Rotaria (si se está usando financiamiento de la Fundación)

¿Cómo se selecciona a una ONG?

Muchas ONG internacionales y del país tienen un acervo de experiencia en proyectos hídricos, y muchas ONG internacionales trabajan en varios países. Con frecuencia esas ONG ya tienen una relación establecida en el área de interés del club rotario patrocinador. Esas ONG también pueden abrir las puertas para encontrar a socios del club rotario anfitrión. Las ONG generalmente están muy conscientes de los problemas de agua y saneamiento así como de la política del lugar, y pueden recomendar buenos proyectos para el club rotario patrocinador.

Encontrar una buena ONG normalmente se logra en base a relaciones ya establecidas. Una ONG internacional le puede hacer una presentación al club rotario patrocinador. La ONG puntualiza la necesidad de agua limpia, y el club rotario patrocinador empieza a entablar una relación emocional con la gente necesitada. La ONG sugiere un curso de acción, y el club rotario patrocinador puede decidir contribuir al proyecto fondos y otros recursos del club. Este método de “entrevista” es una buena forma para los clubes patrocinadores de evaluar las calificaciones y éxito demostrado de la ONG con proyectos similares en el país de interés.

Otras veces el club rotario patrocinador (o distrito rotario patrocinador) quiere hacer un proyecto, pero no sabe cómo encontrar una buena ONG. En esos casos, la comisión hídrica distrital o la comisión de concesiones pueden servir de buenas guías. Adicionalmente, WASRAG puede brindar criterios recomendados y una posible lista de ONG que hacen el tipo de trabajo en el área de interés (ref. portal de Internet de WASRAG www.StartWithWater.org).

El proceso de diseño también debe incluir un esquema del procedimiento de movilización e identificar mano de obra y materiales locales, los materiales que se tendrán que traer de fuera, la disponibilidad de mano de obra local y el nivel de destrezas, tanto para construcción como para supervisión. La selección de una ONG idónea puede ser útil para este proceso.

¿Cómo se selecciona a un contratista?

En casi todo el mundo hay contratistas disponibles para proyectos hídricos. Muchas veces el club rotario anfitrión ya tiene recomendaciones de contratistas o perforadores. Aún así, a menos que el club anfitrión tenga entre sus miembros a profesionales con experiencia en proyectos de agua, es importante confirmar las calificaciones tanto de la ONG como de los contratistas con quienes se va a trabajar como socio de construcción a cientos de kilómetros de distancia.

Los contratistas trabajan sobre la base de un contrato. Por lo tanto el contrato debe establecer expectativas claras para la obtención de permisos (de ser necesarios), costos, estándares de diseño, resultados e informes. Tanto los clubes Rotarios patrocinadores como los anfitriones tendrán que asignar a alguien que supervise al contratista, inspeccione los resultados y obtenga los informes. Se recomienda a los clubes Rotarios patrocinadores que envíen a un equipo para una evaluación post-proyecto y reunión con el club rotario anfitrión.

Conclusión y cierre del proyecto

El diseño final del proyecto también debe indicar el cronograma para completarlo, cuándo se deben terminar las pruebas que corroboren su conclusión, y cuándo y a quién se va a entregar el proyecto. Si el proyecto ha sido financiado con una donación global, los patrocinadores tienen que presentar un informe de progreso a la Fundación dentro de los primeros 12 meses de haber recibido el primer pago de la concesión, y de allí en adelante cada 12 meses. Se deberá presentar un informe final dentro de los primeros 2 meses de completar el proyecto.

Lista de control para la implementación de un proyecto hídrico

Los factores que determina si un club rotario se asocia con otros clubes Rotarios para poner en ejecución un proyecto son su magnitud y complejidad. Los socios pueden ser otros clubes Rotarios de su distrito, o clubes Rotarios en el país anfitrión. A veces un proyecto requiere la ayuda de una organización no gubernamental externa (ONG). Asociarse con personas competentes ayuda a que la construcción del proyecto proceda sin complicaciones. Responder las siguientes preguntas ayudará al club rotario durante el proceso de construcción:

1. ¿El proyecto está siendo financiado por más de un club rotario? _____
2. ¿Tienen los miembros del club rotario la pericia y experiencia profesional requeridas para planear y diseñar un proyecto hídrico que también satisfaga las necesidades secundarias de salud, higiene y saneamiento? _____
3. ¿Quién en su club rotario estará a cargo de gestionar el proceso de planificación y construcción?

4. ¿Tiene el club un número suficiente de miembros que puedan viajar al sitio del proyecto y completarlo? _____
5. Si más de un club está participando en el proyecto, ¿qué papeles desempeña cada club?

6. Si el club o los clubes no cuentan con la pericia profesional para planear, diseñar o construir el proyecto, ¿a quién se acudirá que tenga la competencia necesaria?

