Gobierno de Reconciliación y Unidad Nacional
El Pueblo, Presidente!

FODM
FONDO PARA EL LOGRO DE LOS ODM

REPÚBLICA DE NICARAGUA
GOBIERNO REGIONAL AUTÓNOMOS
DEL ATLÁNTICO NORTE Y SUR

MENÚ DE OPCIONES TECNOLÓGICAS PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA COSTA CARIBE

REPÚBLICA DE NICARAGUA
GOBIERNO REGIONAL AUTÓNOMOS
DEL ATLÁNTICO NORTE Y SUR

Menú de Opciones Tecnológicas para el Abastecimiento de Agua Potable en la Costa Caribe

MENÚ DE OPCIONES TECNOLÓGICAS PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA COSTA CARIBE

© Marzo de 2012

Equipo Facilitador:

Ing. Andrés Martínez	Consultor UNICEF
Ing. Leonel Luna	Coordinador Programa FODM

Equipo Técnico:

Licda. Connie Bushey	Unidad Agua y Saneamiento GRAAN
Ing. Franklin Rocha	Unidad Agua y Saneamiento GRAAN
Ing. Lenin González	Unidad Agua y Saneamiento GRAAN
Licda. Inés Hernández	Dirección Agua y Saneamiento GRAAS
Ing. Eddy López	Dirección Agua y Saneamiento GRAAS
Lic. Francisco Aquilar	Dirección Agua y Saneamiento GRAAS

Equipo Asesor:

Lic. Antonio Marro	Jefe Agua, Saneamiento e Higiene - UNICEF
Licda. Wanda Obando	Oficial Agua, Saneamiento e Higiene - UNICEF
Ing. Rafael Díaz	Consultor UNICEF
Ing. Apolinar Báez	Consultor UNCDF

Dibujo Portada:
Alvhents Rodríguez

Diseño y Diagramación:
Francisco Saballos

Esta publicación fue auspiciada por la Organización Internacional del Trabajo (OIT), en el marco del Programa Conjunto de Gobernabilidad Económica del Sector Agua y Saneamiento en la RAAN y RAAS, Nicaragua.

CONTENIDO

LISTA DE ACRONIMOS 5

1. INTRODUCCIÓN. 6

2. CONCEPTOS BÁSICOS 7
2.1 Clasificación de las comunidades 7
2.2 Tipos de Sistemas de Abastecimiento de Agua 7
2.3 Definiciones Básicas. 9

3. PRINCIPIOS GENERALES 12

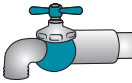
4. OPCIONES PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA 13
4.1 Captación de Agua de lluvia (CALL) . . 16
4.2 Captación de Manantial (CM) 19
4.3 Pozo Excavado (PEM) 21
4.4 Pozo Perforado (PP) 23
4.5 Mini Acueducto por Gravedad (MAG) . 26
4.6 Mini-acueducto por Bombeo (MAB) . 27

5. VARIACIONES TECNOLÓGICAS EN ACUEDUCTOS 29
5.1 Fuente y Obra de Captación 30
5.2 Obras de Tratamiento 33
5.3 Equipo de bombeo 35
5.4 Línea de Conducción 36
5.5 Tanque de Almacenamiento 36
5.6 Red de Distribución 37

6. POLÍTICA FINANCIERA 39
6.1 Financiamiento de la Construcción . . 39
6.2 Financiamiento para Operación y Mantenimiento 40

7. BIBLIOGRAFÍA 41

GLOSARIO DE TERMINOS 42



LISTA DE ACRONIMOS

MEPAS: Manual de Ejecución de Proyectos de Agua y Saneamiento

INAA: Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados

FISE: Fondo de Inversión Social de Emergencia

GRAAN: Gobierno Regional Autónomo del Atlántico Norte

GRAAS: Gobierno Regional Autónomo del Atlántico Sur

INIDE: Instituto Nacional de Información de Desarrollo

MAG: Miniacueducto por Gravedad

MAB, MABE: Miniacueducto por Bombeo, Miniacueducto por Bombeo Eléctrico

PEM, PEBM: Pozo Excavado a Mano, Pozo Excavado a Mano con Bomba de Mecate

PP, PPBM: Pozo Perforado, Pozo Perforado equipado con Bomba de Mecate

CM: Captación de Manantial

ALL: Agua de Lluvia, cosecha de agua de lluvia

CERCO: Cercado, cerramiento del predio para protegerlo del ingreso de animales

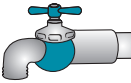
CUERPO: Paredes, tapa y fondo del tanque de almacenamiento

1. INTRODUCCIÓN

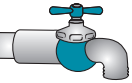
La Costa Caribe Nicaragüense representa la zona del país con menor cobertura de servicios de agua potable y saneamiento básico, debido entre otras cosas a factores políticos, socioeconómicos y culturales que han incidido en la posibilidad de desarrollar intervenciones integrales dirigidas a mejorar las condiciones de vida de la población caribeña. Aunado a lo anterior, la falta de pertinencia sociocultural y tecnológica en las intervenciones desarrolladas, representan las principales causas del bajo impacto y poca sostenibilidad de dichas intervenciones en las familias beneficiadas.

El presente "Menú de Opciones para el Abastecimiento de Agua Potable en la Costa Caribe", representa el instrumento base para orientar la toma de decisiones alrededor de la selección de las opciones tecnológicas para el abastecimiento de agua potable a comunidades rurales de la Costa Caribe. Este es un instrumento dinámico que se irá nutriendo y mejorando con los aportes de todos los actores que intervienen en el sector de agua y saneamiento. La aplicación del mismo se enmarca en la implementación del Manual de Ejecución de Proyectos de Agua y Saneamiento en la Costa Caribe (MEPASH), siendo este a su vez el instrumento que orienta la ejecución de programas y proyectos financiados por el Fondo de Inversiones de Agua y Saneamiento (FIAS).

Este es el primero de una serie de tres documentos relacionados con la selección de tecnología y nivel de servicio para el abastecimiento de agua potable: a) el primero es de carácter conceptual y establece las políticas generales para la aplicación del Menú de Opciones; b) el segundo es un Manual Técnico con las Opciones Tecnológicas de Agua y Saneamiento (dos tomos), dirigido a formuladores, supervisores, técnico municipal, gobierno territoriales, CAPS y constructores, y; c) un tercer y último documento facilitará la selección de opciones de parte de la población participante en proyectos de agua, siendo una herramienta de fácil lectura, con mensajes sencillos, precisos y concisos apropiado para uso de todo tipo de personas, independientemente de su nivel académico.



El menú de opciones está dirigido a la toma de decisiones colectivas respecto al abastecimiento de agua de una población. No obstante, también aborda la selección de opciones de parte de la familia, principalmente con las instalaciones para el uso y manejo del agua dentro de su domicilio. Aunque la administración de los sistemas de agua y la modalidad de ejecución también pueden sufrir variaciones importantes para lograr la sostenibilidad del servicio de agua, en este documento se abordan únicamente las opciones tecnológicas referidas a la parte física de los sistemas.



2. CONCEPTOS BÁSICOS

2.1 CLASIFICACIÓN DE LAS COMUNIDADES

Según INIDE la clasificación de una comunidad como urbana o rural, es la siguiente:

"URBANO

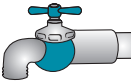
Se consideraron urbanas las localidades cabeceras departamentales, regionales y municipales además las concentraciones de población de 1000 o más habitantes que contaran con algunas características, tales como: trazado de calles, servicio de luz eléctrica, establecimientos comerciales y/o industriales, etc.

RURAL

Las áreas rurales comprenden los poblados de menos de 1000 habitantes que no reúnen las condiciones urbanísticas mínimas indicadas y la población dispersa".

Considerando que este instrumento forma parte del Manual de Ejecución de Proyectos de Agua, Saneamiento e Higiene (MEPASH) en la Costa Caribe, el mismo será aplicable para el abastecimiento de agua y saneamiento a comunidades menores a 5000 habitantes que no dispone de la infraestructura mencionada.

2.2 TIPOS DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA



Los principales tipos de sistemas de agua que se han utilizado para abastecer a la población que habita en el medio rural son los siguientes: MAG, MAB, PEM, PP, CM, CALL y combinaciones de las anteriores.

En las cabeceras municipales de las regiones autónomas la experiencia en el abastecimiento de agua consiste en una combinación de los métodos antes citados y acueductos de mayor tamaño.

Seguidamente se define cada uno de ellos:

Por acueducto se conoce un sistema que está compuesto por diversos elementos destinados al abastecimiento de agua potable a poblaciones concentradas. Cuando este acueducto atiende a comunidades se conoce como mini-acueducto. Comúnmente está compuesto por fuente, obra de captación, tratamiento, almacenamiento, red de distribución, tomas domiciliares y puestos públicos.

