

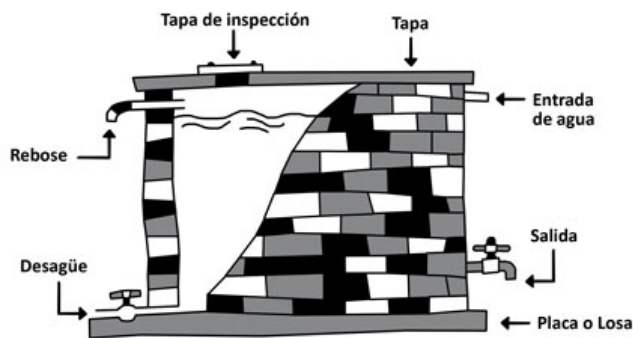
Unidad 3: Sistemas de Abastecimiento de Agua

Se parte aquí de los niveles de servicio en abastecimiento de agua y de las opciones tecnológicas para brindarlos, para llegar a la descripción de los sistemas convencionales y no convencionales de abastecimiento con especificaciones técnicas de sus componentes principales referidas a su diseño, construcción, operación y mantenimiento, incluyendo posibles tratamientos de agua en los sistemas convencionales y culminando en métodos de tratamiento de agua.

Lo previo es que ya se tiene ubicada la fuente de agua evaluada en su calidad con análisis físico químicos y bacteriológicos y en su cantidad con el aforo correspondiente.

Niveles de servicio en abastecimiento de agua

Nivel de servicio público: La pileta



- Público o multifamiliar

Reciben el servicio a través del acceso a pequeñas fuentes de abastecimiento de agua de uso exclusivo, o a partir de piletas públicas abastecidas por una red.

Las familias deben transportar el agua hasta su domicilio.

- Conexión domiciliaria o familiar fuera de la vivienda

Reciben el servicio individualmente en sus viviendas, por medio de conexiones domiciliarias conectadas a una red pública. Ésta puede estar ubicada:

*fuera de la vivienda (un punto de agua al exterior de la vivienda) o

*dentro de la vivienda (conexión con módulos sanitarios).

El nivel de servicio debe ser de acuerdo a las necesidades de las familias, pero se ve influenciado por la capacidad de la fuente, el monto de la inversión disponible, los costos de operación y mantenimiento y la capacidad técnica y económica de los usuarios.

El nivel de servicio con conexión domiciliaria dentro de la vivienda es el que proporciona mayor garantía sanitaria al usuario, ya que disminuye el requerimiento de almacenamiento intra domiciliario del agua y los riesgos de contaminación asociados a esa práctica.

Nivel de servicio con conexión domiciliaria



Opciones tecnológicas en abastecimiento de agua

Las opciones tecnológicas son las diferentes soluciones de ingeniería que se ajustan a las características físicas, económicas y socioculturales de las poblaciones. Permiten seleccionar la manera óptima de dotar servicios de calidad de agua potable y saneamiento a un costo compatible con la realidad local.

Estas opciones tecnológicas para abastecimiento de agua están condicionadas por el rendimiento y la ubicación de las fuentes, por el tamaño y dispersión de la población, por su ubicación geográfica, condiciones climáticas, etc. Estas condiciones determinarán que la opción tecnológica sea "convencional " o "no convencional" . Para las poblaciones rurales, en la mayoría de los casos es posible utilizar sistemas de tecnología simple, que no demandan personal calificado o altos costos operativos.

A mayor demanda de agua, será necesario recurrir a opciones de abastecimiento más complejas, de mayor costo de inversión, operación y mantenimiento y que requieren personal especializado.

Factores a considerar en la selección de opciones tecnológicas

Tipo de población	Concentrada
	Dispersa
Características locales	Clima
	Topografía
	Accesibilidad
Fuentes de abastecimiento disponibles	Subterránea
	Superficial
Caudal disponible	Cantidad
	Temporalidad
	Calidad
Conducción del agua	Por gravedad
	Por bombeo
Tratamiento requerido	Desinfección
	Tratamiento simplificado + desinfección
	Tratamiento químico + desinfección
Mantenimiento requerido	Simple
	Intermedio
	Complejo
Niveles de ingreso	Bajo
	Medio
	Alto
Capacidades locales	Muy baja
	Regular
	Buena

Hay que tener en cuenta que el tamaño y dispersión de la población afecta considerablemente los costos de inversión de los sistemas, en particular de comunidades rurales, siendo notoria la economía de escala en sistemas que atienden comunidades de mayor tamaño.

Sistemas convencionales de abastecimiento de agua

Son sistemas diseñados y construidos a partir de criterios de ingeniería claramente definidos y tradicionalmente aceptados, con un resultado preciso para el nivel de servicio establecido por el proyecto, ya sea a nivel de vivienda mediante conexiones domiciliarias o a nivel comunitario con piletas públicas.