7. Si se necesita una ONG para ayudar con el proyecto:
 - a. ¿Qué papel va a cumplir la ONG en el proyecto? _____
 - b. ¿Cuáles son sus credenciales para realizar su función en el proyecto? _____
 - c. ¿Ha trabajado la ONG en este país o región anteriormente? _____
 - d. ¿Quién será la persona de contacto de la ONG? _____
8. ¿Se necesita un contratista para realizar el proyecto? _____
9. Si se necesita un contratista:
 - a. ¿Tiene referencias de haber realizado trabajo de calidad en proyectos similares?

 - b. ¿Tiene el equipo necesario para terminar el proyecto dentro del cronograma y presupuesto establecidos?

 - c. ¿Estará disponible cuando el equipo del club pueda viajar al país? _____
10. ¿Qué acciones señalarán la conclusión del proyecto? _____
11. ¿Qué pasos se deberán tomar para clausurar el proyecto?
 - a. _____ Establecer un comité en la comunidad a cargo del suministro de agua.
 - b. _____ Liquidar los contactos con la ONG.
 - c. _____ Pagar a los contratistas.
 - d. _____ Capacitar a un técnico de operaciones y mantenimiento y proveerle herramientas, manuales y repuestos.

- e. _____ Establecer contactos entre el equipo Rotario patrocinador del proyecto, el equipo regional y el comité de suministro de agua de la comunidad.
- f. _____ Establecer un programa a largo plazo de evaluación y supervisión.
- g. _____ Terminar la documentación de la concesión a LFR.

OPERACIÓN Y GESTIÓN DE UN SISTEMA DE AGUA POTABLE

Introducción

Durante la planificación, desarrollo y construcción de un proyecto es muy importante involucrar a líderes de la comunidad beneficiaria del proyecto. De hecho, ellos deben participar en la planificación y construcción en la medida de lo posible, para así asegurar su compromiso al proyecto y el éxito en su funcionamiento a largo plazo. Esto incluye el requisito que la comisión hídrica local fije y cobre tarifas anuales, para asegurar fondos disponibles para el mantenimiento o cualquier reparación del sistema instalado, y para asegurar que el proyecto permanezca en buenas condiciones de operación. Esta sección describe puntos a considerar para lograr que la comunidad se haga partícipe-propietaria del proyecto y así asegurar su éxito sostenible a largo plazo.

¿Cuán esencial es la participación de un líder de la comunidad?

No se puede exagerar la importancia de la participación de líderes de la comunidad en un proyecto hídrico. Cuando el club rotario patrocinador o sus asociados tienen que tratar con el jefe de una tribu, otro club rotario o un gobierno local, la participación y aprobación del más alto nivel es esencial para el éxito del proyecto. Los líderes tienen que participar en primer lugar en la planificación del proyecto, para asegurarse de que están de acuerdo en que el proyecto seleccionado sea prioritario para la comunidad.

Los líderes de la comunidad también deben participar en las fases de diseño y construcción del proyecto, para que su emplazamiento y los métodos y materiales de la construcción les sean familiares y lo aprueben como una solución a largo plazo de su problema.

Por último, y quizás esto sea lo más importante, los líderes deben estar conscientes y aprobar los requisitos a largo plazo de operación y mantenimiento, incluyendo el costo de la mejora y el cobro de tarifas para pagar las reparaciones y el mantenimiento de la obra a lo largo de su vida útil.

¿Por qué son importantes la operación y mantenimiento del sistema?

Sea cual sea el tipo de mejora al suministro de agua seleccionada para el proyecto propuesto, los procedimientos de operación y mantenimiento se deben documentar por escrito usando los medios habituales de la comunidad para celebrar contratos.

Se deberá seleccionar a gente del área del proyecto para operar y mantener el sistema y deberán recibir capacitación con respecto a los procedimientos correctos de operación y mantenimiento del sistema, incluidas la frecuencia de muestreos y análisis y de las diversas actividades de mantenimiento. Para que el sistema sea sostenible a lo largo de su vida útil, es esencial establecer estos procedimientos estándar de operaciones y mantenimiento y fijar una tarifa anual de uso.

Cada proyecto requerirá un manual de procedimientos adaptado a la aplicación específica. El club rotario patrocinador, el club rotario anfitrión o la ONG también tendrán que proveer una supervisión regular durante los primeros años para asegurar que el proyecto siga siendo sostenible. Cualquier problema que se descubra durante las actividades de supervisión tendrá que ser corregido de inmediato para que el proyecto recobre su viabilidad (ver Supervisión y Retroalimentación del Proyecto, más abajo).

¿Es importante la fijación y cobro de una tarifa?

En las primeras fases del proyecto se debe identificar una tarifa apropiada para usuarios que baste para sufragar los materiales y mano de obra requeridos para la operación y mantenimiento del sistema a lo largo de su vida útil proyectada. También se debe establecer un procedimiento y mecanismo para cobrar la tarifa. Los líderes de la comunidad deben estar convencidos que el sistema seleccionado cuenta con los recursos que le permitan un futuro sostenible, y que la única forma de

hacerlo equitativamente es que los usuarios contribuyan una parte justa de los costos de mantenimiento.