Por Mini-acueducto por gravedad (**MAG)** se designa a un acueducto que abastece de agua a una (o más) comunidad rural. El término de Mini-acueducto pretende ilustrar que no es una instalación de gran envergadura, es de fácil operación y mantenimiento y es administrado por la comunidad organizada y capacitada. Se dice que es por gravedad porque el agua se hace llegar desde la fuente y obra de captación hasta los usuarios utilizando únicamente la energía de la gravedad, es decir sin bombeo.

Por mini-acueducto por bombeo (**MAB**) se conoce a un acueducto que abastece de agua a una (o más) comunidad rural. También es de fácil operación y mantenimiento y es administrado por la comunidad organizada y capacitada para estas tareas. Se dice que es por bombeo porque el agua se eleva desde la fuente y obra de captación localizada a menor altura, hasta un tanque de almacenamiento o hasta las tomas, utilizando algún tipo de mecanismo. Hay que aclarar que el agua, una vez almacenada en el tanque, se lleva por gravedad hasta las tomas, a pesar de esto, el sistema sigue siendo MAB. El bombeo puede hacerse por diversos medios utilizando por ejemplo bomba y motor eléctrico, (con energía convencional o solar) en cuyo caso se le ha llamado **MABE**, con bomba accionada por motor eólico, con bomba movida por motor

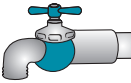
de combustión externa o con una bomba que utiliza la energía del agua para elevarla hasta el nivel requerido (Ariete Hidráulico).

Se denomina pozo excavado a mano (**PEM**) a una excavación de gran diámetro realizada utilizando herramientas manuales para captar el agua subterránea o sub superficial, estas obras tienen una serie de elementos constitutivos para preservar la calidad del agua y facilitar su extracción. El tipo de mecanismo para la extracción del agua puede variar de acuerdo a las condiciones particulares del sitio y la comunidad. Se debe dejar claro que cualquier excavación que no tenga las condiciones mínimas para garantizar la calidad del agua y la seguridad para el usuario no se puede contabilizar como PEM. Los pozos PEM generalmente son obras que funcionan como puntos o tomas de agua públicas.

Se llama pozo perforado (**PP**) a una perforación vertical de pequeño diámetro realizada utilizando herramientas mecánicas o manuales para acceder al agua subterránea, estas obras tienen una serie de elementos constitutivos para preservar la calidad del agua y facilitar su extracción. El tipo de mecanismo para la extracción del agua puede variar de acuerdo a las condiciones particulares del sitio y la comunidad. Estas obras también se constituyen como tomas publicas de agua.

Se llama captación de manantial (**CM**) a una obra que protege a un manantial y le agrega condiciones para la preservación de la calidad del agua y para que funcione como una toma pública.

Captación de Agua de lluvia **(CALL)** o cosecha de agua de lluvia se denomina al conjunto de elementos e instalaciones que permiten el abastecimiento de agua potable a los habitantes de una vivienda, un grupo de ellas, una escuela, unidad de salud, etc., utilizando las aguas pluviales, captadas en el techo del domicilio o establecimiento a través de infraestructura básica acondicionada para tal fin.



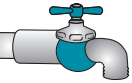
2.3 DEFINICIONES BÁSICAS

Atendiendo a su calidad, el agua suministrada a la población se puede clasificar en agua potable y no potable, esta clasificación se hace de acuerdo a su condición de cumplir o no con las normas de calidad establecidas por el Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA), como ente rector del sector.

Se conoce por agua cruda, la que se encuentra en su estado natural y que no ha recibido tratamiento. El tratamiento del agua puede ser muy simple o complicado, sin embargo se pueden identificar dos tipos básicos: Mejoramiento de los parámetros físicos y químicos del agua, y mejoramiento de sus condiciones bacteriológicas.

Las operaciones más comunes para mejorar las características físicas y químicas del agua son filtración, decantación y aireación. En algunos casos se requiere del uso de químicos para facilitar la decantación de elementos presentes en el agua. Las operaciones más utilizadas en el medio rural para mejorar la calidad bacteriológica del agua en un sistema colectivo son la filtración y la desinfección con cloro.

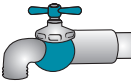
Población atendida o abastecida con agua potable es aquella que recibe un servicio de agua domiciliar o en toma pública que cumple con los parámetros y condiciones establecidas en las normas del INAA, es decir cantidad de acuerdo a la dotación normada, con la calidad que califica el agua como potable y de forma continua (durante 24 horas al día los siete días de la semana).



El nivel de servicio se define como el grado de facilidad y comodidad con que los usuarios acceden al suministro brindado. Se han definido dos niveles básicos:

- Servicio domiciliar en el cual cada vivienda tiene al menos una toma de agua, cuando solo es una toma en la casa del usuario se denomina conexión de patio y cuando pueden haber más de una se denomina conexión domiciliar o intra-domiciliar.
- Servicio comunal o público en el cual la población debe ir a una toma pública a recoger su agua. Según las normas técnicas cada persona no debería caminar más de 100 metros para abastecerse de agua.

Independientemente del tipo de sistema, el agua tiene diversos usos, siendo el más común el abastecimiento de agua residencial para consumo humano y demás actividades en los domicilios; sin embargo en la práctica, también se dan otros usos para actividades comerciales, artesanales, pecuarias, industriales o semi industriales. Atendiendo a esta situación se debe prestar especial atención cuando se esté determinando el consumo actual y proyectado.



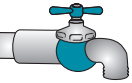
3. PRINCIPIOS GENERALES

Todos los proyectos de abastecimiento de agua deben ser concebidos y desarrollados en función de lograr un servicio integral y sostenible, por lo tanto, se debe abordar el abastecimiento de agua y al mismo tiempo resolver su disposición adecuada una vez utilizado, tal como se describe ampliamente en el MEPASH – Costa Caribe.

Cada proyecto requiere una formulación particular e inicia con la identificación de las condiciones y demandas locales, en función de estas se establece el tipo de sistema y el nivel de servicio para la población.

Toda población tiene derecho a recibir agua potable y tiene el deber de pagar una tarifa por este servicio para garantizar la operación y mantenimiento adecuado del mismo.

Un sistema de agua se puede ajustar a alguno de los tipos definidos; sin embargo, sus elementos constitutivos pueden variar en función de las características y condiciones particulares de la comunidad y sus pobladores, de manera tal que se deberá considerar un abanico de posibilidades para cada elemento constitutivo del sistema.



4. OPCIONES PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA

El abastecimiento de agua a las comunidades rurales de Nicaragua se ha ampliado principalmente en las zonas del pacífico, centro y norte del país, donde se han implementado diversas tecnologías que les permiten aprovechar principalmente las aguas subterráneas y superficiales.

En cambio en la Costa Caribe el nivel de cobertura es mucho menor, debido entre otras cosas a los altos costos de inversión, que aunado a las características físicas, climáticas, culturales y sociales, la hacen una zona de especial atención con respecto al resto del territorio nacional. Es por esto que el presente instrumento con sus manuales técnicos pretende establecer la base técnica para la definición de soluciones tecnológicas que sean aplicables y adaptadas a las particularidades socioculturales, ofreciendo soluciones reales a sus necesidades de abastecimiento de agua y servicios mejorados de saneamiento.

Es importante destacar que el presente instrumento parte de las experiencias de proyectos de agua ejecutados en todo el país, estableciendo las opciones técnicas más apropiadas para cada condición de la Costa Caribe y definiendo los niveles de servicio que la población demande y pueda asumir.

En general, hay dos formas de abastecer de agua a una población: a) la primera mediante un sistema colectivo o acueducto que sirve a toda la población de una comunidad o ciudad, y b) la segunda mediante sistemas que pueden servir a reducidos grupos de población o a una vivienda de forma individual. En la Tabla 1 se detallan las opciones técnicas de abastecimiento y los niveles de servicio asociadas a cada una.

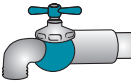


Tabla 1. Opciones Técnicas y Nivel de Servicio

TIPO ABASTECIMIENTO	OPCION TECNICA	NIVEL DE SERVICIO
Abastecimiento de agua con acueducto	Gravedad (MAG)	Conexión domiciliar
		Puesto público
	Bombeo (MAB)	Conexión domiciliar
		Puesto público
Abastecimiento de agua sin acueducto	Pozo (PEM o PP) con bomba manual	Comunal
		Domiciliar
	Captación de Manantial (CM)	Comunal
	Captación de Aguas de Lluvia (CALL)	Domiciliar
		Compartido

Como puede verse, la opción técnica puede ser acueductos u otros sistemas de menor tamaño, esto dependerá principalmente de la disponibilidad de una fuente adecuada, así como de la forma de distribución y/o concentración de la población a beneficiar.