Los sistemas convencionales son:

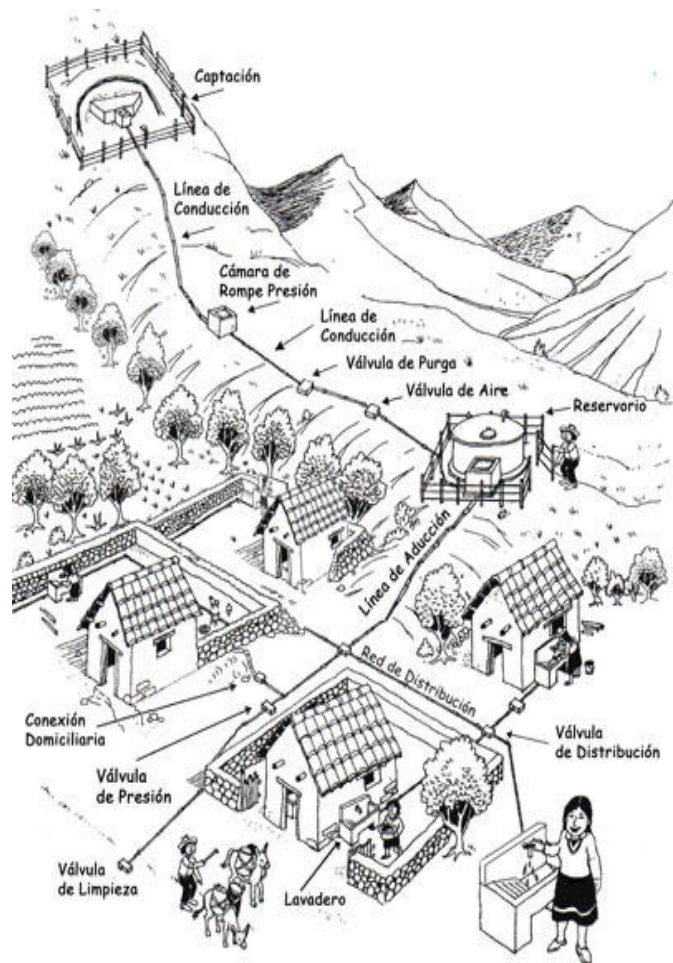
GST: Sistema de abastecimiento por gravedad sin tratamiento

GCT: Sistema de abastecimiento por gravedad con tratamiento

BST: Sistema de abastecimiento por bombeo sin tratamiento

BCT: Sistema de abastecimiento por bombeo con tratamiento

Para zonas rurales, es usual denominar los “sistemas por gravedad”, cuando la fuente de agua se encuentra a más altitud que los usuarios; y “sistemas por bombeo”, cuando la fuente se encuentra más abajo y se requiere el uso de bombas para entregar el agua a los usuarios



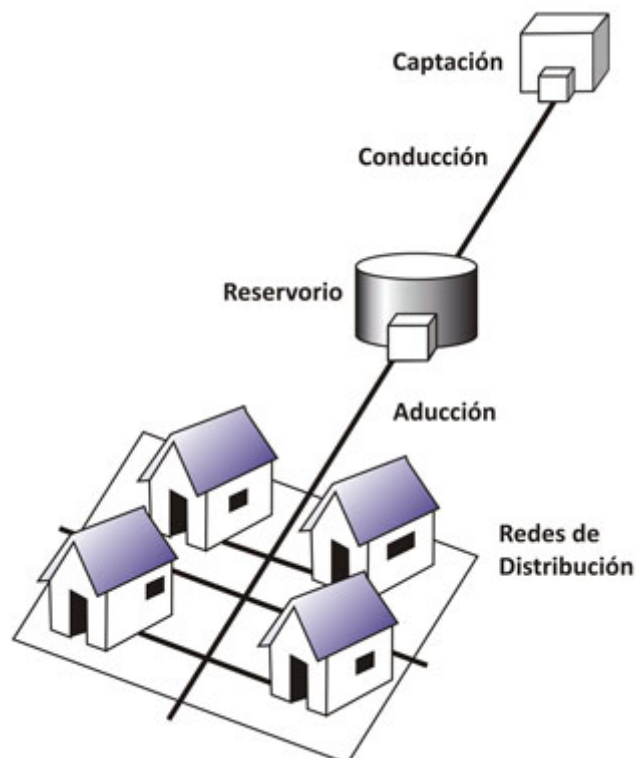
Tipos de Sistema

GST: Sistema de abastecimiento por gravedad sin tratamiento

Son sistemas donde la fuente de abastecimiento de agua de buena calidad y no requiere tratamiento complementario previo a su distribución; adicionalmente, no requieren ningún tipo de bombeo para que el agua llegue hasta los usuarios.

Las fuentes de abastecimiento son aguas subterráneas o subálveas. Las primeras afloran a la superficie como manantiales y la segunda es captada a través de galerías filtrantes.

