

# Implementación de Tecnologías No Convencionales de Agua en Zonas Rurales de Honduras

Una consultoría realizada para:



por:

**Ing. William A. Bradbury BEng MSc**

**Junio 2004**

# Contenido

Introducción.....	1
A) Descripción y Limitaciones de Tecnologías Convencionales.....	2
1. Acueducto por Gravedad.....	2
1. a) Descripción.....	2
1. b) Ventajas.....	2
1. c) Limitaciones.....	2
2. Bombeo Eléctrico.....	3
2. a) Descripción.....	3
2. b) Ventajas.....	3
2. c) Limitaciones.....	3
3. Bomba de Mecate.....	4
3. a) Descripción.....	4
3. b) Ventajas.....	4
3. c) Limitaciones.....	4
4. Hipoclorador.....	5
4. a) Descripción.....	5
4. b) Ventajas.....	6
4. c) Limitaciones.....	6
B) Tecnologías Alternativas de Abastecimiento de Agua Potable.....	8
5. Captación de Agua de Lluvia.....	8
5. a) Descripción.....	8
5. b) Implementación en Honduras.....	11
5. c) Evaluación de la Tecnología.....	12
5. d) Experiencia Mundial.....	15
5. e) Contactos y Fuentes de Información.....	16
5. f) Ventajas y Desventajas.....	16
5. g) Comparación con otras Tecnologías Factibles.....	16
5. h) Recomendaciones.....	16
5. i) Requisitos de la Comunidad.....	18
6. Bombeo Manual a Distancia.....	19
6. a) Descripción.....	19
6. b) Implementación en Honduras.....	21
6. c) Evaluación de la Tecnología.....	22
6. d) Experiencia Mundial.....	23
6. e) Contactos y Fuentes de Información.....	23
6. f) Ventajas y Desventajas.....	24
6. g) Comparación con la Bomba de Mecate.....	24
6. h) Recomendaciones.....	24
6. i) Requisitos de la Comunidad.....	25
7. Bombeo por Energía Solar.....	26
7. a) Descripción.....	26
7. b) Implementación en Honduras.....	29
7. c) Evaluación de la Tecnología.....	29
7. d) Experiencia Mundial.....	30
7. e) Contactos y Fuentes de Información.....	31
7. f) Ventajas y Desventajas.....	31
7. g) Comparación con el Bombeo por Generador.....	31
7. h) Recomendaciones.....	31
7. i) Requisitos de la Comunidad.....	33

C)	Tecnologías Alternativas de Tratamiento de Agua Potable .....	34
8.	Dosificador de Tabletas.....	34
8. a)	Descripción .....	34
8. b)	Implementación en Honduras .....	37
8. c)	Evaluación de la Tecnología .....	38
8. d)	Experiencia Mundial.....	38
8. e)	Contactos y Fuentes de Información.....	39
8. f)	Ventajas y Desventajas .....	39
8. g)	Comparación con el Hipoclorador.....	39
8. h)	Recomendaciones.....	39
8. i)	Requisitos de la Comunidad .....	40
9.	Filtro de Bioarena.....	41
9. a)	Descripción .....	41
9. b)	Implementación en Honduras .....	44
9. c)	Evaluación de la Tecnología .....	44
9. d)	Experiencia Mundial.....	47
9. e)	Contactos y Fuentes de Información.....	47
9. f)	Ventajas y Desventajas .....	48
9. g)	Comparación con otros Métodos de Tratamiento Domiciliar.....	49
9. h)	Recomendaciones.....	50
9. i)	Requisitos de la Comunidad .....	51
D)	Implementación de los Proyectos.....	52
1.	Elección de la Comunidad .....	52
2.	Elección de la Tecnología de Abastecimiento de Agua.....	52
3.	Elección de la Tecnología de Tratamiento del Agua.....	52
4.	Ejecución del Proyecto .....	53
5.	Recomendaciones Adicionales .....	53
	Bibliografía.....	55

ANEXO A: Piezas de la Bomba EMAS-Flexi

ANEXO B: Equipo de Perforación Manual

ANEXO C: Diagnóstico de Proyectos de Agua con Tecnologías No Convencionales

## Glosario

AHJASA	-	Asociación Hondureña de Juntas Administradoras de Sistemas de Agua
JAA	-	Junta Administradora de Agua
UTN	-	Unidades de Turbidez Nefelométricas
SANAA	-	Servicio Autónoma Nacional de Acueductos y Alcantarillados
HG	-	Hierro Galvanizado
invierno	-	estación lluviosa
verano	-	estación seca
18 lps	=	US \$1

## Introducción

En Honduras, la mayoría de las organizaciones involucradas en el sector de agua trabaja con tecnologías que se pueden llamar 'convencionales' en el sentido de que son bien conocidas e implementadas de manera habitual por cantidades de actores del sector. Estas tecnologías no se pueden implementar en todo caso; cada tecnología tiene sus limitaciones.

El informe empieza con explicar estas limitaciones y después presenta las tecnologías no convencionales. Se describen 3 tecnologías de abastecimiento de agua:

- Captación de Agua de Lluvia
- Bombeo Manual a Distancia
- Bombeo por Energía Solar

y 2 tecnologías de tratamiento de agua:

- Dosificador de Tabletas
- Filtro de Bioarena

Para cada tecnología, se da una descripción detallada, bajo las siguientes encabezadas:

- Diseño
- Operación y Mantenimiento
- Nivel de Servicio
- Construcción y Costos
- Impacto Medioambiental
- Capacitación
- Participación Comunitaria
- Nivel de Organización Requerido
- Apoyo Institucional

El costo de un proyecto siempre puede variar mucho porque depende mucho de los criterios del diseño (p.ej. distancia de la fuente de agua a la casa) y también de la calidad de los materiales y accesorios que se usan. Se presenta una aproximación de los costos de los componentes principales de cada tecnología por la compra de los materiales en Honduras en junio 2004. No se incluyen los materiales locales (arena, piedra, madera, etc.) ni la mano de obra (éstos normalmente aporta la comunidad). Se dan los costos en Lempiras y en dólares norteamericanos (18 lps = \$1).