Tanto en el caso del abastecimiento por acueductos como para las otras soluciones, se puede tener la posibilidad de un suministro domiciliar o publico, es decir cuando las tomas abastecen a una o a varias viviendas respectivamente. Hay que mencionar que en el caso de la captación de manantiales se establece para uso público y la captación de agua de lluvia de una a tres viviendas con sistemas compartidos. En casos especiales, durante la formulación de los proyectos, se podrán evaluar estas dos opciones para variar el nivel de servicio.

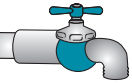


Tabla 2. Elementos de un Sistema de Abastecimiento de Agua

FUENTE	CAPTACION	BOMBEO	CONDUCCIÓN	TRATAMIENTO	ALMACENAMIENTO	DISTRIBUCIÓN
Agua de lluvia	Techo del domicilio o establecimiento	No Aplica en sistemas individuales	Canales y bajantes	Filtro para objetos grandes y desinfección en el domicilio o establecimiento	Ver Tabla 7	Toma directa del tanque mediante grifo
Superficial -Manantial	Obra de Protección y toma	No aplica	Acarreo por el usuario	Filtro grueso y desinfección en el domicilio o establecimiento	Almacenamiento en el domicilio o establecimiento.	Toma directa mediante grifo
Sub superficial	Pozo Excavado sencillo	Bomba de acción manual	Acarreo por el usuario	Desinfección en el domicilio o establecimiento	Almacenamiento en el domicilio o establecimiento.	Toma directa del pozo mediante bomba
	Pozo excavado radial	Bomba de acción mecánica	Tubería PVC para presión	Desinfección en el sistema	Ver Tabla 7	Tomas domiciliares o públicas
	Galería filtrante	Bomba de acción mecánica	Tubería PVC para presión	Desinfección en el sistema	Ver Tabla 7	Tomas domiciliares o públicas
Subterránea	Pozo profundo	Bomba de acción manual o mecánica	Tubería PVC para presión, acarreo por el usuario	Desinfección en el sistema	Almacenamiento en el domicilio o establecimiento Ver Tabla 7	Toma directa del pozo mediante bomba / Tomas domiciliares o públicas
Superficial	Directa	Bomba de acción mecánica	Tubería PVC para presión	De acuerdo a Tabla 3	Ver Tabla 7	Tomas domiciliares o públicas
	Dique-toma					
	Indirecta con pozo de succión					
	Flotante					

Fuente: Elaboración propia en base a información de varias fuentes.

Seguidamente se describe cada opción técnica, comenzando de las opciones más pequeñas o de menor complejidad.

4.1 CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA (CALL)

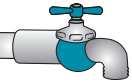
Este tipo de abastecimiento se denomina sistema de agua de lluvia o captación de agua de lluvia porque la fuente está constituida por las precipitaciones pluviales en la zona del proyecto. El abastecimiento de agua de lluvia se lleva a cabo mediante las siguientes premisas.

a. El agua de lluvia antes de caer al techo no tiene contaminación. Si en la zona del proyecto el aire no está contaminado (en la Costa Caribe aún no se dispone de estudio alguno que confirme alguna contaminación), ni tampoco presenta contaminación físico-química. Así, si el techo está limpio, al momento de utilizar el agua para consumo solamente requiere desinfección.

b. Durante los meses de invierno el sistema provee agua para todos los usos de la vivienda o establecimiento, sin embargo, durante los meses de estío el uso se restringe al agua para tomar. El tanque de almacenamiento se dimensiona para que cumpla con esta última condición.

Este sistema de agua consta de los siguientes elementos: superficie de captación, conducción, tratamiento, almacenamiento y toma.

La captación de agua se realiza en el techo de la vivienda o establecimiento beneficiado, por lo cual, la cubierta de techo debe ser de algún material que posibilite la captación del agua sin contaminarla, comúnmente son adecuados los techos de zinc, tejas de arcilla, plástico y demás materiales con superficie lisa.



De la cubierta de techo el agua se conduce mediante canales de cinc, plástico o madera (incluso bambú) hasta un bajante que lo lleva hasta el tanque de almacenamiento,

Antes de que el agua ingrese al tanque de almacenamiento se hace pasar por una malla de plástico o tela que funciona como filtro para hojas y otros

elementos que no deben ingresar al tanque. También se utiliza una derivación en el bajante para evitar que el agua resultante de los primeros minutos de lluvia se almacene en el tanque.

El tanque de almacenamiento es uno de los principales elementos de este sistema, su volumen se calcula para almacenar el agua de consumo humano requerido durante el período de menor precipitación. Su construcción se realiza sobre una torre, al nivel del suelo, semi enterrado o enterrado; con diversos materiales.

El último elemento de este sistema está constituido por las facilidades para la toma del agua del tanque, esto puede consistir en una llave de chorro instalada directamente en el tanque, una tubería con conexiones al resto de la casa, una bomba de mano para extraer el agua, entre otros. El siguiente esquema ilustra el sistema.

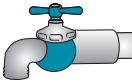
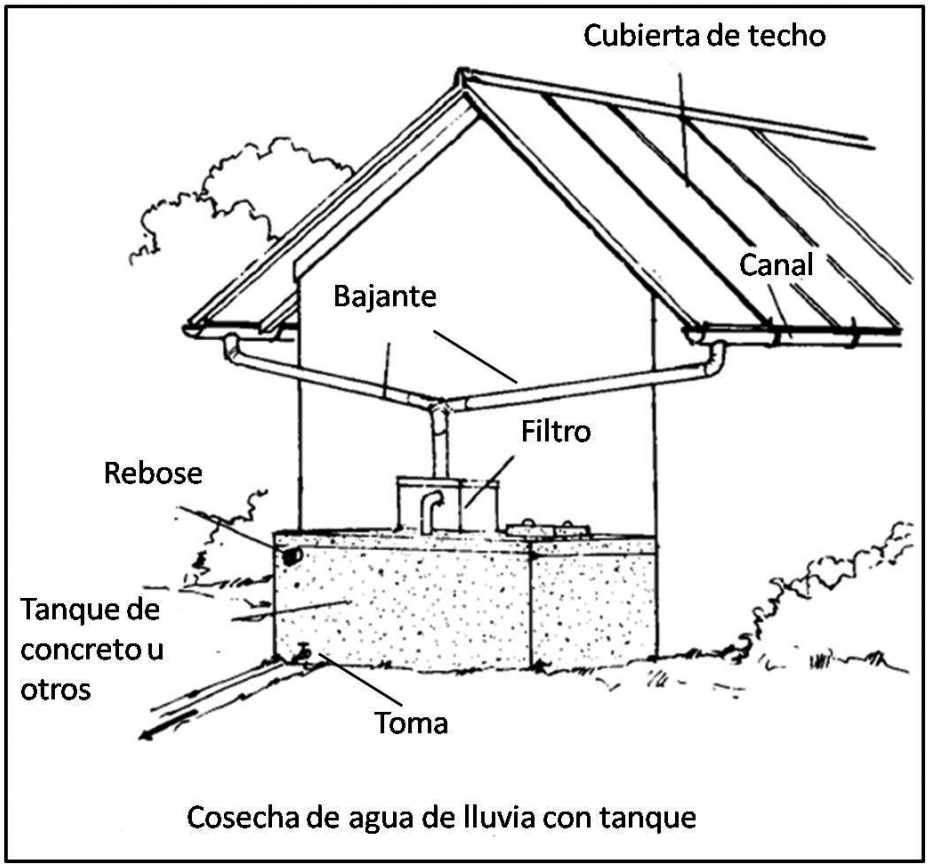


Figura 1. Componentes de un Sistema de Captación de Agua de Lluvia.



En el siguiente recuadro se presentan un análisis comparativo del sistema CALL con otras opciones de abastecimiento de agua:

VENTAJAS	DESVENTAJAS
• Este tipo de abastecimiento ya está en la casa o establecimiento por lo tanto su nivel de servicio es domiciliar • El sistema es privado por lo cual hay mayor compromiso para su protección, operación y mantenimiento. • La construcción, operación y mantenimiento son muy sencillos y se obtiene excelente calidad del agua.	• Se requiere disciplina para administrar el agua durante el período seco. • Se requiere compromiso de la familia para operarlo adecuadamente. • Se requiere una solución para cada vivienda (o pequeño grupo de ellas). • El control de la calidad del agua se debe hacer en cada vivienda.

