

**UNIDAD DE APOYO TÉCNICO
PARA EL SANEAMIENTO BÁSICO DEL ÁREA RURAL**

**CONSIDERACIONES PARA LA SELECCIÓN DE LA
OPCIÓN TECNOLÓGICA Y NIVEL DE SERVICIO
EN SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA**



Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente
División de Salud y Ambiente
Organización Panamericana de la Salud
Oficina Sanitaria Panamericana – Oficina Regional de la
Organización Mundial de la Salud

Auspiciado por:



Agencia Suiza para el
Desarrollo y la Cooperación

**UNIDAD DE APOYO TÉCNICO PARA
EL SANEAMIENTO BÁSICO DEL ÁREA RURAL**

Consideraciones para la Selección de la Opción Tecnológica y Nivel de Servicio en Sistemas de Abastecimiento de Agua



Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente
División de Salud y Ambiente
Organización Panamericana de la Salud
Oficina Sanitaria Panamericana – Oficina Regional de la
Organización Mundial de la Salud

Auspiciado por la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación

Lima, 2002

PRESENTACIÓN

La ampliación de la cobertura del servicio de abastecimiento de agua del medio rural en los países de la Región, mediante la construcción de sistemas sostenibles, es uno de los grandes retos que enfrentan los gobiernos en general y los técnicos en especial.

Uno de los criterios básicos para lograr la sostenibilidad de los sistemas de abastecimiento de agua, es que la opción tecnológica y el nivel de servicio estén basados en las condiciones físicas, económicas, sociales y culturales de la comunidad a ser atendida, conjuntamente con la aspiración de disponer del servicio de abastecimiento de agua. Todo esto permite determinar o seleccionar el tipo de sistema o de servicio más conveniente a la comunidad. Para ello, es necesario que los técnicos dispongan de una herramienta que les permita identificar, de manera preliminar, la solución tecnológica que mejor se ajusta a las condiciones de la comunidad a ser atendida.

El presente documento constituye una herramienta de orientación a las autoridades y funcionarios para la toma de decisiones en la implementación de servicios de abastecimiento de agua en el medio rural. Constituye además una contribución del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS/OPS) y de la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE) en pro del mejoramiento de las condiciones sanitarias de las áreas rurales del Perú. La elaboración del presente documento estuvo a cargo de los ingenieros Ricardo Rojas y Luis Valencia, quienes contaron con la colaboración de los ingenieros Abel Bellido y José Luis Huamán, además de los comentarios de la empresa COWATER International INC.

Lima, enero de 2002.

CONTENIDO

	Página
1. Introducción	4
2. Antecedentes	4
3. Factores de selección	5
3.1 Factores técnicos	5
3.2 Factores sociales	5
3.3 Factores económicos	6
4. Opciones tecnológicas en abastecimiento de agua	7
4.1 Sistemas convencionales	7
4.1.1 Sistemas por gravedad	7
4.1.2 Sistemas por bombeo	9
4.2 Sistemas no convencionales	12
4.2.1 Captación de agua de lluvia	12
4.2.2 Filtros de mesa	13
4.2.3 Protección de fuentes	14
4.2.4 Pozos – bombas manuales	14
5. Nivel de servicio	15
6. Selección del sistema de abastecimiento de agua	15
6.1 Opción tecnológica	16
6.2 Nivel de servicio	16

Tabla de figuras

Figura 1	Sistema de abastecimiento de agua por gravedad sin tratamiento	8
Figura 2	Sistema de abastecimiento de agua por gravedad con tratamiento	9
Figura 3	Sistema de abastecimiento de agua por bombeo sin tratamiento	10
Figura 4	Sistema de abastecimiento de agua por bombeo con tratamiento	11
Figura 5	Captación de aguas de lluvia	12
Figura 6	Filtro de mesa – modelo CEPIS-PAHO	13
Figura 7	Protección de manantial	14
Figura 8	Bomba manual	15

Consideraciones para la Selección de la Opción Tecnológica y Nivel de Servicio en Sistemas de Abastecimiento de Agua

1. Introducción

El abastecimiento de agua para consumo humano en las áreas rurales de los países de la Región es deficitario. Esta situación está obligando a autoridades y técnicos de los gobiernos a estudiar la mejor alternativa para atender esta necesidad básica, tomando en cuenta las condiciones locales de cada comunidad.