Después, se habla de la experiencia que tiene la tecnología en Honduras y los resultados de una evaluación en comunidades en Honduras. Se discute la experiencia mundial de la tecnología y se presentan detalles de fuentes de información sobre la tecnología y contactos.

Para resumir, se listan las ventajas y las desventajas de la tecnología y se compara la tecnología con otras que se pueden implementar en circunstancias parecidas. Siguen las recomendaciones para implementar un proyecto con la tecnología, considerando los aspectos técnicos, institucionales, medioambientales y demás. Luego, se establecen los criterios necesarios en cierta comunidad para realizar un proyecto.

El último capítulo considera el proceso de implementación de cualquier proyecto en el cual se trate de instalar una tecnología alternativa. Se discute la necesidad de la participación comunitaria en el proceso de elegir la intervención apropiada para cierta comunidad. El Anexo C es un diagnóstico que pueden usar promotores para averiguar si una comunidad llena los requisitos principales de las tecnologías no convencionales. Esto servirá como el primer paso de un proceso largo para determinar el diseño apropiado de un proyecto que satisfaga la comunidad y que sea sostenible.

## **A) Descripción y Limitaciones de Tecnologías Convencionales**

### **1. Acueducto por Gravedad**

#### **1. a) Descripción**

Si existe una fuente adecuada para su implementación, el acueducto por gravedad normalmente es la solución elegida por la comunidad y por la institución para el abastecimiento de agua. Brinda un servicio de agua en o cerca de la casa con poco costo de operación. Este tipo de intervención es muy común en Honduras y tiene mucha experiencia.

El costo inicial de la obra puede ser grande pero varía mucho según los criterios del diseño. La comunidad tiene la oportunidad de aportar una gran proporción del costo (40-50%) con materiales locales y mano de obra entonces el sistema puede salir muy económico, sobre todo si sirve a muchos beneficiarios. Habitualmente se requiere de un mínimo de 20-25 casas pero a menudo se usa para comunidades grandes de 100 casas o más.

#### **1. b) Ventajas**

- Buen acceso al agua.
- Fácil operación sin costo (no requiere de fuente de energía) y fácil mantenimiento.
- Reparable por la comunidad (no se ocupan técnicos especializados).
- Repuestos disponibles en cualquier ferretería.
- Tarifa bastante baja (15-30 lps).
- Comunidad casi siempre motivada para trabajar.
- Larga vida útil (20 años).

#### **1. c) Limitaciones**

La posibilidad de instalar un sistema por gravedad depende de la disponibilidad de una fuente adecuada: suficientemente grande, no demasiado lejana, con agua no demasiada contaminada y más alta que la comunidad.

El sistema es una obra grande y requiere cuidado por la comunidad. Su sostenibilidad depende mucho más de la organización de la comunidad que en otras intervenciones (p.ej. bomba de mecate). Se necesita dar bastante capacitación para formar a una Junta Administradora de Agua y darle seguimiento para que funcione bien para manejar el acueducto. A menudo, esto no pasa y por lo tanto los beneficiarios sufren de un servicio inferior. Se requiere un Fontanero para mantener el sistema y si la JAA no lo controla bien, la obra se deteriora y no se clora el agua.

Debido al alto costo inicial, un sistema por gravedad normalmente no es factible para pequeñas comunidades (menos de 20 casas). El sistema suele ser grande, lo que hace difícil detectar fallos en el sistema (sobre todo si ocurren lejos de la comunidad en la tubería de conducción). Extender el sistema puede ser problemático porque afecta la presión de agua en la tubería existente.

En comparación con los sistemas de bombeo, los siguientes asuntos son más problemáticos para los acueductos por gravedad:

- Estudios topográficos.
- Contaminación de la fuente (agua superficial).
- Propiedad y uso actual de la fuente (que a menudo queda fuera de la comunidad).
- Periodo de construcción que es muy largo (varios meses) y requiere muchos recursos humanos (perjudica el trabajo agrícola).
- Acceso a la fuente y la línea de conducción (raramente se puede llegar en carro).
- Vulnerabilidad a desastres naturales (mucho tubería).

## **2. Bombeo Eléctrico**

### **2. a) Descripción**

Cuando existe electricidad en la comunidad, el bombeo eléctrico presenta una opción para el abastecimiento de agua en la casa. Normalmente se perfora un pozo, se instala una bomba y se bombea el agua a un reservorio desde donde cae por gravedad a las casas. La ubicación del pozo suele ser dentro o cerca de la comunidad entonces puede ser una solución más factible que un sistema por gravedad con una fuente muy lejos.

Este tipo de sistema se usa mucho más en zonas urbanas que zonas rurales, no solamente por el requisito de la electricidad, pero también por el alto costo de bombear - en comunidades rurales pobres, la gente no es capaz de pagar la tarifa necesaria.

### **2. b) Ventajas**

- Agua en la casa.
- Agua subterránea (de buena calidad y con poco riesgo de contaminarse).
- Suministro de agua según demanda.
- Menos tubería que un sistema por gravedad (menos susceptible a desastres).