En estos sistemas, la desinfección no es muy exigente, ya que el agua que ha sido filtrada en los estratos porosos del subsuelo, presenta buena calidad bacteriológica. Los sistemas por gravedad sin tratamiento tienen una operación bastante simple, sin embargo, requieren un mantenimiento mínimo para garantizar el buen funcionamiento.



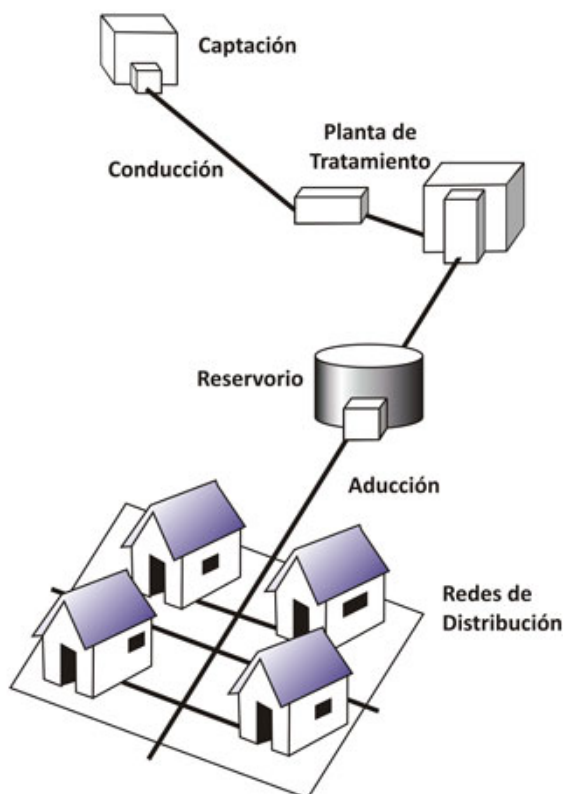
Sus componentes son:

- Captación.
- Línea de conducción o impulsión.
- Reservorio.
- Línea de aducción.
- Red de distribución.
- Conexiones domiciliarias y/o piletas públicas.

Ventajas y desventajas del GST:

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none">• Bajo costo de inversión, operación y mantenimiento.• Requerimientos de operación y mantenimiento reducidos.• No requiere operador especializado.• Baja o nula contaminación	<ul style="list-style-type: none">• Por su origen el agua puede contener un alto contenido de sales disueltas.

GCT: Sistema de abastecimiento por gravedad con tratamiento



Cuando las fuentes de abastecimiento son aguas superficiales captadas en canales, acequias, ríos, etc., requieren ser clarificadas y desinfectadas antes de su distribución. Cuando no hay necesidad de bombear el agua, los sistemas se denominan “por gravedad con tratamiento”. Las plantas de tratamiento de agua deben ser diseñadas en función de la calidad física, química y bacteriológica del agua cruda.

Estos sistemas tienen una operación más compleja que los sistemas sin tratamiento, y requieren mantenimiento periódico para garantizar la buena calidad del agua. Al instalar sistemas con tratamiento, es necesario crear las capacidades locales para operación y mantenimiento, garantizando el resultado esperado.

Sus componentes son:

- Captación.
- Línea de conducción o impulsión.
- Planta de tratamiento de agua.

- Reservorio.
- Línea de aducción.
- Red de distribución.
- Conexiones domiciliarias y/o piletas públicas.

Ventajas y desventajas del GCT:

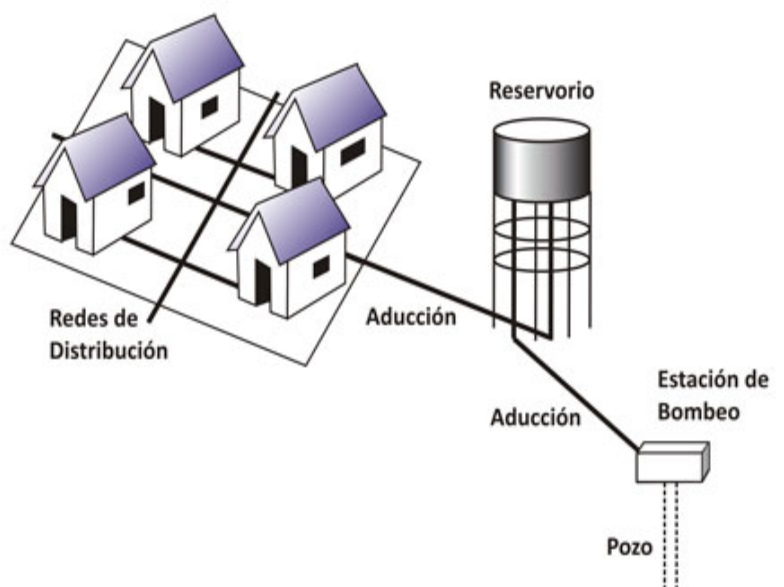
Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Remueve la turbiedad del agua cruda. 	<ul style="list-style-type: none"> • Requiere de personal capacitado para operar y mantener la planta de tratamiento. • Puede demandar del uso de productos químicos para el proceso de clarificación del agua. • Requiere desinfección obligatoria. • Mayor costo de O & M que los sistemas GST. • Tarifas elevadas.