Los factores que generalmente inciden en la selección apropiada de una solución tecnológica para el abastecimiento de agua son de tipo técnico, económico, social y cultural. La secuencia de su aplicación debe ser analizada de forma tal que permita establecer la opción tecnológica y el nivel de servicio más convenientes.

Se define como Opción Tecnológica a la solución de ingeniería que pueda aplicarse en función de las condiciones físicas, económicas y sociales de la comunidad. Son ejemplos de opción tecnológica los sistemas de abastecimiento de agua con o sin tratamiento y por bombeo o gravedad.

Así mismo, el Nivel de Servicio se define como el grado de satisfacción en la utilización de las opciones tecnológicas, pudiendo ser familiar o multifamiliar. Son ejemplos de nivel de servicio: el abastecimiento a escala individual o multifamiliar, a partir de pequeñas fuentes de agua de uso exclusivo; de alcance comunitario, por medio de piletas públicas; y a nivel individual, por conexiones domiciliarias enlazadas al servicio público de abastecimiento de agua.

2. Antecedentes

En los últimos cincuenta años, las inversiones realizadas por los países de la Región en el medio rural para ampliar la cobertura de los sistemas de abastecimiento de agua, no han significado una disminución notoria en las enfermedades transmisibles relacionadas con el agua, debido principalmente a que muchos de los sistemas construidos operaron satisfactoriamente por muy poco tiempo. Las causas de la falta de sostenibilidad de los sistemas de abastecimiento de agua son múltiples, siendo una de ellas la tecnología, que en la mayor parte de la veces excedió la capacidad de operación, mantenimiento y administración de la comunidad beneficiada, conduciendo al lento deterioro de las instalaciones y al abandono de las mismas en lapsos de tiempo muy por debajo de su horizonte de diseño o vida útil de sus componentes.

La poca sostenibilidad de los pequeños sistemas de abastecimiento de agua, ha conducido a que los proyectistas y planificadores demanden nuevas herramientas que les faciliten identificar el esquema de abastecimiento de agua más adecuado para una determinada comunidad. Al efecto, se ha concluido que ello solo es posible a través del análisis secuencial de factores técnicos, económicos, sociales y culturales.

El mayor esfuerzo para este propósito se dió en la década de los años 80. Dentro de estas iniciativas destaca el “*Programa de Información y Capacitación en Abastecimiento de Agua y Saneamiento de Bajo Costo*” del Banco Mundial, financiado por Organismos Internacionales y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).

Muchos son los factores que inciden en la selección de una tecnología sostenible, y la correlación de estos factores es la clave para identificar la opción tecnológica y el nivel de servicio más idóneos para una localidad determinada.

La UNATSABAR/CEPIS, con la cooperación de la COSUDE, viene desarrollando acciones orientadas al mejoramiento de las condiciones sanitarias de las áreas rurales del Perú. Dentro de éstas, se pone en consideración de los proyectistas de pequeños sistemas de abastecimiento de agua una herramienta que facilite la selección de tecnologías y niveles de servicio en función de diversos factores, los mismos que han sido priorizados a partir de su incidencia en la sostenibilidad de los servicios de abastecimiento de agua.

3. Factores de selección

Los factores a ser evaluados para identificar la opción tecnológica y el nivel de servicio más adecuados, han sido seleccionados luego de un amplio análisis por parte de profesionales que laboran en el campo de diseño de pequeños sistemas de abastecimiento de agua. Estos factores se refieren básicamente a aspectos técnicos, económicos, sociales y culturales que al interrelacionarse permiten la selección de la opción tecnológica y el nivel de servicio que mejor se ajusten a las necesidades y expectativas de la comunidad evaluada.