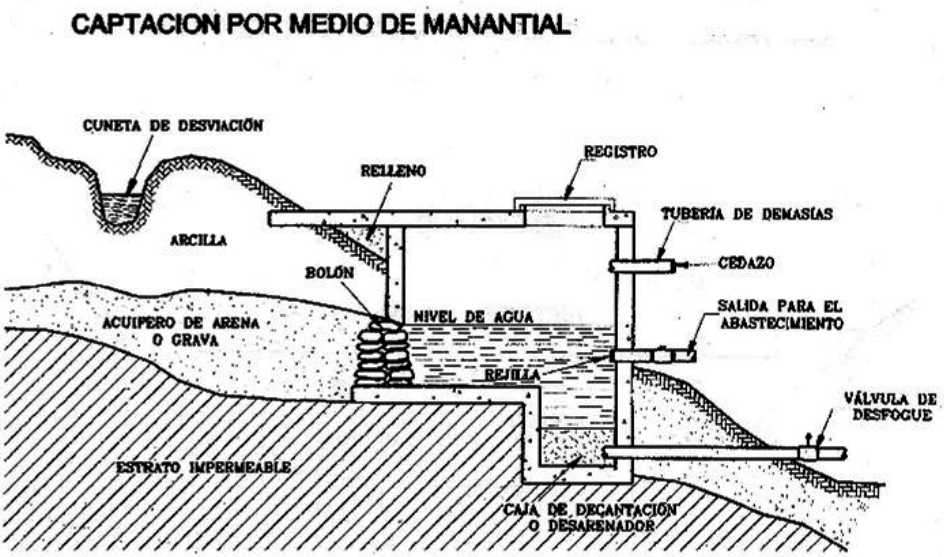
4.2 CAPTACIÓN DE MANANTIAL (CM)

Un manantial es un afloramiento de aguas subterráneas, se conoce como vertiente, ojo de agua o kururia. Para aprovechar el agua de un manantial se debe construir una obra de protección que evite la contaminación del agua y brinde facilidades para que la población la pueda aprovechar. En dependencia del caudal una de estas obras puede atender a un grupo de viviendas y funcionar como un puesto público de agua. Si el caudal de verano es adecuado y se encuentra a mayor elevación que las viviendas se podría hacer llegar por gravedad con lo cual se convertiría en la fuente de un MAG. En algunos sitios la población aprovecha este tipo de manantiales y a veces construyen un MAG de forma artesanal, haciendo llegar el agua hasta sus viviendas utilizando mangueras. Casi siempre estos sistemas no tienen tratamiento del agua, ni protección de la fuente.

Una captación de manantial incluye filtración gruesa, caja de protección y almacenamiento del agua, un canal en la parte más alta para evitar el ingreso de aguas superficiales a la obra de captación, tubería de rebose, tubería y

grifo para tomar el agua y una boca de inspección o registro en la tapa para labores de mantenimiento.

Figura 2. Componentes de un Sistema de Captación de Manantial



En el recuadro encontraran las ventajas y desventajas del sistema en función de las otras opciones de abastecimiento de agua:

VENTAJAS	DESVENTAJAS
• La construcción, operación y mantenimiento son muy sencillos y se obtiene muy buena calidad del agua. • Estas fuentes son conocidas y aceptadas por la población debido a que tradicionalmente se han abastecido de ellas.	• El caudal es reducido y solamente permite beneficiar a un pequeño grupo de viviendas. • Algunas veces estas obras están en sitios alejados de las viviendas y con difícil acceso.

4.3 POZO EXCAVADO (PEM)

Esta es la forma más tradicional de abastecimiento de agua en las comunidades rurales de la Costa Caribe, y consiste en una excavación circular o cuadrada para el aprovechamiento de aguas subterráneas de poca profundidad (sub superficiales) que pasan por el sitio de excavación. Normalmente los pozos tienen profundidades menores de 20 metros, su construcción demanda el uso de herramientas manuales como picos, barras, palas, mecate y baldes, generalmente la propia familia paga para construir su pozo, el caudal obtenido depende de la capacidad del acuífero y los niveles de aprovechamiento del recurso. En cuanto a la calidad del agua, casi siempre es muy buena pero se requiere protección para evitar la contaminación. Los pozos de mejor rendimiento se localizan en áreas aluviales cercanas a ríos y caños.

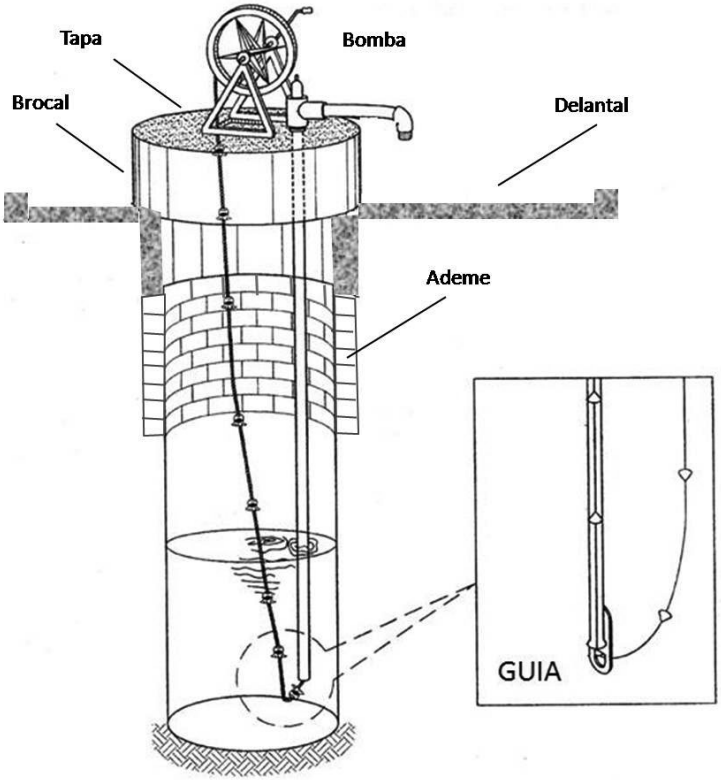
Un pozo excavado debe incluir los siguientes elementos: Brocal, tapa hermética, delantal, canal de drenaje y una bomba para la extracción del agua. En algunas zonas se necesita ademar[1] una parte o toda la profundidad de la excavación para evitar el derrumbe de las paredes.

Los pozos excavados tienen un diámetro por el orden de un metro y medio o superior, debido a esta condición sirve también como almacenamiento

[1] Ver definición en el Glosario de Términos.

de agua. Para la extracción del agua se requiere la instalación de un sistema de bombeo, dentro de las cuales la más común para grupos reducidos de viviendas son las bombas de acción manual (bomba de mecate), también se utilizan bombas de pistón. En casos excepcionales cuando el rendimiento del acuífero lo permite se utilizan bombas movidas por motor y se puede utilizar como fuente para un MAB.

Figura 3. Componentes de un Pozo Excavado a Mano.



ESQUEMA DE PEM CON BOMBA DE MECATE

Ventajas y desventajas del sistema de pozos excavados en función de las otras opciones de abastecimiento de agua:

VENTAJAS	DESVENTAJAS
• En muchos sitios hay condiciones para construir estas obras y se obtiene muy buena calidad del agua. • Estas fuentes son conocidas y aceptadas por la población debido a que tradicionalmente se han abastecido de ellas.	• El caudal es reducido y solamente permite beneficiar a un pequeño grupo de viviendas. • Durante la construcción se requiere mucho cuidado para evitar accidentes. • Funciona como un puesto público de agua por lo cual demanda organización para el cuido, operación y mantenimiento adecuados. • El uso de mecate y balde para extraer el agua es una forma de contaminar el agua del pozo y está muy arraigada en la cultura popular.

4.4 POZO PERFORADO (PP)

Un pozo perforado se utiliza para aprovechar el agua subterránea que circula por la comunidad, normalmente consiste en una perforación realizada con medios mecánicos y tiene un diámetro de entre 15 y 25 centímetros. La profundidad de estos pozos es variable, sin embargo si se pretende instalar una bomba manual para la extracción del agua su profundidad oscila entre 20 y 60 metros.