BST: Sistema de abastecimiento por bombeo sin tratamiento

Estos sistemas también se abastecen con agua de buena calidad que no requiere tratamiento previo a su consumo. Sin embargo, el agua necesita ser bombeada para ser distribuida al usuario final. Generalmente están constituidos por pozos.

Sus componentes son:

- Captación.
- Estación de bombeo de agua.
- Línea de conducción o impulsión.
- Reservorio.
- Línea de aducción.
- Red de distribución.
- Conexiones domiciliarias
- Para este tipo de sistema no es conveniente un nivel de servicio por piletas públicas.



Ventajas y desventajas del BST:

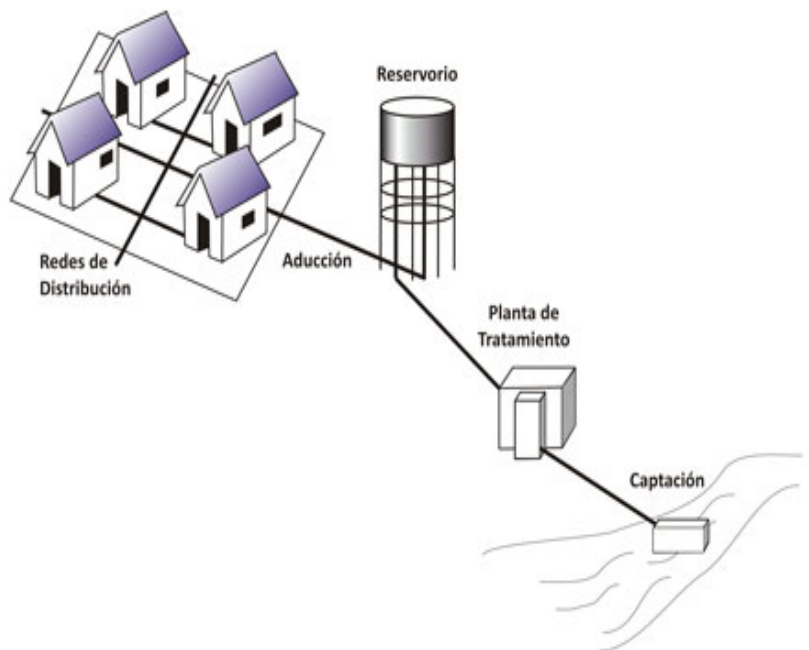
Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Desinfección poco exigente • Menor riesgo a contraer enfermedades relacionadas con el agua . 	<ul style="list-style-type: none"> • Requiere de personal especializado para operar y mantener sistemas de bombeo • Requiere elevada inversión para su implementación • Las tarifas del servicio son elevadas. Muchas veces el servicio es restringido a algunas horas del día para evitar la elevación de la tarifa.

BCT: Sistema de abastecimiento por bombeo con tratamiento

Los sistemas por bombeo con tratamiento requieren tanto la planta de tratamiento de agua para adecuar las características del agua a los requisitos de potabilidad, como un sistema de bombeo para impulsar el agua hasta el usuario final.

Sus componentes son:

- Captación.
- Línea de conducción o impulsión.
- Planta de tratamiento de agua.
- Estación de bombeo de agua.
- Reservorio.
- Línea de aducción.
- Red de distribución.
- Conexiones domiciliarias
- Para este tipo no es conveniente un nivel de servicio por piletas públicas.



Ventajas y desventajas del BCT:

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Ninguna. 	<ul style="list-style-type: none"> • Requiere de personal altamente capacitado para operar y mantener la planta de tratamiento y el sistema de bombeo.

- Requiere de mayor costo de inversión, de operación y mantenimiento que los sistemas de bombeo sin tratamiento. Muchas veces el servicio es restringido a algunas horas del día para evitar la elevación de la tarifa.
- Las tarifas del servicio son las más altas en comparación con los diferentes sistemas de abastecimiento de agua.
- Sistema complejo y de poca confiabilidad.

Tratamientos de agua en los sistemas convencionales

Cuando el agua presenta impurezas que impiden su consumo directo deberá ser previamente tratada. Los procesos de tratamiento deben ser definidos de acuerdo a la calidad del agua cruda y al tipo de impureza que se quiere remover. Para definir los requerimientos de tratamiento, es necesario conocer la calidad del agua durante un período mínimo de un año, ya que ocurren variaciones en los períodos de sequía y de lluvia. Para ello, deberán realizarse los análisis físico-químicos y bacteriológicos correspondientes.