3.1 Factores técnicos

- **Dotación**

Este factor está vinculado con el nivel de servicio y se han considerado los siguientes rangos:

- Menor a 20 l/hab/día: abastecimiento individual o multifamiliar a partir de pequeñas fuentes de agua de uso exclusivo;
- De 20 a 40 l/hab/día: suministro comunitario a través de fuentes públicas; y
- Mayor de 40 l/hab/día: provisión del servicio público de abastecimiento de agua mediante fuentes públicas o conexiones domiciliarias.

Estos valores son referenciales e indican rangos de dotación que pueden ser variados en función de las condiciones culturales, económicas, climáticas, etc. del lugar de intervención.

- **Fuente**

Las fuentes de abastecimiento de agua se clasificaron en función de su procedencia y facilidad de tratamiento como:

- Superficial: compuesta por lagos, ríos, canales, etc.;
- Subterránea: conformada por aguas subálveas y profundas; y
- Pluvial: representada por las aguas de lluvia.

- **Rendimiento de la Fuente**
Determina la cantidad y disponibilidad de agua que puede ser destinada al abastecimiento de agua, y permite definir el nivel de servicio al que puede acceder la comunidad a ser beneficiada.
- **Tipo de Fuente Subterránea**
Las aguas subálveas y profundas pueden ser captadas por medio de manantiales de ladera o de fondo, galerías filtrantes y pozos perforados y excavados
- **Ubicación de la Fuente**
La fuente de agua puede estar ubicada por encima o por debajo de la localidad y permite definir si el abastecimiento es por gravedad o por bombeo.

3.2 *Factores sociales*

- **Categoría de la población**
Se considera como comunidad rural a las localidades cuya población normalmente no es mayor a 2.000 habitantes. Sin embargo, el algoritmo puede ser aplicado a localidades con mayor número de habitantes, si su patrón corresponde a la de una localidad rural.
- **Características de la población**
La característica está vinculada con la distribución espacial de la población y puede ser:
 - Concentrada: corresponde a las localidades con viviendas agrupadas formando calles y vías que determinan un crecimiento con tendencia a un núcleo urbano; y
 - Dispersa: son localidades con viviendas distanciadas unas de otras y sin un orden de desarrollo preestablecido.
- **Tipo de Servicio**
Viene a estar representado por el resultado o la definición de la opción tecnológica y nivel de servicio que mejor se adecúan a las necesidades de la comunidad y que responden a las características físicas, económicas y sociales de la misma. Al efecto, se han considerado tres niveles básicos: familiar, multifamiliar y comunal.
 - Familiar: permite la atención de una a cinco familias.
 - Multifamiliar: facilita la atención a grupos que van de cinco a 25 familias.
 - Comunal: permite la atención de grandes grupos de familia.

3.3 *Factores económicos*

- **Condición económica**
Es un factor muy importante por que permite limitar la opción tecnológica y el nivel de servicio, al afectar directamente el monto de inversión para la construcción del sistema o los gastos de operación y mantenimiento. Teniendo en cuenta los niveles de ingresos económicos de las poblaciones a ser atendidas, puede ser bajo, medio o alto.

- Bajo: cuando los ingresos familiares corresponden a la mitad del valor de la canasta familiar básica.
- Medio: corresponde a ingresos familiares equivalentes al valor de la canasta familiar básica.
- Alto: cuando los ingresos familiares equivalen a dos o más veces el valor de la canasta familiar básica.

4 Opciones tecnológicas en abastecimiento de agua

Las soluciones tecnológicas para abastecimiento de agua están definidas por el rendimiento y la ubicación de las fuentes, por el tamaño y la característica de la población, es decir concentrada o dispersa y por los demás factores mencionados anteriormente. Estas condiciones determinarán que la opción tecnológica sea "convencional " o "no convencional".