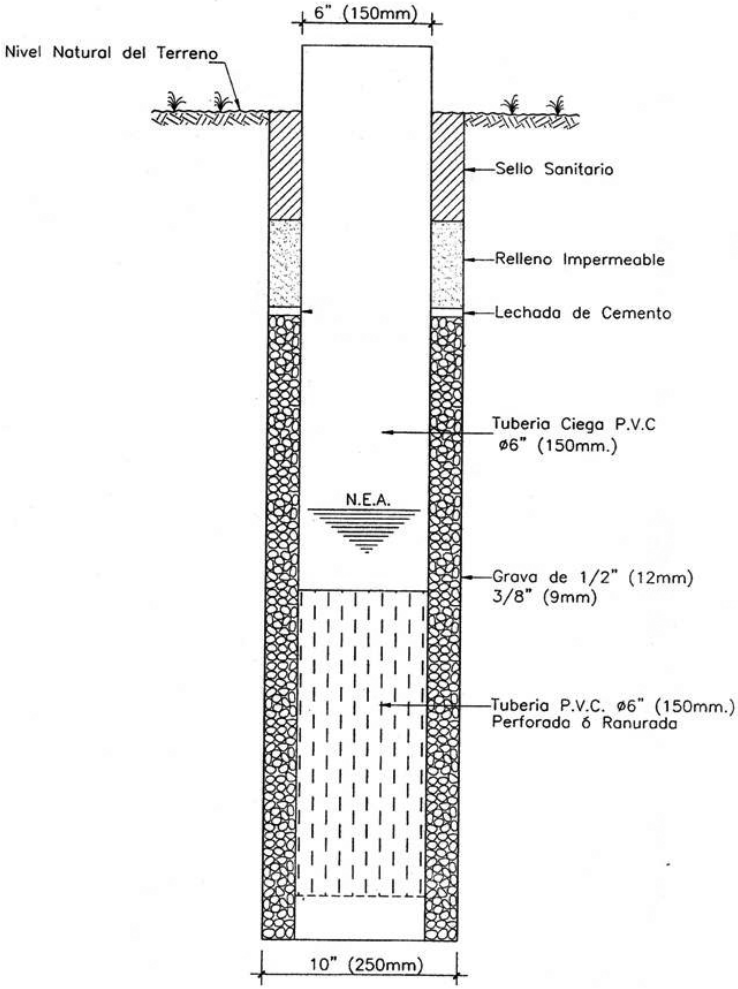
La selección del sitio para la perforación del pozo requiere conocimientos especializados de hidrogeología, principalmente si se trata de utilizar como fuente para un acueducto. Debido a las condiciones hidrogeológicas, el rendimiento y viabilidad de los pozos profundos es muy bajo en gran parte

de Nicaragua, incluyendo la Costa Caribe, de manera que las propuestas de este tipo de obras en dicha zona, requieren de estudios especializados y es deseable la utilización de pozos de prueba.

Los principales elementos que incluye un pozo perforado son: el propio pozo, un pedestal para la instalación del equipo de bombeo y un cerco para protección de la obra. Cuando el pozo está destinado para utilizarlo como toma pública de agua se debe instalar un delantal, canal de drenaje y la instalación de una bomba de acción manual adecuada. En el siguiente esquema se ilustra un pozo perforado.

La construcción de estas obras demanda de personal especializado, no solamente en la operación del equipo de perforación sino también para el diseño del pozo. A partir de los estudios para determinar el sitio con las mejores posibilidades de obtener caudales suficientes de agua, durante la perforación se debe realizar una labor de toma y análisis de muestras del material extraído a fin de obtener el perfil litológico del subsuelo que servirá posteriormente para determinar en qué estratos se instalará tubería ciega y en cuales se instalará tubería ranurada. Otras actividades que demandan mano de obra especializada y supervisión adecuada son el ademe del pozo, la instalación del filtro de grava y el sello sanitario.

Figura 4. Componentes de un Pozo Perforado.



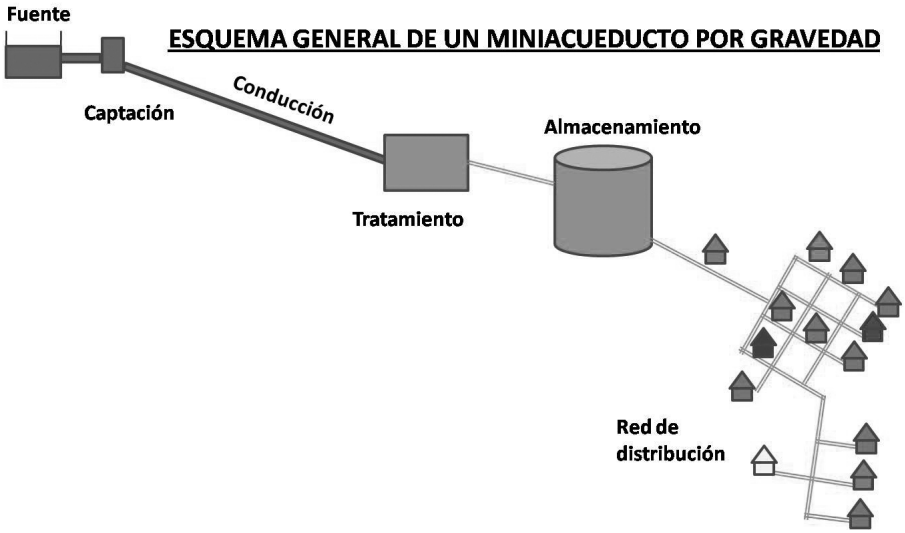
Ventajas y desventajas del sistema de pozos perforados en relación a las otras opciones de abastecimiento de agua:

VENTAJAS	DESVENTAJAS
• En sitios donde hay agua subterránea profunda se obtiene muy buena calidad del agua, solamente requiere desinfección. • Hay mucha experiencia nacional en este tipo de obras, principalmente en la región del pacífico, hay equipos que perforan un pozo en pocas horas.	• El diámetro del pozo es reducido por lo cual no sirve como almacenamiento del agua. • Se requiere acceso vehicular hasta el sitio de perforación. • Cuando se utiliza con una bomba manual funciona como un puesto público de agua por lo cual demanda organización para el cuido, operación y mantenimiento adecuados. • En la Costa Caribe de Nicaragua es muy difícil encontrar acuíferos profundos con buen rendimiento para abastecimiento colectivo. • La localización de sitios para pozos perforados demanda estudios y personal técnico especializado.

4.5 MINI ACUEDUCTO POR GRAVEDAD (MAG)

Consiste en un sistema colectivo de abastecimiento de agua en donde el agua de la fuente se hace llegar a los usuarios sin la utilización de bombeo, esto demanda que la obra de toma esté a una elevación superior a la del sitio del tanque de almacenamiento y de las viviendas. El agua se conduce hasta el tratamiento, almacenamiento y distribución utilizando únicamente la fuerza de gravedad. El siguiente esquema ilustra los principales elementos de este tipo de sistema. En la sección 5 se detallan los diferentes elementos que integran un acueducto. Con un MAG se puede brindar el nivel de servicio domiciliar y/o comunal, dependiendo de la capacidad de la fuente.

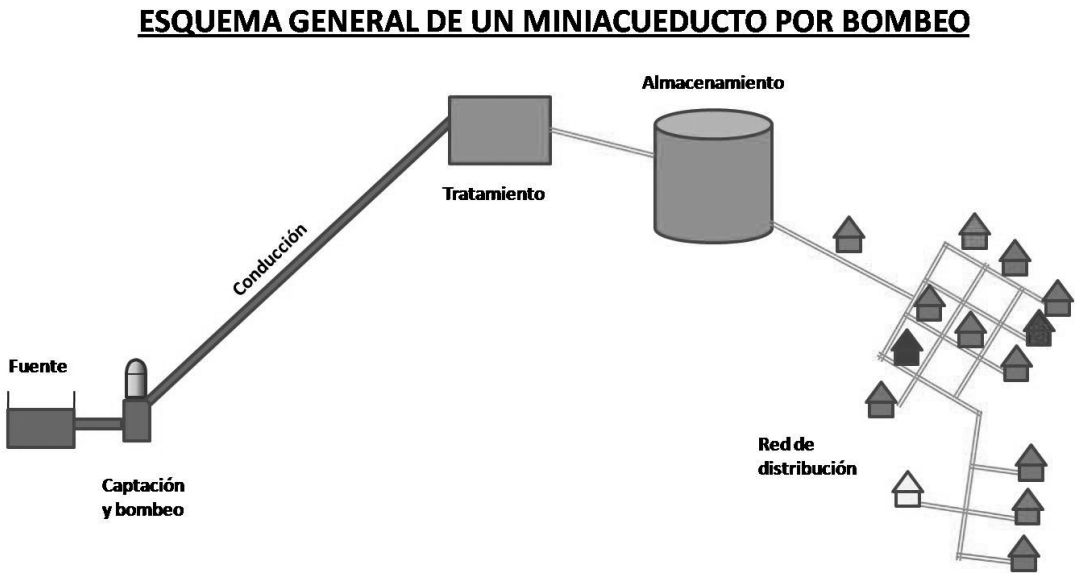
Figura 5. Esquema de funcionamiento de un Mini acueducto por Gravedad.