### **2. c) Limitaciones**

La limitación principal para la implementación del bombeo eléctrico es que la red eléctrica tiene que alcanzar a la comunidad. En muchas comunidades no hay electricidad y no es factible extender la red.

El costo del equipo (bomba, motor, transformador) y la perforación del pozo es caro, sobre todo si el nivel freático es bajo. Debido al costo de bombear, normalmente se llena el tanque y se raciona el agua, distribuyéndola por tiempo limitado. Por lo tanto el hipoclorador no funciona correctamente con este proceso y clorar el agua suele contar con el manejo humano (echar cloro en el tanque cuando está lleno y esperar antes de distribuir el agua). Además, la cantidad de agua que recibe cada beneficiario depende del tiempo que se abre la válvula, la presión a la llave y la capacidad de almacenar el agua. Si el agua se distribuye poco a menudo, el nivel de cloro en el agua que se almacena puede bajar hasta que el peligro de recontaminación sea alto.

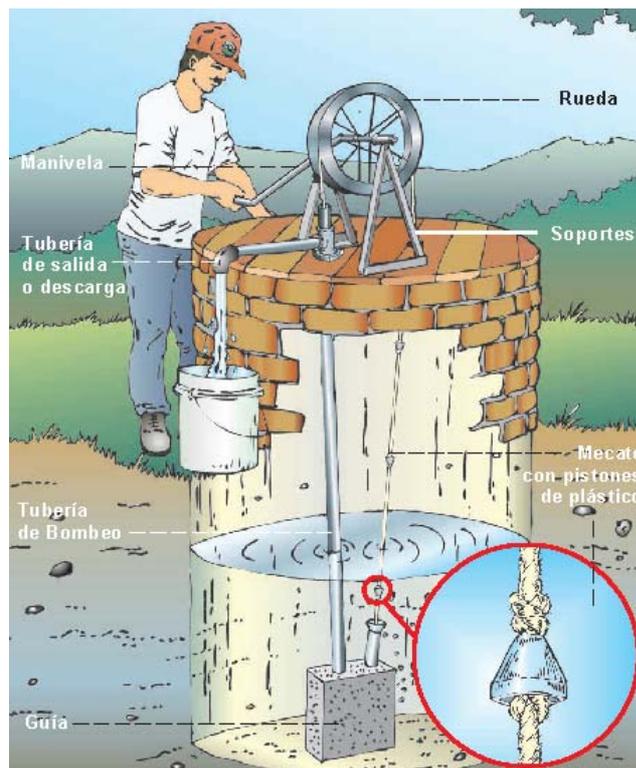
Los beneficiarios tienen que ser capaces de pagar una tarifa más alta que otros sistemas de agua (60-100 lps por mes) debida al costo de la electricidad y las reparaciones o repuestos que pueden ser caros, requiriendo de los servicios de un técnico. Es normal que haya gente en la comunidad que no puede pagar esta tarifa. Para ser justo, se debe instalar medidores de agua para que cada quien paga por la cantidad de agua que usa (solución muy poca implementada en Honduras).

### 3. Bomba de Mecate

#### 3. a) Descripción

La bomba de mecate es una bomba manual, sencilla, eficaz y eficiente. Fue introducida al principio en Nicaragua en los años ochenta y ahora se ha extendido a Honduras y El Salvador.

Su éxito es debido al hecho que puede fabricarse localmente pero también puede ser comercializada y instalada por el sector privado. En Honduras, la bomba es muy popular, sobre todo en el sur del país donde la firma "Bombas de Mecate S.A." fabrica varios modelos (en San Lorenzo, Valle).



Los Elementos de la Bomba de Mecate

Funciona por un mecate o lazo con pistones de plástico que se hace girar con una rueda y hace subir el agua por dentro de un tubo.

Con la bomba de mecate, se puede bombear desde profundo (hasta 60 m), sacando un buen caudal de descarga (p.ej. 20 litros en 2 minutos).

#### 3. b) Ventajas

- Fácil uso (niños pueden bombear) y alta eficiencia.
- Poco mantenimiento y fácil reparación (por los mismos usuarios).
- Solución barata (3,500 lps).
- Alta aceptación social.
- Fácil instalar (2 personas, 2 horas)
- Bombeo hasta profundo (60m).
- Fabricada en Honduras.
- Campesinos pueden construir una versión si mismos (con una rueda de bicicleta).

#### 3. c) Limitaciones

La bomba de mecate presenta una solución comunitaria entonces el acceso que tiene cada beneficiario al agua depende de la ubicación de su casa respecto a la bomba. Siempre habrá que jalar agua pues existe el riesgo de contaminarla en tránsito.

El mecate entra y sale el agua al aire entonces existe un peligro de contaminación del agua por este medio (este peligro se minimiza en el modelo "Extra-Fuerte" que tiene un abrigo para cubrir la rueda). Existe solamente un fabricante en Honduras, lo que puede presentar el problema de acceso para conseguir repuestos (sobre todo de los pistones de plástico).

Para asegurar la sostenibilidad de una bomba comunitaria, se necesita una Junta Administradora de Agua para monitorear el buen uso y manejar un fondo para el mantenimiento y las reparaciones. Para una bomba de mecate, la tarifa mensual por beneficiario es baja, pero la gente a menudo no quiere pagarla porque no es un servicio personal.