4.1 *Sistemas convencionales*

En el presente caso, se ha considerado como sistema "convencional" aquel que brinda un servicio público de abastecimiento de agua al nivel de vivienda mediante conexiones domiciliarias, empleando un sistema de distribución de agua diseñado para proporcionar la calidad y la cantidad de agua establecidas por las normas de diseño. Conformado por uno o más de los componentes siguientes:

- Captación o pozo.
- Línea de conducción o impulsión.
- Planta de tratamiento o estación elevadora de agua.
- Reservorio.
- Línea de aducción.
- Red de distribución.
- Conexiones domiciliarias.

Así mismo, los sistemas convencionales pueden ser:

- Sistema por gravedad sin tratamiento.
- Sistema por gravedad con tratamiento.
- Sistema por bombeo sin tratamiento.
- Sistema por bombeo con tratamiento.

4.3.1 *Sistemas por gravedad*

a) Sin tratamiento

Son sistemas cuyas fuentes son aguas subterráneas o subálveas. Las primeras afloran a la superficie del terreno bajo la forma de manantiales y la segundas son captadas por medio de galerías filtrantes. En estos sistemas de abastecimiento, por ser el agua filtrada en los estratos porosos del subsuelo, la desinfección puede ser no muy exigente.

La particularidad de este tipo de sistema de abastecimiento radica en la captación, que para casos de manantiales puede ser de ladera o de fondo, y para galerías filtrantes por drenes sub superficiales.

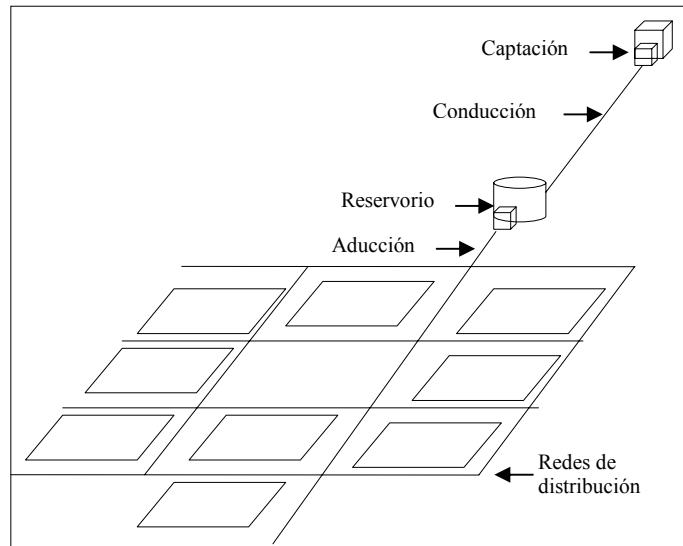


Figura 1. Sistema de abastecimiento de agua por gravedad sin tratamiento.

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> ◆ Mínima operación y mantenimiento. ◆ Bajo costo de inversión. ◆ Bajas tarifas por el servicio. ◆ Sistema de alta confiabilidad. ◆ No requiere de tratamiento de clarificación. ◆ Bajo o nulo contenido de coliformes y puede ser usado sin desinfección permanente. 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Por su origen el agua puede contener un alto contenido de sales disueltas.

b) Con tratamiento

Las fuentes de agua de estos sistemas son aguas superficiales que discurren por canales, acequias, ríos, etc.; requieren ser clarificadas y desinfectadas. Estos tipos de sistemas están equipados con plantas de tratamiento diseñadas en función de la calidad física, química y bacteriológica del agua cruda.