4.6 MINI-ACUEDUCTO POR BOMBEO (MAB)

Consiste en un sistema colectivo de abastecimiento en donde el agua de la fuente se hace llegar hasta el sitio de tratamiento y almacenamiento utilizando algún tipo de bombeo; comúnmente a partir del tanque de almacenamiento se hace llegar el agua hasta los usuarios utilizando la fuerza de gravedad. Con un MAB se puede brindar el nivel de servicio domiciliar y/o público, dependiendo de la capacidad de la fuente. El siguiente esquema ilustra los principales elementos de un MAB.

Figura 6. Esquema de funcionamiento de un Mini acueducto por Bombeo.



5. VARIACIONES TECNOLÓGICAS EN ACUEDUCTOS

Como ya se ha dicho, los elementos de un sistema de abastecimiento de agua pueden variarse en función de las condiciones físicas locales y de la capacidad técnica para la ejecución, operación y mantenimiento de los mismos. Durante los estudios de pre inversión para un proyecto de agua se debe hacer todo un proceso de planteamiento, análisis y selección de opciones para cada uno de los elementos que integran el sistema.

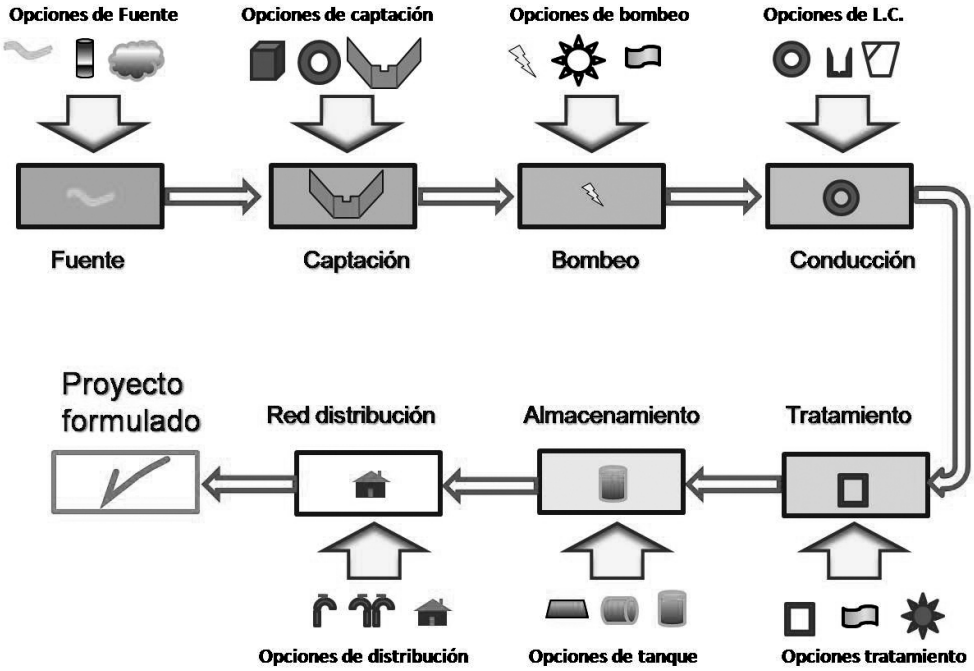
En el esquema adjunto se ilustra el proceso técnico para definir cada uno de los elementos que integran un acueducto. Tal como se establece en el Manual de Ejecución de Proyectos de Agua y Saneamiento (MEPAS), todo este proceso se desarrolla con plena participación y toma de decisiones de la población beneficiada.

Como puede inferirse de las descripciones anteriores, desde el punto de vista estructural y funcional, un MAB y un MAG solamente difieren en que el primero requiere de algún mecanismo para elevar el agua y el segundo no, por lo tanto, el resto de elementos del sistema son comunes.

Figura 7. Opciones tecnológicas para cada componente de los acueductos.

5.1 FUENTE Y OBRA DE CAPTACIÓN

TOMA DE DECISIONES EN LA FORMULACIÓN DE UN SISTEMA DE AGUA



La fuente de agua es el punto de partida de todo el sistema, la selección de esta tiene implicaciones para el resto de elementos del mismo y en los costos de ejecución, operación y mantenimiento. Las opciones de fuente están definidas por las características hidrogeológicas y de pluviosidad de la zona en estudio. En general, las fuentes disponibles para abastecimiento de agua a la población rural pueden ser agua superficial (que se encuentra en manantiales, caños, ríos y lagunas), aguas subterráneas de poca profundidad, aguas subterráneas profundas o agua de lluvia. La desalinización de agua del mar o de cuerpos de agua salobres no se considera como una opción en este documento.

En dependencia del tipo y capacidad de la fuente, la forma de captarla varía, también las necesidades de tratamiento para hacerla potable y la demanda de almacenamiento. Además, la ubicación del sitio de captación respecto a las viviendas determinará la posibilidad de hacerla llegar hasta la población utilizando la fuerza de gravedad o mediante algún tipo de bombeo.

La obra de toma debe ser adecuada al tipo de fuente, a las características del agua y del sitio seleccionado para su construcción.

Las aguas superficiales se pueden aprovechar mediante:

Toma directa del agua de la fuente mediante un tubo (si se requiere bombeo, los equipos se localizan en un sitio protegido de las crecidas y de la erosión del agua).

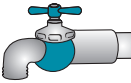
- Dique- toma para elevar el nivel del agua del caño o río y una caja donde se localiza el tubo de abasto.
- Plataforma flotante para asegurar que el tubo de captación permanezca a la profundidad adecuada durante todo el año.
- Captación lateral protegida de las crecidas y arrastre del agua del río o caño.

Por otro lado, las aguas subsuperficiales se pueden captar mediante:

- galerías filtrantes
- pozos excavados
- pozos radiales y
- pozos hincados.

Las aguas subterráneas se aprovechan mediante

- pozos profundos.



En la tabla 3 se presentan información que permita establecer criterios de comparación para el aprovechamiento de diversos tipos de fuentes superficiales.

Tabla 3. Criterios comparativos entre métodos para aprovechar fuentes de agua superficial

FUENTE	CALIDAD	CANTIDAD	ACCESIBILIDAD	CONFIABILIDAD	COSTO
Manantiales y filtraciones	Muy buena calidad; se recomienda desinfección después de construir la protección del manantial.	Muy buena, con variaciones estacionales del caudal, se recomienda aforos de estío.	Se requiere almacenamiento para abastecimiento a varias viviendas; si está a mayor altura se puede hacer llegar por gravedad.	Muy bueno si se puede hacer llegar por gravedad a las viviendas; Buena como punto público de agua.	Costo razonablemente bajo; son tubería de conducción el costo se puede incrementar.
Lagunas y estanques	De buena a muy buena para grandes estanques y lagunas; Pobre a regular en pequeños cuerpos de agua. Generalmente se requiere tratamiento.	Muy buena cantidad disponible, decrece durante la estación seca.	Muy accesible utilizando obras de toma, se requieren bombeo y almacenamiento para sistemas colectivos.	Bueno a muy bueno; necesita un muy buen programa de operación y mantenimiento para sistemas de bombeo y tratamiento.	Moderado a alto debido a la necesidad de bombeo y tratamiento del agua.
Ríos y caños	Muy buena en caños de montaña; pobre en caños de zonas bajas; requiere tratamiento	Moderado; Con variaciones estacionales; se recomiendan aforos de estío.	Generalmente muy buena; requiere obras de toma para ambos sistemas, por gravedad o por bombeo.	Ambos sistemas requieren mantenimiento, mucho más si hay bombeo. Pozos a orilla de los ríos son fuentes de muy buena fiabilidad.	Moderado a alto dependiendo de que si hay bombeo. Tratamiento y bombeo con altos costos.
Agua de lluvia	Buena a pobre; se requiere desinfección.	Moderada y variable. El suministro durante la estación seca se limita al agua de tomar; requiere almacenamiento.	Muy buena si el tanque está en el patio del usuario; aceptable si se capta el agua a nivel del suelo.	Debe haber lluvias; se requiere algún mantenimiento.	Bajo a moderado si se capta del techo; Alto para captación a nivel del suelo.

Fuente: Traducción y adaptación de Water for the World, "Methods of developing sources of surface water", Technical note No RWS.1.M.