## 4. Hipoclorador

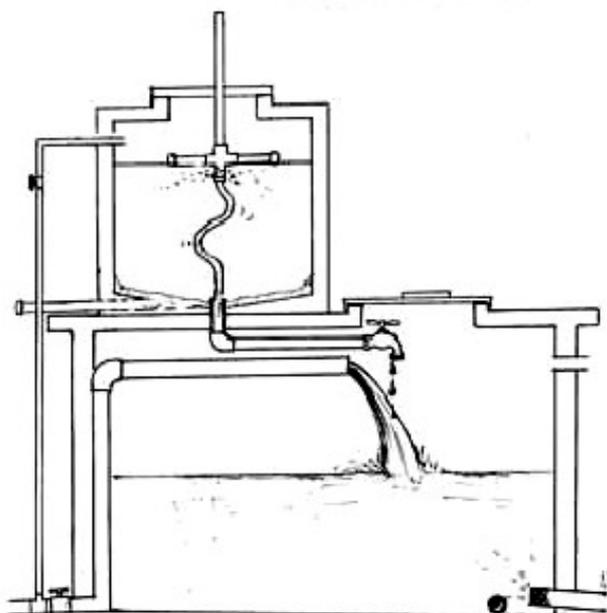
### 4. a) Descripción

El hipoclorador tradicional que se usa en la mayoría de los sistemas de agua en Honduras consiste en un recipiente encima del tanque de abastecimiento en lo que se hace una solución de cloro que luego entra el tanque por goteo.

Se usa cloro granulado, hipoclorito de calcio, que tiene un contenido de 65% cloro. Se vende en los Bancos de Cloro, Centros de Salud, el SANAA u otros lugares.

### Diseño

La caja del hipoclorador suele ser un cubo de 1 m<sup>3</sup> hecho de concreto que se ubica



Diseño Típico del Hipoclorador

durante todo este periodo. Para minimizar el riesgo a la salud, se debe llevar guantes, una mascarilla y un delantal cuando se maneja la química.

La dotación de cloro correcta siempre dependerá de la calidad del agua que se trata. Para tener los niveles de residual de cloro necesarios, se tiene que echar más cloro en aguas más contaminadas. Por lo tanto, resulta difícil garantizar un nivel de cloro residual adecuado solo utilizando la tabla de cloración, se debería también comprobar los niveles de cloro residual en la comunidad y ajustar la dotación en conformidad.

Se monitorean los niveles de cloro residual por usar un comprobador. Se toman 2 pequeñas muestras del agua y se les echan reactivos. La reacción produce un color que se compara con la escala de valores para determinar la cantidad del cloro residual y el pH del agua. Con un pH de 6 a 8, la cantidad de cloro residual recomendada es de 0.5 mg/l.



Reservorio con Hipoclorador

normalmente encima de la entrada del agua al tanque. Dentro de la caja hay un flotador de PVC conectado a la salida de la caja por una manguera. Justo por debajo del flotador hay pequeños agujeros por donde pasa la solución de cloro hacia la llave que echa la solución al tanque. El flotador hace que la presión del agua donde entra la manguera sea siempre igual y por lo tanto el caudal que pasa queda constante. La solución de cloro debe entrar el tanque en el mismo lugar donde el agua cruda entra el tanque.

### Operación y Mantenimiento

Para preparar la solución madre de cloro, hay que aforar la entrada del agua al tanque y consultar una tabla que enseña la cantidad de cloro que se le debe echar. Se regula el caudal del goteo para que sea justo.

Normalmente se hace la solución madre cada 4 o 5 días pero el goteo debe ser continuo

El mantenimiento incluye limpiar el hipoclorador y mantener desbloqueados los agujeros por donde entra la solución de cloro, aforando el goteo para comprobar que quede igual.

### Nivel de Servicio

Calidad del Agua	Agua clorada.
Cantidad de Agua	1 lb de cloro granulado desinfecta ~39 000 galones con una dosificación de 2.0 mg / litro
Acceso al Agua	Agua clorada en el tanque, luego accesible en las casas.

### Construcción y Costos

El hipoclorador está hecho de materiales locales y su construcción es bastante sencilla. La comunidad puede participar en las obras.

El costo sale a aproximadamente 900 lps (\$50) más los materiales locales (ladrillos, arena, grava y madera) que normalmente aporta la comunidad.

El valor de cloro granulado es de 22 - 26 lps / lb. En términos de cloro absoluto (100% concentración), es igual a 34 - 40 lps / lb. Una estimación del costo de cloro usado por casa es de 3 lps por mes (7 personas usando 25 galones por persona por día).

El comprobador de cloro vende Tecnoquímica y vale 200 lps.

### Capacitación

El correcto uso del hipoclorador requiere bastante capacitación sobre cómo leer o calcular la cantidad de cloro que se le echa, como prepara la solución madre y cómo monitorear los niveles de cloro residuales en las casas con el comprobador de cloro.

### 4. b) Ventajas

- Bajo costo.
- Cloro granulado muy disponible.
- Construcción local.
- Tecnología sencilla en la parte de construcción.

### 4. c) Limitaciones

El hipoclorador raramente se usa correctamente porque requiere de un manejo continuo y un poco arduo (preparar la solución madre según el caudal de la entrada de agua y vigilar que siga goteando correctamente).

Para sistemas de bombeo el hipoclorador no es la tecnología adecuada. Requiere de un caudal constante y continuo durante los periodos entre la preparación de la solución madre (4 o 5 días), pero con sistemas de bombeo normalmente el agua llega a intervalos. Se debe acomodar la cloración a las temporadas de llegada de agua, lo que no permite el hipoclorador. Sin embargo, las instituciones suelen instalar el hipoclorador en sistemas por bombeo.

Para sistemas por gravedad, seguir aforando la entrada al tanque es esencial porque su caudal suele variar a través del año. Calcular la dotación requerida requiere de alguien capacitado en hacerlo, y echar el correcto peso de cloro requiere de un aparato o recipiente graduado. Sin embargo, el caudal del hipoclorador a menudo varía porque los agujeros se bloquean por el cloro granulado.