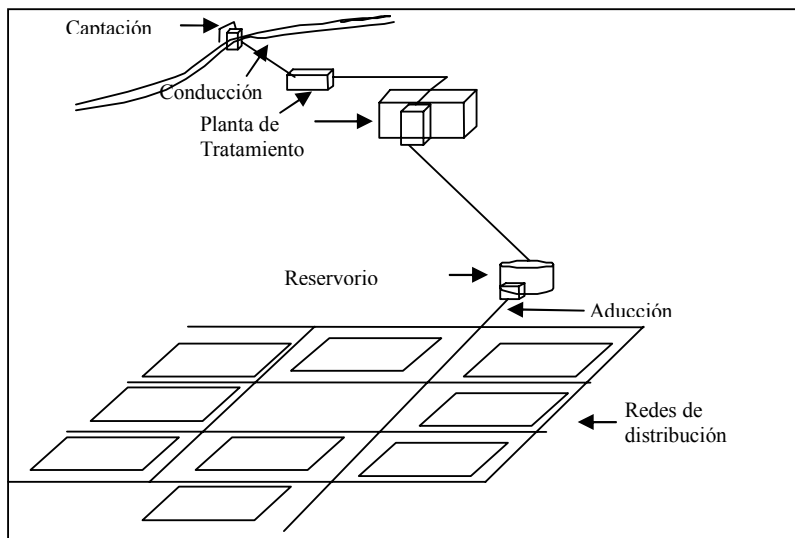


Figura 2. Sistema de abastecimiento de agua por gravedad con tratamiento.

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 tratamiento del agua. ◆ Requiere desinfección obligatoria. ◆ Mayor costo de O & M que los sistemas GST. ◆ Tarifas más elevadas. ◆ Puede ser un medio de transmisión de enfermedades.

4.3.2 *Sistemas por bombeo*

a) Sin tratamiento

Son sistemas cuyas fuentes de aguas subterráneas o subálveas, afloran o se encuentran por debajo de la cota mínima de abastecimiento de la localidad a ser servida y que demandan de algún tipo de equipo electromecánico para impulsar el agua hasta el nivel donde pueda atender a la comunidad.

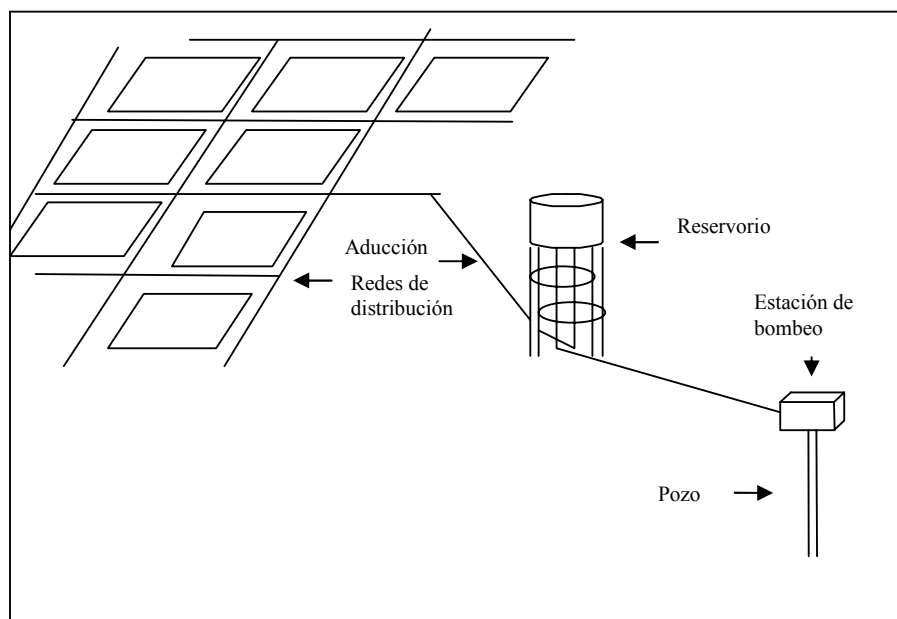


Figura 3. Sistema de abastecimiento de agua por bombeo sin tratamiento.