5.2 OBRAS DE TRATAMIENTO

Toda agua que se entrega a la población debe recibir desinfección para eliminar microorganismos patógenos que pongan en riesgo la salud de la población. También en dependencia del tipo de fuente, el agua cruda requiere diferentes procesos para hacerla apta para el consumo humano desde el punto de vista físico y químico. Generalmente las aguas superficiales requieren de algún tipo de tratamiento, en tanto que las aguas subterráneas y el agua de lluvia comúnmente solamente requieren desinfección.

El primer tratamiento que se realiza al agua es la eliminación de sólidos sedimentables como arena y limo, para esto se utiliza una cámara de decantación (desarenador) instalada en la obra de captación o inmediatamente después. En el caso de manantiales se instala un filtro grueso previo a la captación del agua. Otros procesos que podrían requerirse son floculación (mediante la adición de algún químico), aireación, sedimentación y filtración. Estos procesos se pueden hacer con obras sencillas como filtros lentos de arena, torres de aireación y filtros rápidos construidos en el sitio. En casos suficientemente analizados y justificados desde el punto de vista técnico y de su adecuación socio cultural, se puede proponer la instalación de plantas de tratamiento presurizadas que realizan todos estos procesos con elementos compactos prefabricados.

La localización de las obras de tratamiento (salvo el desarenador) debe estar lo más cerca posible de la comunidad a beneficiar para facilidad de acceso y garantizar las labores de operación y mantenimiento, es deseable que se ubiquen en el mismo sitio del tanque de almacenamiento. En la tabla adjunta se detallan los principales métodos de tratamiento de agua.

Tabla 4. Variaciones de tratamiento en sistemas de agua potable

ETAPA	METODO	RESULTADO
TRATAMIENTO FISICO/QUÍMICO	Desarenador, Filtro grueso	Reducción preliminar de turbiedad y materiales en suspensión
	Floculación, aireación	Agrupación de contaminantes (en grumos), oxidación de elementos químicos
	Sedimentación,	Reducción de grumos y sólidos por efecto de la gravedad
	Filtración,	Reducción de material en suspensión y biológico
TRATAMIENTO BACTERIOLÓGICO (Desinfección)	Adición de solución o pastillas de cloro al agua	Eliminación de bacterias, huevos de helmintos y virus

El o los métodos de tratamiento se basan en la calidad del agua cruda definida en laboratorio; generalmente el agua subterránea está libre de contaminación bacteriológica. La desinfección del agua en sistemas colectivos se limita a la cloración; sin embargo, en casos especiales se podrían incluir otros métodos como la desinfección con iodo, ozono, rayos ultravioleta, etc., previo estudio de los costos, principalmente de Administración, Operación y Mantenimiento, y de su adecuación a las condiciones socioculturales de la comunidad.

La desinfección del agua para el abastecimiento a nivel domiciliar o de establecimientos (como escuelas, unidades de salud, etc.) se realiza mediante cualquiera de los cuatro métodos más conocidos: Clorar, Hervir, filtrar y desinfección solar SODIS.

5.3 EQUIPO DE BOMBEO

Los Mini acueductos por Bombeo (MAB) tienen uno o más equipos de bombeo para impulsar el agua y esta es la principal diferencia respecto a los MAG. Hay muchas posibilidades y características que definen el tipo, tamaño y tecnología para la selección del equipo a utilizar para elevar el agua, por lo cual su selección demanda diseño especializado. En la Tabla 5 se hace un resumen de los aspectos y características a considerar para definir la mejor alternativa.

Tabla 5. Variaciones en los equipos de bombeo para sistemas de agua

TIPO BOMBA	TIPO MOTOR	ENERGIA	ALCANCE
Sumergible / centrífuga	Eléctrico	Electricidad convencional o Solar	Uso en sistemas colectivos o institucional
	Mecánico	Combustión interna	
De Pistón o de mecate	Eólico o sin motor	Viento/ Manual	Uso en sistema colectivo o individual
Ariete	No aplica	Hidráulica	Uso en sistema colectivo o individual
Rueda hidráulica	No aplica	Hidráulica	Uso en sistema colectivo o individual
Sifón	No aplica	Hidráulica	Uso en sistemas colectivos o institucional, la fuente debe estar a mayor elevación que las viviendas

5.4 LÍNEA DE CONDUCCIÓN

La línea de conducción es el elemento del sistema que sirve para hacer llegar el agua desde la fuente hasta el sitio de tratamiento o almacenamiento, comúnmente consiste en una tubería de PVC con sus accesorios para cambios de dirección, protección y limpieza. En cruces de cauces y caminos se requiere de obras especiales para hacer pasar la tubería bajo el lecho del cauce o aéreo a una altura libre de los efectos de las crecidas. El trazado de esta línea debe resultar de un análisis detallado en busca de lograr costos mínimos de construcción, operación y mantenimiento.

Tabla 6. Variaciones en las líneas de conducción y redes de distribución

ELEMENTO	VARIACIONES
CONDUCTO PARA EL AGUA	Tubos de Plástico para presión normal (SDR 26)
	Tubos de plástico para alta presión (SDR 17)
	Tubos de Hierro Galvanizado para cruces especiales
ACCESORIOS Y OTROS ELEMENTOS	Uniones, derivaciones y cambios de dirección
	Válvulas de pase, de aire y vacío, de limpieza, de alivio
	Pilas rompe carga o válvulas reguladoras de presión en sistemas por gravedad
CRUCES ESPECIALES	Cruces de cauce y/o de carreteras subterráneos o aéreos mediante puente colgante, cables, tramos expuestos de la tubería sobre pilotes o adosado a pared de roca con abrazaderas.

5.5 TANQUE DE ALMACENAMIENTO

El almacenamiento de agua en un sistema de abastecimiento es necesario para compensar las variaciones horarias del consumo a lo largo del día y para contar con un volumen de agua para afrontar emergencias tales como las

salidas de operación por mantenimiento o una avería de las obras de toma, conducción o tratamiento.

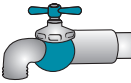
Los tanques de almacenamiento son quizás el elemento de un sistema para el cual existen más opciones, tanto en los materiales como en los métodos constructivos. En la siguiente tabla se resumen estas posibles variaciones.

Tabla 7. Opciones y variaciones para los tanques de almacenamiento de agua.

TIPO	MATERIAL DEL CUERPO	MATERIAL DE LA TORRE	PROTECCIÓN
Enterrado	Mampostería, concreto	—	Cerco
Sobre el suelo	Mampostería, concreto, plástico, fibra de vidrio, acero	—	Caseta, cerco
Sobre torre	Mampostería, concreto, plástico, fibra de vidrio, acero	Acero, concreto, madera	Cerco

5.6 RED DE DISTRIBUCIÓN

La distribución del agua a las viviendas tiene su origen en el tanque de almacenamiento y se realiza mediante tuberías instaladas a lo largo de las calles en comunidades concentradas y en los caminos. Los elementos de la red son prácticamente los mismos que en la línea de conducción, sin embargo, su principal diferencia es que a lo largo de la red de distribución se instalan las tomas de agua, este elemento no debe existir en la línea de conducción. Desde el punto de vista del diseño hidráulico, la red debe manejar el caudal de máxima hora en tanto que la línea maneja el caudal de máximo día.

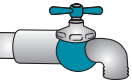


En relación a las tomas de agua para las conexiones que abastecerán directamente a la población, en la siguiente tabla se presentan los tipos de conexiones y las características de manejo de las mismas.

Tabla 8. Variaciones y características en las tomas de agua

NIVEL DE SERVICIO	COMPONENTES	FACILIDADES DE ACCESO
Conexión domiciliar	Incluye tubería de acometida y puede incluir varias tomas en diferentes partes del domicilio o establecimiento	Acceso directo al agua potable en varias partes de la vivienda o establecimiento, para usos como lavado de ropa, baño, cocina, etc.
Conexión de patio	Incluye tubería de acometida y una llave de chorro en el domicilio o establecimiento	Acceso al agua potable en un punto del terreno de la vivienda o establecimiento.
Toma pública	Pedestal, delantal y una o dos llaves de chorro.	Los usuarios tienen un punto para acceso de agua potable localizado en un sitio público a no más de 100 mts de su vivienda.

En el abastecimiento de agua el nivel de servicio se refiere principalmente al nivel de comodidad del usuario y se establece por el tipo de toma de agua que tiene.



6. POLÍTICA FINANCIERA

6.1 FINANCIAMIENTO DE LA CONSTRUCCIÓN

El presente instrumento pretende facilitar el ejercicio del derecho de cada ciudadano de la Costa Caribe de acceder al servicio mejorado de agua potable y segura; en este sentido, dicho acceso estará en correspondencia a las condiciones técnicas locales, culturales, sociales y económicas (aportes en efectivo y/o especies) en todas las etapas del proyecto.