Los beneficiarios a menudo se quejan de que la cantidad de cloro en el agua varía bastante con un hipoclorador. Dicen que después de que el Fontanero eche cloro en el tanque, se siente mucho cloro en el agua pero más tarde casi no se lo siente. A ser elevada la dosificación, puede causar molestias a los consumidores o, por lo contrario, si es baja no se produce el efecto de desinfección.

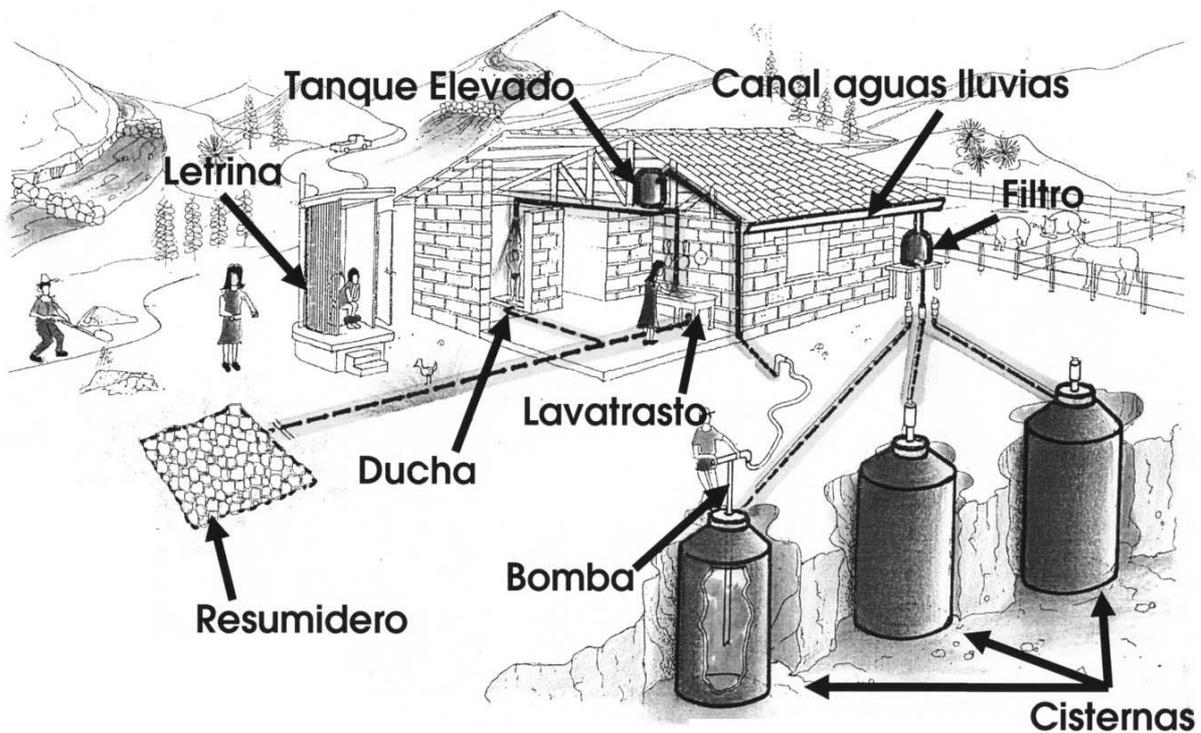
Aún si la dosificación está buena, en muchos acueductos el agua se raciona así que puede quedarse muchas horas o aún días en el tanque o en la propiedad del beneficiario antes de su uso, después de que el nivel de cloro en el agua habría disminuido.

El cloro es un oxidante fuerte, pues siempre hay que manejarlo con cuidado, usando los artículos de protección adecuados. Contacto con una solución de cloro alta puede producir quemaduras químicas severas. No se debe inhalar el cloro y siempre se debe quedar fuera del alcance de los niños. Es necesario guardar el cloro en su envase original, bien cerrado, en un lugar fresco, seco, ventilado y lejos de otros productos químicos.

## B) Tecnologías Alternativas de Abastecimiento de Agua Potable

### 5. Captación de Agua de Lluvia

#### 5. a) Descripción



Esquemático de Sistema de Captación de Agua de Lluvia

La Captación de Agua de Lluvia es un método de abastecimiento de agua que se utiliza desde hace miles de años. Se usa en países pobres y en países ricos, para todo uso - uso doméstico, riego, ganado, etc. Puede ser implementada en cualquier sitio donde caiga la lluvia. En desarrollo, es más adecuada para comunidades que no cuentan con fuentes de agua cercanas.

Es necesario almacenar una gran cantidad de agua para durar la estación seca, la que puede ser varios meses. Debido al costo de almacenaje, siempre se tiene que racionar el uso del agua para que quede agua todavía al final de la estación seca. Para sistemas comunitarios, esto puede suponer un gran problema ya que los beneficiarios luchan entre ellos por el agua. Por lo tanto, es indispensable la existencia de una organización comunitaria para controlar el uso o racionamiento del agua y mantener el sistema bien.

Existen muchos diseños de sistemas de Captación de Agua de Lluvia. Este capítulo considera el diseño para casas particulares, de utilizar el techo de la casa para captar el agua y almacenarla en un tanque enterrado con una bomba manual.

#### Diseño

Cualquier sistema de Captación de Agua de Lluvia consiste en una superficie de captación, un recipiente de almacenamiento y una forma de transportar el agua del uno al otro. La superficie de captación debe estar hecha de material no tóxico. Los materiales más adecuados son las láminas de zinc (o hierro galvanizado), pero también se pueden usar las tejas. Se calcula la superficie necesaria por dividir la cantidad de agua requerida ( $m^3$ ) por la precipitación anual (m) más un 20-25% debido a que no se capta toda el agua.