¿Se pueden esperar cambios en la calidad del agua después de que el proyecto entre en funcionamiento?

Puede haber problemas de calidad de agua desde el desarrollo inicial del proyecto propuesto, o estos pueden manifestarse después de un tiempo de operaciones. La degradación de la calidad del agua puede ir de color y olor a problemas más graves, como bacterias, químicos peligrosos o metales pesados. Por esa razón es esencial una supervisión periódica de la calidad del agua tanto en la fuente como en el punto de uso. Si se detectan cambios, se deberá determinar si tienen un posible efecto adverso sobre la población y, de ser así, tomar medidas inmediatas para corregir el problema, como proveer mayor protección en la fuente o efectuar mejoras/modificaciones al sistema de tratamiento.

¿Cuán importantes son la cadena de abastecimiento de repuestos y la seguridad?

Al final de la construcción se deberá dejar en el proyecto un inventario de repuestos críticos como bombas de repuestos, juntas, accesorios de cañerías, etc. Estas piezas se deberán almacenar en un lugar seguro contra robos. El club rotario también debe alentar al sector privado de la región a contar con existencias apropiadas y tenerlas disponibles para reparaciones como alternativa a dejarlo en manos de la comunidad misma. El club rotario anfitrión o la ONG de vez en cuando deben chequear la cadena de abastecimiento y el inventario del sector privado para asegurarse de que hayan repuestos disponibles para el proyecto cuando éste necesite reparaciones.

¿Debe ponerse en práctica un sistema de supervisión y retroalimentación del proyecto?

Anteriormente se mencionó que la supervisión y retroalimentación son esenciales para la operación y mantenimiento constante del proyecto con el fin de asegurar la sostenibilidad del proyecto. Cada proyecto tendrá que ser supervisado regularmente (por ejemplo, anualmente) por técnicos capacitados para evaluar si el proyecto está funcionando como debe. Esta labor la deberán llevar a cabo miembros calificados del club rotario patrocinador, anfitrión o la ONG.

Se deberán presentar informes de supervisión a los patrocinadores y la ONG, a los líderes de la comunidad y al personal local responsable de la operación y mantenimiento del sistema. Si se detectan problemas, el informe deberá incluir un plan positivo de mejora que restaure su sostenibilidad.

Es muy importante compartir con todas las partes los resultados de la supervisión, incluyendo a los operadores del sistema y a las autoridades locales. Es igualmente importante que cualquier mejora necesaria se comparta con los operadores, con los procedimientos requeridos para mejorar el sistema y restaurar su sostenibilidad.

Lista de control para la operación y mantenimiento de un sistema de agua potable

El índice de fracaso de los proyectos hídricos a cargo de organizaciones de servicio en los países en desarrollo ha sido históricamente alto (mayor del 50%) por una serie de razones. Las dos causas más comunes son:

1. Uso de tecnología no apropiada para la comunidad, y
2. No lograr que la comunidad se haga partícipe-propietaria del proyecto antes de su construcción, o que la comunidad siga participando después de concluida la implementación del proyecto.

Responder las siguientes preguntas ayudará al club rotario a que su proyecto sea sostenible:

1. ¿Qué socio del club supervisará periódicamente la sostenibilidad y rendimiento del proyecto?

2. ¿Qué miembro del equipo regional será la persona de contacto para ayudar con la supervisión del proyecto? _____
3. ¿Cuenta la comunidad con un comité competente a cargo del suministro de agua?

4. ¿Necesita ayuda dicho comité para ser más eficaz? _____
5. ¿Qué miembro de la comunidad será la persona de contacto de su club rotario y del equipo regional? _____
6. ¿Cómo se comunicarán entre sí su club rotario, el equipo regional y el comité a cargo del suministro de agua en la comunidad después de concluido el proyecto?

7. ¿Qué persona de la comunidad será la responsable de las operaciones y mantenimiento del proyecto?

8. ¿Tiene el técnico de operaciones y mantenimiento las herramientas y repuestos necesarios para efectuar sus tareas de manera eficaz? _____
9. ¿Cómo se asegurarán las herramientas y piezas de repuesto?

10. ¿Quién será responsable de la adquisición y pago de las piezas de repuesto? _____
11. ¿Cómo responsabilizará el club rotario al técnico de operaciones y mantenimiento por sus herramientas y el almacenamiento seguro de las piezas de repuesto?

12. ¿Cuenta el comité de suministro de agua de la localidad con un sistema tarifario para sufragar las operaciones y mantenimiento a largo plazo del proyecto? _____
13. ¿Quién será responsable de administrar las tarifas cobradas para operaciones y mantenimiento?

14. Si se anticipa que la calidad de la fuente de agua cambie por estaciones o con el tiempo, ¿quién será responsable de tomar muestras de calidad de agua y hacerlas analizar? _____
15. Si la calidad del agua cambia con el tiempo, ¿quién determinará los cambios en el proceso de tratamiento? _____