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 trabaja por horas por que la tarifa no permite la atención las 24 horas del día.

b) Con tratamiento

Son sistemas cuyas fuentes de agua son superficiales y están ubicadas por debajo del nivel de las localidades a ser atendidas, y que requieren de estaciones elevadoras para impulsar el agua hasta el nivel donde pueda atender a la Comunidad, y de plantas de clarificación, para el acondicionamiento de las aguas crudas para consumo humano.

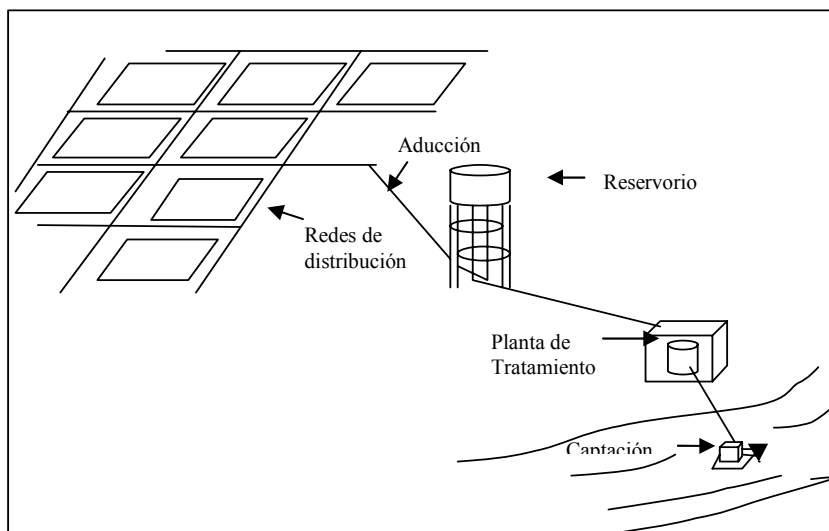


Figura 4. Sistema de abastecimiento de agua por bombeo con tratamiento.

Ventajas	Desventajas
	<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 mayores costos de inversión, de operación y mantenimiento que los sistemas de bombeo sin tratamiento. ◆ Las tarifas del servicio son las más altas entre los diferentes sistemas convencionales de abastecimiento de agua. ◆ Sistema complejos y de poca confiabilidad. ◆ Requiere de desinfección obligatoria. ◆ Muchas veces trabaja por horas por que la tarifa no permite la atención las 24 horas del día.

4.2 *Sistemas no convencionales*

En el presente documento se considera como sistemas "no convencionales", a aquellos esquemas de abastecimiento de agua compuestos por soluciones individuales y multifamiliares dirigidas a aprovechar pequeñas fuentes de agua y que normalmente demandan el transporte, almacenamiento y desinfección del agua en el nivel intradomiciliario.

Estas opciones tecnológicas están compuestas por los siguientes tipos de sistemas de abastecimiento de agua:

- Captación de aguas de lluvia.
- Filtros de mesa.
- Protección de fuentes.
- Pozos-bombas manuales.

4.2.1 *Captación de aguas de lluvia*

Corresponde a soluciones del tipo unifamiliar o multifamiliar en donde las aguas de lluvia se captan en los techos de las viviendas y se acumulan en tanques de almacenamiento. Para el consumo directo, el agua debe ser desinfectada y, si las circunstancias lo requieran, previamente debe ser filtrada.

Los componentes de estos sistemas son:

- Captación.
- Canaletas de recolección.
- Interceptor de primeras aguas.
- Almacenamiento.