**Canal y Filtro**

Los canales que recogen la lluvia y la llevan hacia el tanque son disponibles en PVC, pero es más barato fabricarlas con zinc. El techo debe sobresalir por encima del canal 1-2 cm y el canal debe llegar hasta 7 cm más allá del techo para poder recoger el agua de lluvias ligeras y lluvias fuertes. Se necesita un pendiente de 1% hacia la salida al filtro. Es beneficioso cubrir el canal con una malla para que no pasen hojas, ramitas u otras cosas que obstruirán el pasaje del agua.

Para el uso doméstico, se necesita un filtro para evitar la entrada de materiales con el agua. Éste puede ser una rejilla fina o un trozo de trapo o colcha en un recipiente que se coloca entre los canales y el tanque de almacenamiento. Se debe permitir que sea fácil desconectar los canales del filtro para poder botar agua.

En cuanto al almacenamiento, los tanques enterados suelen salir más baratos que los tanques superficiales porque no requieren de tanto cemento

o varilla. Su factibilidad depende del terreno - se necesita tierra firme, para que no haya movimiento que pueda arruinar la estructura, y también sin demasiada roca, para facilitar la excavación. Junto con los tanques enterrados, se instala una bomba y se construyen pequeños tanques elevados. Con la bomba EMAS-Flexi (véase el Anexo A), que es barata y sencilla, se puede bombear el agua a los tanques elevados desde donde el agua baja por gravedad a la llave domiciliaria.

### **Operación y Mantenimiento**

En el tema de operación, se deben desconectar los canales de los tanques y botar los primeros minutos de lluvia de cada tormenta - éstos limpian el techo, así que la suciedad no llega hasta el tanque. Es recomendable echar cloro al agua en el tanque, sobre todo si ésta se va a beber.

El mantenimiento consiste en limpieza de los canales, el filtro y el tanque. No se sugiere limpiar el techo porque en la mayoría de los casos no es factible y puede ser peligroso.

### **Nivel de Servicio**

Origen del Agua	Agua de lluvia (normalmente de muy buena calidad pero con pocos minerales)
Cantidad de Agua	Limitada según la lluvia y el almacenaje - hay que racionarla, sobre todo en la estación seca.
Acceso al Agua	Agua en la casa

### **Construcción y Costos**

La construcción del sistema es fácil y se puede capacitar a los beneficiarios para que ellos la hagan. Se hace con todos materiales disponibles localmente.

El costo del sistema varía mucho según el servicio que brinda, sobre todo depende del volumen del agua que se almacena. En la siguiente página se da un ejemplo de costos de los varios elementos del sistema.

Material	Cantidad	Costo
<b>Canales</b>		<b>393 lps (\$22)</b>
Canal de Zinc	6 m	300 lps
Varilla de Hierro $\frac{3}{8}$ "	1 lance	93 lps
<b>Filtro</b>		<b>105 lps (\$6)</b>
Cemento	$\frac{1}{2}$ bolsa	85 lps
Colcha	1 unidad	20 lps
<b>Cisterna Enterrada (5.5 m<sup>3</sup>)</b>		<b>920 lps (\$51)</b>
Cemento	10 bolsas	850 lps
Varilla de Hierro $\frac{1}{4}$ "	6 m	30 lps
Niple HG 2" x 6"	1	40 lps
<b>Bomba (3 m)</b>		<b>261 lps (\$15)</b>
Bomba EMAS-Flexi	1	208 lps (véase el Anexo A)
Tubo PVC 1"	$\frac{1}{2}$ lance	32 lps
Tubo PVC $\frac{1}{2}$ "	$\frac{1}{2}$ lance	21 lps
<b>Tanque Elevado (75 l)</b>		<b>45 lps (\$2.5)</b>
Cemento	$\frac{1}{2}$ bolsa	45 lps
<b>Llaves Domiciliarias</b>		<b>39 lps (\$2)</b>
Llave HG $\frac{1}{2}$ "	1	39 lps
<b>Conexiones</b>		<b>345 lps (\$19)</b>
Manguera Plivoc Multiusos $\frac{3}{4}$ "	2.5 m	205 lps
Poliducto 1"	25 m	100 lps
<b>Tubería</b>		<b>352 lps (\$20)</b>
Tubo PVC 1"	3.5 lances	225 lps
Tubo PVC $\frac{1}{2}$ "	1 lance	41 lps
Codo 90° PVC $\frac{1}{2}$ "	2	9 lps
Codo 90° PVC 1"	7	77 lps

### Impacto Medioambiental

La Captación de Agua de Lluvia tiene muy poco impacto medioambiental porque requiere de pocos materiales y no requiere de energía.

Existe un riesgo de contaminación del agua almacenada si se usan tanques enterrados. Estos se ubicarán en el patio de la vivienda, entonces la letrina puede presentar un peligro. Si el nivel freático es muy alto no se debe construir un tanque enterrado. El tipo de letrina favorable es la letrina abonera, porque transmite muy poca contaminación al suelo. La letrina lavable no es recomendable y la letrina de foso simple debe estar lejos de los tanques y cuesta abajo.

Si se bebe el agua, es recomendable clorarla o darle otro tipo de tratamiento antes de consumirla.

### Capacitación

Los beneficiarios tienen que apreciar la importancia de proteger el agua para que no se contamine. El agua es susceptible a la contaminación por el techo, las canales o mientras almacenaje. Tienen que asistir a capacitaciones sobre el manejo del sistema - botar los primeros minutos de la lluvia, lavar el filtro y mantener bien limpio el tanque.