El diseño de una instalación de tratamiento de agua debe efectuarse de la manera más simplificada posible.

Para el tratamiento en la localidad puede usarse:

Filtro lento de arena

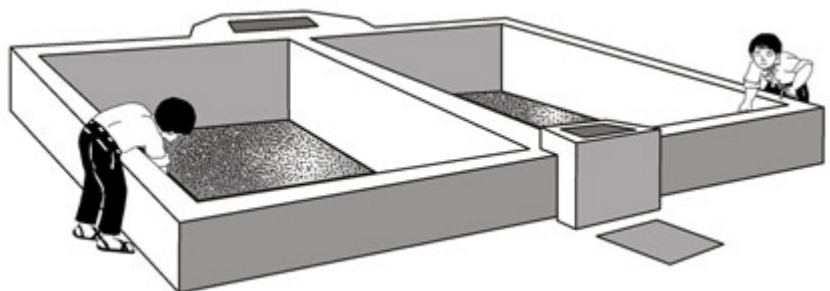
Filtro rápido

Tratamiento químico

Filtro lento de arena

El filtro lento de arena es el sistema de tratamiento de agua más antiguo del mundo. De acuerdo a las características del agua puede requerir de acondicionamiento previo mediante prefiltración y sedimentación.

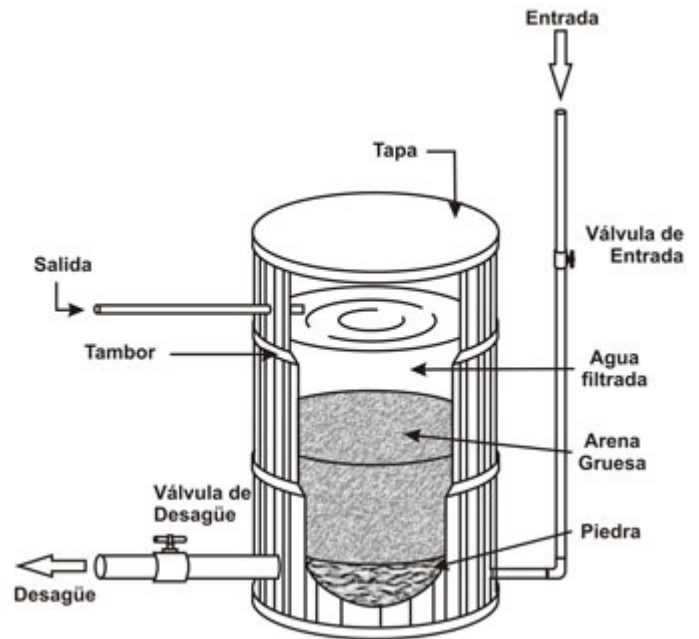
Copia el proceso de purificación que se produce en la naturaleza cuando el agua de lluvia atraviesa los estratos de la corteza terrestre y forma los acuíferos o ríos subterráneos.



El agua cruda que ingresa a la unidad permanece sobre el medio filtrante tres a doce horas, dependiendo de las velocidades de filtración adoptadas. En ese tiempo, las partículas más pesadas que se encuentran en suspensión se sedimentan y las partículas más ligeras se pueden aglutinar, lo que facilita su remoción posterior.

Comparado con el filtro rápido, requiere de áreas más grandes para tratar el mismo caudal y, por lo tanto, tiene mayor costo inicial. Sin embargo, su simplicidad y bajo costo de operación y mantenimiento lo convierte en un sistema ideal para zonas rurales y pequeñas comunidades.

Este es otro diseño de filtro lento no convencional. Aquí, el agua entra por abajo del tambor de 55 galones y fluye hacia arriba a través de la arena

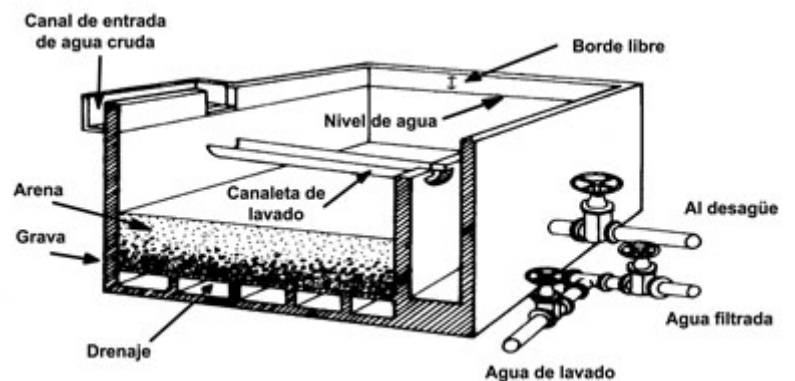


Filtro rápido

Los filtros de gravedad están constituidos por un lecho filtrante de arena con un espesor de 0.6 m a 2.0 m.