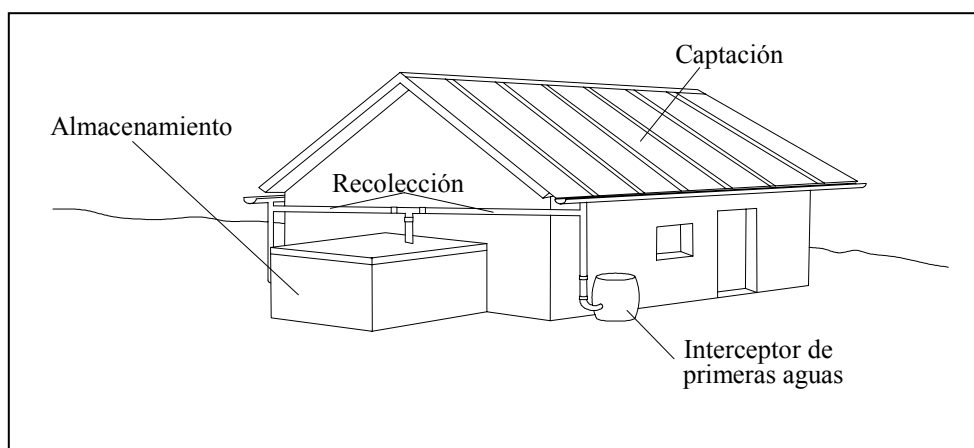


Figura 5. Captación de aguas de lluvia.

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> ◆ Buena calidad física y química del agua. ◆ Apropiado para comunidades dispersas. ◆ Se pueden utilizar recursos locales para su implementación. ◆ Fácil de mantener por el usuario. 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Puede tener un alto costo inicial. ◆ La cantidad de agua depende del área de recolección y de la intensidad de las lluvias. ◆ Puede presentarse crecimiento de bacterias por el largo tiempo de almacenamiento.

4.2.2 Filtros de mesa

Opción que trata pequeñas cantidades de agua superficial proveniente de ríos, acequias, etc., con turbiedades menores a 100 UNT y baja carga bacteriológica. Sin embargo, es recomendable que antes del consumo, el agua sea sometida al proceso de desinfección.

Normalmente, los filtros de mesa están compuestos por un recipiente que contiene el medio o los dispositivos filtrante y un tanque de almacenamiento del agua filtrada.

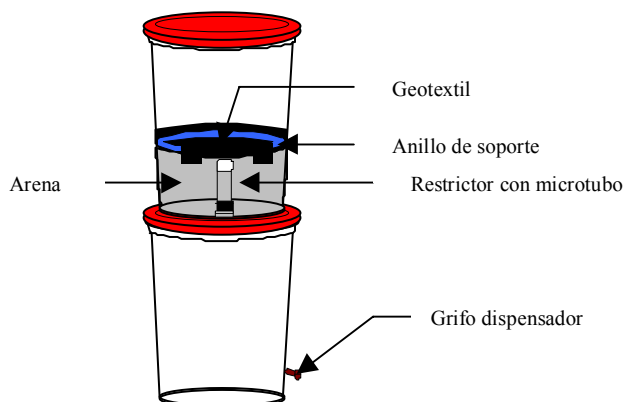


Figura 6. Filtro de mesa – modelo CEPIS-PAHO.

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> ◆ Mejora la calidad física y bacteriológica del agua. ◆ Apropiado para comunidades alejadas y dispersas. ◆ Fácil de mantener por el usuario. 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Trata pequeña cantidad de agua destinada a la bebida e higiene bucal.

4.2.3 Protección de fuentes

Son soluciones de abastecimiento de agua a partir de la captación segura de pequeñas fuentes subterráneas de agua ubicadas en las proximidades de la vivienda o grupo de viviendas. El punto de abastecimiento puede encontrarse en el lugar donde se ubica la fuente de agua, o ésta puede ser conducida al o los usuarios mediante tuberías de pequeño diámetro.

Estas soluciones se componen de captación y surtidor de agua. El surtidor puede estar en el mismo lugar de captación o a distancia, convirtiéndose en una conexión domiciliaria o en una fuente pública.