### Participación Comunitaria

Existe la posibilidad de una alta participación de los beneficiarios en estos sistemas, en la construcción, operación y mantenimiento. Cada beneficiario debe tener la oportunidad de construir su propio sistema con el apoyo de la institución o de un técnico en la comunidad, capacitado por la institución. Es posible formar una microempresa de varios técnicos que pueden

dirigir la construcción en la vecindad. Esto ayudará a los más vulnerables, mujeres solteras o ancianos que no son capaces de realizar sus obras.

### Nivel de Organización Requerido

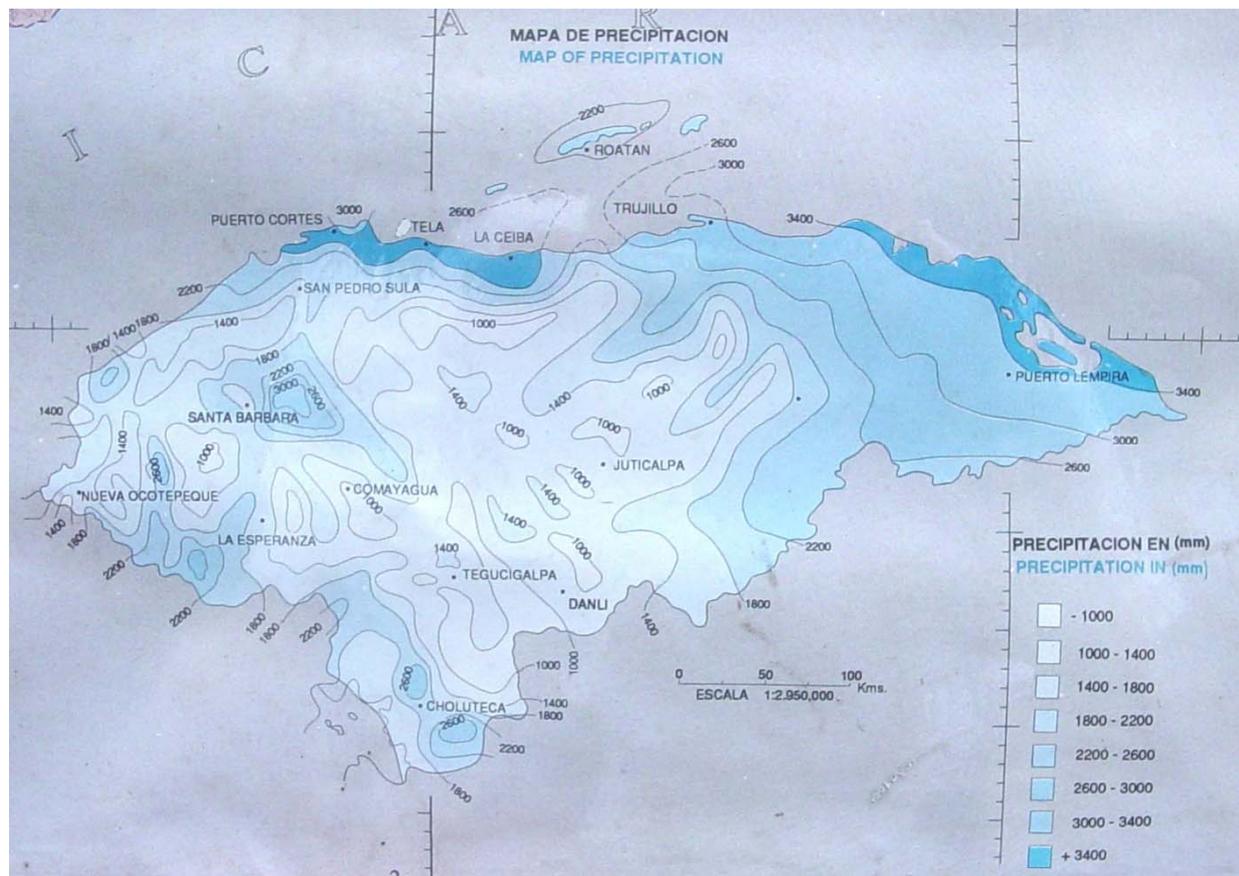
No es tan importante el nivel de organización en la comunidad sino la organización familiar. Cada familia debe adoptar una rutina de limpieza y manejo del sistema. Sin embargo, es valioso tener un comité para vigilar el uso de los sistemas en las casas y dar monitoreo y seguimiento a nivel de la comunidad.

### Apoyo Institucional

El rol principal de la institución es capacitar a los beneficiarios y proporcionar materiales (o dar crédito para su compra). Una vez instalado, los beneficiarios deben ser capaces de mantener y reparar sus sistemas sin apoyo externo.

## 5. b) Implementación en Honduras

El uso en Honduras de este método de abastecimiento de agua en comunidades rurales es extenso. Honduras recibe una gran cantidad de lluvia, estando en una zona trópica. La Dirección de Recursos Hídricos proporciona datos de la precipitación en 80 estaciones del país. El mapa abajo muestra que la mayoría del país recibe por lo menos 1000 mm de lluvia por año.



Precipitación Anual en Honduras

Con esta cantidad de lluvia, aún pequeñas casas son capaces de captar grandes volúmenes de agua. Por ejemplo, con un techo de sólo 40 m<sup>2</sup> que recibe 1 m de lluvia al año, se podría captar casi 8500 galones (o 32 m<sup>3</sup>), a 80% eficiencia. Esto es suficiente para suministrar 3 galones (11.5 litros) de agua por persona por día para una casa de 6 personas. Así que la mayoría de las casas rurales y

también escuelas en Honduras son adecuadas para este tipo de intervención. En la mayoría de los casos hay más lluvia y techos más grandes, pues la dotación sería mucho mayor.