Lo anterior representa un gran avance en la forma de planificar los proyectos y el nivel de servicio que se facilita a cada familia en función de su comodidad, gustos y preferencias, sin embargo, esto representa también un reto para financiar la construcción de las obras, pues como siempre, las demandas son superiores al financiamiento disponible.

En este contexto es necesario definir el financiamiento base o mínimo que debería contemplar cada uno de los actores involucrados (Cooperante, FIAS, Alcaldía), incluyendo el aporte de las familias y comunidades en función de cada nivel de servicio y tipo de solución.

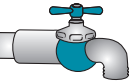
En la Tabla 9 se presenta un estimado de aportes necesarios para poder llevar a cabo un proyecto de agua para la población, representando esto el punto de partida para que las familias y la comunidad en su conjunto pueda definir la solución tecnológica que prefieran, en función de la viabilidad técnica, ambiental y económica (capacidad de pago para la operación y mantenimiento).

Tabla 9. Política de financiamiento de acuerdo al tipo de sistema a construir.

TIPO DE SOLUCIÓN / NIVEL DE SERVICIO	APORTE		
	Comunitario / Familiar	Municipal / Territorial	FIAS / Otras Fuentes
Captación de Agua de lluvia	10%	10%	80%
PEM	10%	10%	80%
PP	05%	15%	80%
MAG o MAB con conexión de patio	10%	15%	75%
MAG o MAB con conexión intra-domiciliar	15%	15%	70%

6.2 FINANCIAMIENTO PARA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Como ya se ha manifestado en los Principios Generales, la comunidad organizada, las familias tienen la responsabilidad de hacer sostenible el servicio de abastecimiento de agua mediante el pago de una tarifa que deberá ser suficiente para asumir al menos los costos de administración, operación y mantenimiento del sistema. En el documento técnico se definirá una tarifa aproximada que deberá aportar cada familia en función del tipo de sistema y el nivel de servicio adoptado, este dato será incorporado también en el menú popular como uno de los principales criterios que utilizará la comunidad y las familias para definir su solución y nivel de servicio.



7. BIBLIOGRAFÍA

Documento borrador: Guía de opciones tecnológicas de saneamiento e higiene, PRASNICA, FISE, agosto de 2009.

Guía de opciones técnicas, Programa de Agua y Saneamiento para Comunidades Rurales y Pequeños Municipios del Ecuador (PRAGUAS), 2006.

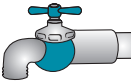
Water for the World. "Methods of developing sources of surface water". Technical note No RWS.1.M. 2008.

GLOSARIO DE TERMINOS

Agua potable: Es una calificación de la calidad del agua en un momento determinado. El agua que cumple con todos los requerimientos establecidos por el INAA se puede calificar como agua potable, es decir que cumple con los parámetros de calidad físicos, químicos y bacteriológicos. Para calificar una muestra como agua potable se debe contar con resultados de análisis realizados por un laboratorio especializado. Para mantener un suministro de agua potable se debe garantizar un seguimiento continuo de la calidad mediante análisis de laboratorio y realizar de forma ininterrumpida el tratamiento adecuado del agua.

Agua cruda: Se llama así al agua de una fuente en su estado natural, antes de realizar alguna operación de tratamiento.

Procedimientos para tratamiento del agua: filtración, decantación y aireación: estos son operaciones que se hacen para mejorar la calidad física y química del agua; a) la filtración consiste en hacer pasar el agua a través de un filtro, esto hace que los elementos extraños al agua queden retenidos en el filtro dejando pasar solamente el agua. Generalmente este procedimiento no elimina bacterias ni virus; b) La aireación es el procedimiento mediante el cual se proporciona

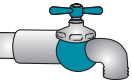
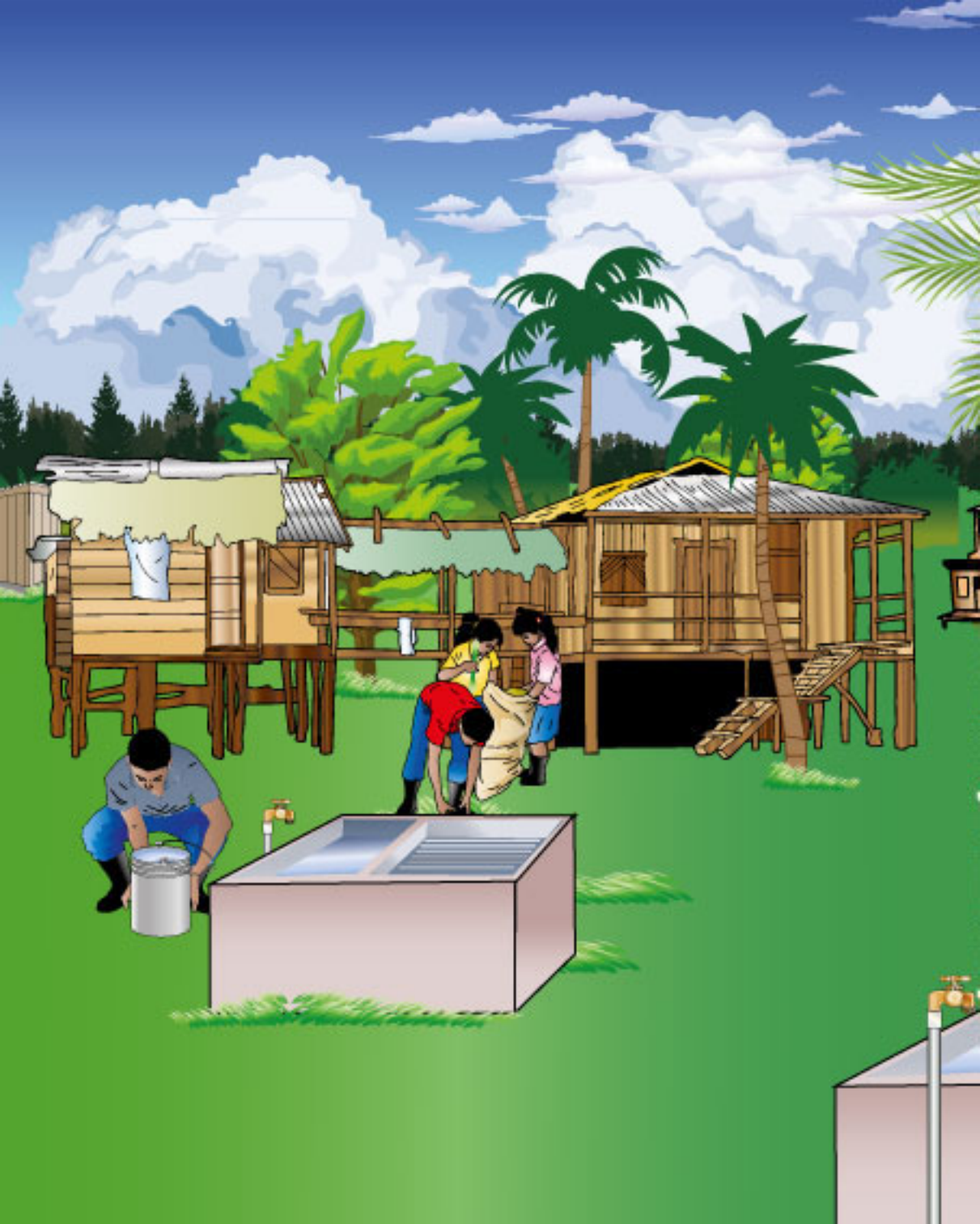


oxígeno al agua para oxidar elementos contaminantes por ejemplo el hierro, y c) La decantación consiste en la caída (al fondo del recipiente en el que se está dando tratamiento) de algunos elementos como arena, turbiedad y otros elementos presentes en el agua. En palabras sencillas, dejar que la suciedad se asiente.

Dotación: Cantidad de agua promedio que cada persona consume en un día.

Estío: Período del año con menor cantidad de lluvia, generalmente son los meses de febrero marzo y abril.

Pre inversión: Fase del ciclo de proyecto que incluye estudios y demás actividades que se desarrollan para definir claramente que es lo que se va a realizar o construir.

Sostenible: Un servicio de agua es sostenible cuando están dadas todas las condiciones que aseguran la permanencia del mismo a lo largo del tiempo para el cual fue diseñado.

Ademar: Consiste en el hecho de poner ademes en las paredes del suelo como métodos de defensa para sostener o detener provisionalmente las paredes de una excavación que a de alojar una cimentación o bien obras de drenaje, instalaciones de ductos, tuberías, gasoductos, etc…