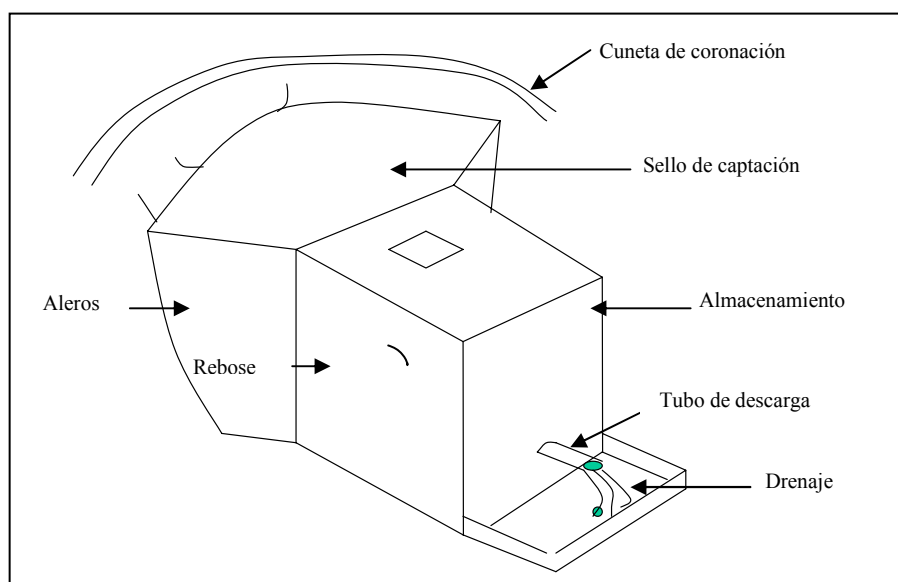


Figura 7. Protección de manantial.

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> ◆ Fácil de construir y mantener. ◆ No requiere gran inversión. ◆ Se utilizan recursos humanos y materiales locales. 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Racionamiento del servicio por el bajo rendimiento de la fuente. ◆ Puede generar el conformismo.

4.2.4 Pozos - bombas manuales

Soluciones compuestas por pozos perforados o excavados debidamente protegidos, pudiendo 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.

7



Figura 8. Bomba manual

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> - Recomendable para poblaciones dispersas con potencial de aguas subterráneas. - No requiere gran inversión. - Fácil operación y mantenimiento. - Se utilizan recursos humanos y materiales locales. 	<ul style="list-style-type: none"> - Puede haber dificultad para conseguir repuestos de las bombas manuales.

5 Nivel de servicio

Los niveles de servicio que ofrecen las distintas opciones tecnológicas son:

- Nivel 1: las familias pueden tener el servicio a través del acceso a pequeñas fuentes de abastecimiento de agua de uso exclusivo, de donde la transportan hasta su domicilio. Esto último es aplicable a poblaciones rurales dispersas.
- Nivel 2: las familias transportan el agua desde una fuente pública¹, que forma parte de un sistema de abastecimiento, hasta su domicilio.
- Nivel 3: las familias tienen el servicio por medio de fuentes públicas o conexiones domiciliarias enlazadas al servicio público de abastecimiento de agua. En este último caso las viviendas normalmente cuentan con uno o más grifos.

6 Selección del sistema de abastecimiento de agua

¹ Fuente pública: es el punto de abastecimiento de donde las familias toman el agua y está enlazada a un sistema de abastecimiento. Varía en función de la opción tecnológica.

La siguiente nomenclatura es empleada en el Algoritmo de Abastecimiento de Agua.

6.3 Opción tecnológica

a) Sistemas no convencionales

- N1:** captación de agua de lluvia .
- N2:** aguas superficiales – filtro de mesa.
- N3:** protección de manantiales.
- N4:** pozos - bomba manual.

b) Sistemas convencionales

- C1:** Gravedad sin Tratamiento.
- C2:** Gravedad con Tratamiento.
- C3:** Bombeo sin Tratamiento.
- C4:** Bombeo con Tratamiento.

6.4 Nivel de servicio

- 1:** Pequeña fuente de abastecimiento exclusiva o conexión domiciliaria.
- 2:** Fuente pública.
- 3:** Fuente pública o conexión domiciliaria enlazadas a un sistema.

SELECCIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA