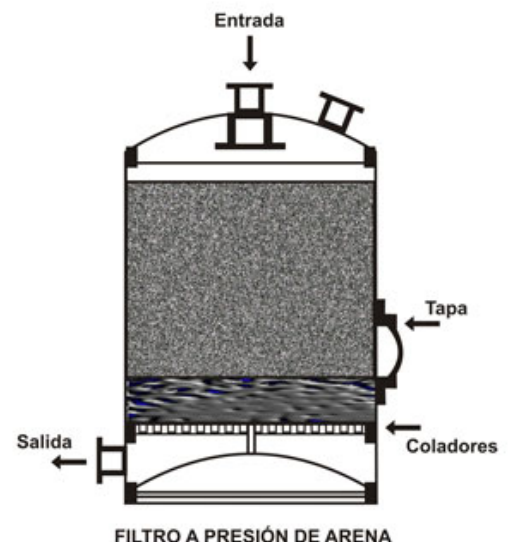
El agua fluye a través de la arena, y en ese recorrido los sólidos se quedan atrapados en la arena. El agua filtrada es recogida en el fondo del filtro a través de un sistema de recolección. Los sólidos retenidos deben ser periódicamente removidos invirtiendo el flujo de agua. El lavado se realiza a intervalos de uno a dos días.

La operación de estos filtros es más sensible, siendo necesario contar con atención permanente por operadores capacitados.



Tratamiento químico

La cloración es el método más ampliamente utilizado para desinfectar el agua. La fuente de cloro puede ser el hipoclorito de sodio (tal como blanqueador casero o electrolíticamente generado a partir de una solución de sal y agua), la cal clorada o el hipoclorito hiperconcentrado (comprimidos de cloro). El yodo es otro desinfectante químico excelente, pero no debería utilizarse por períodos prolongados (más de unas cuantas semanas). Tanto el cloro como el yodo deben agregarse en cantidades suficientes para destruir todos los patógenos pero no tanto que el sabor se vea adversamente afectado.



FILTRO A PRESIÓN DE ARENA

Se consideran filtros rápidos, también los filtros presurizados, como el de la figura

Desinfección, operación y el mantenimiento de los sistemas convencionales de agua potable

Desinfección de los sistemas

Con la limpieza interna solamente se elimina la suciedad. Se tiene que desinfectar para matar todos los microbios. La desinfección final del agua distribuida garantiza una barrera contra la presencia de los organismos patógenos responsables por la transmisión de las enfermedades.

Si la fuente de agua está protegida y sin presencia de microorganismos, la cloración ayuda a prevenir la posible contaminación en el sistema de distribución y en el manejo intra domiciliario. Cuando la fuente de agua es superficial, la desinfección es esencial para la eliminación de los microorganismos presentes en el agua. La desinfección es efectiva si el agua tiene baja turbiedad y se garantiza un tiempo mínimo de contacto del desinfectante con el agua. El desinfectante más comúnmente utilizado es el cloro. En pequeños sistemas es usual el uso de hipoclorito de calcio o sodio.

Aunque el agua sea de buena calidad, se recomienda su cloración con el propósito de prevenir la contaminación en la red de distribución y reducir las posibilidades de contaminación en los reservorios intra domiciliarios.

Operación y mantenimiento

Para poner en funcionamiento la línea de conducción, hay que abrir la válvula de control de la captación para que el agua ingrese a la tubería de conducción. Abrir la válvula de purga en la línea de conducción, para eliminar los sedimentos y residuos, y luego cerrarla. Abrir la válvula de aire para eliminar el aire acumulado en la tubería y luego cerrarla. Igualmente, abrir y cerrar válvulas en el reservorio y en la red de distribución.

Asimismo, hay que ver la cloración del agua, el control de cloro residual según el plan de muestreo elaborado y otras tareas según el tipo de instalación.

Si el sistema es por bombeo (BST o BCT), el operador será responsable de prender y apagar las bombas, controlar los niveles de agua en los reservorios, etc.

Cuando el sistema incluye una planta de tratamiento de agua (GCT o BCT), el operador realizará las actividades requeridas para el funcionamiento adecuado de la planta según lo establecido en el manual de operación de la instalación.

Asimismo es de su responsabilidad, mantener todas las instalaciones limpias y exentas de basuras o malezas. El operador debe ser adecuadamente capacitado para las acciones que va a realizar. Es indispensable contar con los manuales de operación respectivos, los materiales y las herramientas necesarios para la operación y el mantenimiento. Los materiales e insumos requeridos para esas tareas deberán ser adquiridos por los operadores

locales, utilizando los fondos recaudados mensualmente a través del pago de las cuotas por los usuarios del sistema.

El manual de operación y las herramientas necesarias deben ser previstos dentro del proyecto.

El mantenimiento periódico de las instalaciones de agua potable garantiza su funcionamiento adecuado y la vida útil del sistema, además de asegurar el suministro del agua con la calidad requerida.

Sistemas no convencionales de abastecimiento de agua

Estas opciones tecnológicas se refieren a soluciones individuales o multifamiliares dirigidas al aprovechamiento de pequeñas fuentes de agua. Están compuestas por los siguientes tipos de sistemas de abastecimiento de agua:

Captación de agua de lluvia.

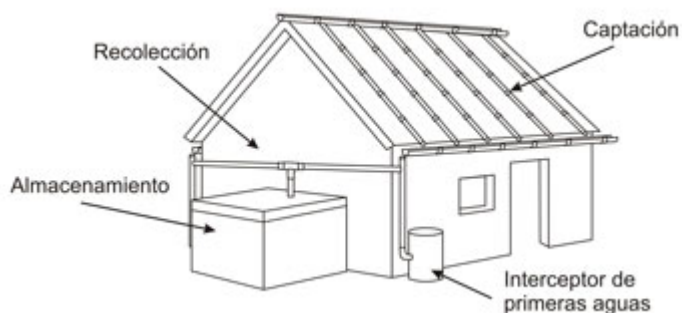
Pozos con bombas manuales.

Manantiales con protección de vertiente.

Captación de agua de lluvia

El agua de lluvia puede ser captada en lagunas de acumulación para su posterior uso. También se captan directamente en los techos de las viviendas y se acumulan en tanques de almacenamiento. El agua deberá ser desinfectada previamente a su consumo.

La ventaja de este sistema es su simplicidad y bajo costo de implementación, sin embargo, el suministro se queda condicionado a la variabilidad de la precipitación, resultando en discontinuidad del servicio.

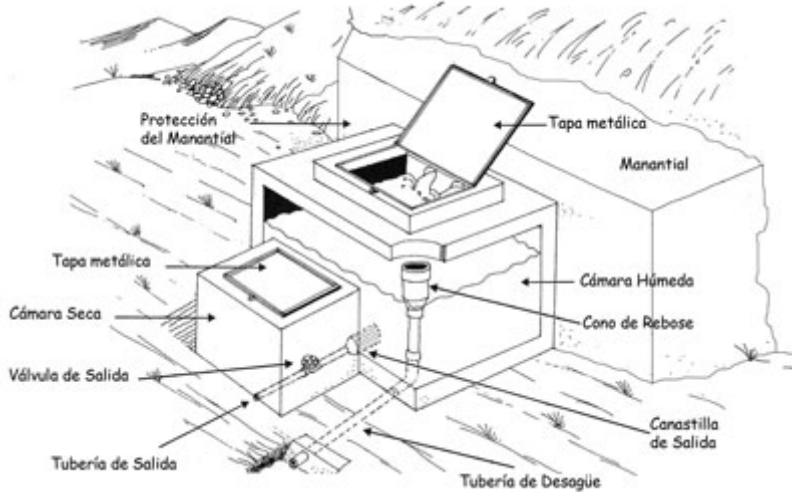


Pozos con bombas manuales

Son soluciones compuestas por pozos perforados o excavados debidamente protegidos, que pueden ser del tipo familiar o multifamiliar.

Dependiendo del tipo de protección del pozo y de la presencia de puntos de contaminación, el agua debe ser desinfectada antes de ser destinada al consumo humano directo.

Manantiales con protección de vertiente



Se constituyen en sistemas de abastecimiento de agua a partir de la captación segura de pequeñas fuentes de agua subterránea ubicadas cerca de la vivienda o grupo de viviendas.

Esta solución se compone de captación y surtidor, en el lugar donde se ubica la fuente o con conducción a los usuarios mediante tuberías de pequeño diámetro.

El nivel de servicio puede ser del tipo familiar o multifamiliar, según la capacidad de la fuente y del número de usuarios.

Tratamiento intra domiciliario del agua

A este proceso de tratamiento se le llama también agua segura.

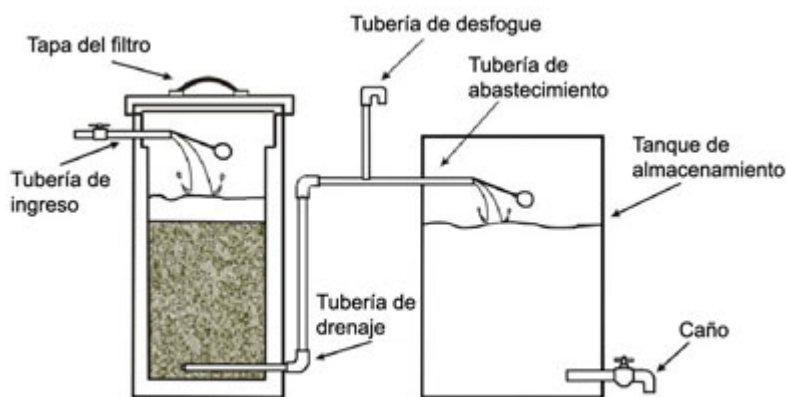
Los que no cuentan con sistemas de agua potable requieren un tratamiento domiciliario.

Los que si cuentan con estos sistemas de agua potable requieren prevenirse porque no basta que el agua sea desinfectada y clorada en los sistemas de abastecimiento. La mala higiene y almacenamiento intra domiciliario afecta la calidad y muchas veces es ahí donde el agua se contamina.

Dentro del domiciliario, es posible mejorar la calidad del agua en pequeños volúmenes, aplicando procesos de tratamiento de acuerdo a la calidad del agua y los contaminantes que existan. Los procesos más utilizados son

Para remoción de:	Tratamiento utilizado:	Tecnología:
Turbiedad	Filtración	Filtro lento de arena a nivel domiciliario Filtros de mesa
Desinfección	Radiación solar Calor Productos químicos	Desinfección solar del agua Ebullición Cloración

Filtro lento de arena a nivel domiciliario



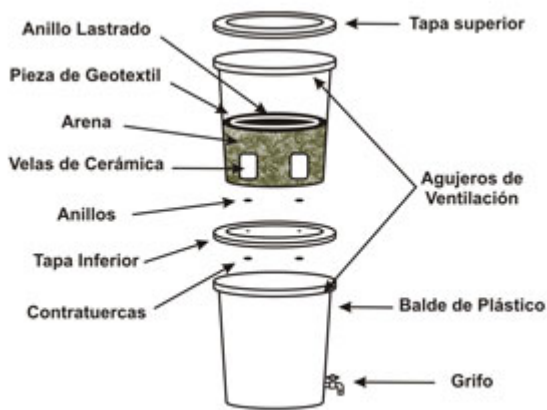
Sistema filtro lento de arena

Consiste en un tanque con una capa de arena clasificada. El agua cruda fluye verticalmente en la arena, siendo removidas en ese recorrido, mayormente en la capa superior de la arena las partículas en suspensión y las bacterias. El agua filtrada es recolectada desde el fondo del filtro.

Periódicamente, la capa superior de la arena que contiene los sólidos retenidos debe ser removida, lavada y repuesta.

Este proceso sólo se aplica para aguas con turbiedad baja, usualmente pre filtrada. El proceso es efectivo también para remoción de compuestos orgánicos, incluyendo algunos pesticidas.

Filtros de mesa



Estos filtros se componen de dos baldes de PVC de 20 litros cada uno. El balde superior contiene el elemento filtrante y el inferior se utiliza para el almacenamiento del agua filtrada. Así tenemos:

Filtro de velas filtrantes de cerámica
y prefiltros de arena.

Desinfección solar del agua

Los microorganismos son eliminados a altas temperaturas, en general entre 40 y 100 °C. La radiación solar también inactiva los microorganismos, por efecto de los rayos ultravioletas. Por ese motivo, una de las maneras más sencillas de garantizar la calidad del agua a nivel domiciliario es utilizando la desinfección solar del agua.

Esto es ideal para desinfectar pequeñas cantidades de agua con baja turbiedad. Se utilizan botellas plásticas transparentes que son llenadas con agua y expuestas al sol, durante seis horas, para alcanzar la desinfección esperada. Para acortar los tiempos de irradiación, o cuando la radiación solar no es suficientemente elevada, puede utilizarse una base semicilíndrica forrada con papel de aluminio, o pintar de negro la parte inferior externa de la botella.

Ebullición

El agua debe ser hervida en un recipiente tapado, por un tiempo de al menos 5 minutos contados a partir del inicio de la ebullición vigorosa. Luego de hervida, el agua debe enfriarse naturalmente para su posterior consumo, evitándose introducir recipientes en el agua que puedan provocar la recontaminación.

Desinfección química con cloro

Además de todo lo anterior, para tener agua segura, se debe almacenar el agua en recipientes con tapa, que no presenten óxido ni sedimentos. No se usan recipientes que hayan contenido productos tóxicos o estén revestidos

por brea. Para desinfectar el agua se aplica con gotero una cantidad de solución clorada (dependiendo de la concentración) por cada litro de agua y se deja reposar de 20 a 30 minutos en un recipiente con tapa.

El cloro es peligroso. Es muy corrosivo en solución concentrada y las salpicaduras pueden causar quemaduras y lesiones en los ojos. Si salpica cloro en los ojos o en la piel, deben lavarse inmediatamente con abundante agua. Los lugares donde se almacene deben ofrecer condiciones de seguridad, y es necesario tomar precauciones especiales para impedir el acceso de niños, niñas y animales.

Lejía, es el término utilizado en el Perú y otros países, para el agua clorada al 2% de cloro activo. También se le llama, lavandina o agua sanitaria.