El problema no es tanto la cantidad de lluvia, sino su disponibilidad en el tiempo. En muchas zonas de Honduras, hay por lo menos 5 o 6 meses en que no llueve. Entonces, para abastecer agua durante toda esta temporada, hay que almacenar una gran cantidad de agua y hay que racionarla con cuidado. Por ejemplo, para una sola casa con una dotación de 5 galones (19 litros) por persona por día, se necesitaría un almacenamiento de unos 5000 galones (19 m<sup>3</sup>). Por lo tanto, la Captación de Agua de Lluvia normalmente no es factible como única fuente de agua, pero se puede usar para aumentar la cantidad de agua disponible a una familia.

Extrañamente, la implementación de esta tecnología por proyectos tiene muy poca experiencia en Honduras. Hoy en día, algunas organizaciones están empezando a trabajar en aprovechar de la gran cantidad de lluvia que recibe el país.

El Fondo Hondureño de Inversión Social (FHIS) actualmente está implementando proyectos de captación de lluvia a nivel nacional, algunos juntos con los sistemas de Bombeo a Distancia.

Implementación	Organización
24 proyectos en ejecución en todo el país (2004)	FHIS, Tegucigalpa Ing. Giovanni Ayestas 234 5231 ext: 235 gayestas@fhis.hn
500 viviendas en los departamentos de Choluteca y Valle (2002-4)	Visión Mundial Fermín Maldonado, PDA, Nacaome, Valle Tel: 895 4051 Cel: 895 4051
San Marcos de la Sierra y otras aldeas, San Marcos de la Sierra, Intibucá (2002-3)	CRS (Catholic Relief Service) Ing. Marlon Medina 221 5370
Cruta, Ramón Vía Morales, Gracias a Dios (2001) (tanques comunitarios)	Agua para el Pueblo Arturio Díaz 239 0651
San Marcos & Jutiapa, GUATEMALA (~1996)	UNICEF, FIS
Unile, Somoto, NICARAGUA (~2000)	Empresa Nicaragüense de Acueducto y Alcantarillado (ENACAL)

### 5. c) Evaluación de la Tecnología

Los proyectos más viejos de sistemas domésticos que fueron descubiertos en Honduras eran en San Marcos de la Sierra, Intibucá. El proyecto COHASA III (Cooperación Hondureño-Alemán de Seguridad Alimentaria) instaló algunos sistemas para casas particulares en 2001-2. Sus sistemas captan el agua del techo, pasándola por un filtro de colcha, a tanques enterrados. Cada tanque es de unos 5 m<sup>3</sup>, en la forma de un cántaro, y tiene una bomba EMAS-Flexi.

Después, el Fondo Hondureño de Inversión Social (FHIS) trabajó en la zona, instalando hasta 3 cisternas (de la misma capacidad) por casa y una bomba que se podía pasar por cualquier cisterna. El tanque domiciliario era de 75 litros, conectado a una llave con un lavatrasto.

Actualmente, el SANAA y CARE están ejecutando proyectos en la zona. Existen unos 14 técnicos en las comunidades que fueron capacitados en la construcción de los sistemas, 8 de los cuales



**Cisternas Enterradas de 5 m<sup>3</sup>**

están construyendo sistemas con el SANAA o CARE (a tiempo parcial). Los técnicos trabajan con los beneficiarios y se tardan unos 2 meses en completar el sistema.

En San Marcos de la Sierra, hay aproximadamente 5 meses de lluvia cada año, desde mayo / julio hasta octubre / noviembre. El casco urbano está en una zona con poca agua. Hay varios arroyos pero con caudales muy bajos que suelen secarse en verano. El nivel freático es muy bajo - existen 2 pozos perforados de unos 40 m de profundidad con bombas catrachas.

Se hicieron visitas a San Marcos de la Sierra y también a Valladolid, Lempira donde se realizaron proyectos en 2003. Las 2 zonas reciben más o menos 2 m de lluvia al año. En Valladolid trabajaron el Comité Central Pro Agua y Desarrollo

Integral de Lempira (COCEPRADIL) y Catholic Relief Services (CRS) con fondos del FHIS. También se capacitaron a algunos técnicos en la comunidad sobre la construcción de los sistemas. En ningún caso se formaron grupos comunitarios para monitorear específicamente los sistemas de captación.

Estos proyectos se implementaron hace poco tiempo, así que los beneficiarios no estaban totalmente acostumbrados a sus sistemas, y la mayoría había captado el agua de solamente un invierno. Entonces, todavía los problemas de la tecnología no eran bien identificados.

Muchos de los proyectos en estas dos zonas han sido proyectos pilotos. Desde entonces, el diseño que se usa ha cambiado un poco. El FHIS ahora construyen cisternas cilíndricas con bóvedas de concreto y varilla porque el cántaro era débil y difícil de excavar. Además del lavatrasto, instalan una ducha y un resumidero. CARE está instalando tanques de plástico (Rotoplas) en las excavaciones porque son más higiénicos, pero sube mucho el costo del sistema.

### **Aceptación por los Habitantes**

- Les gusta el diseño del sistema y no tienen quejas sobre él.
- No se quejan del color ni de la calidad del agua, normalmente sale clara. Al inicio de la lluvia, a veces sale sucia (amarrilla) de las tejas, pero ésta se bota. Además el filtro funciona bien.
- No se quejan de tener que racionar el agua, y aún alguna gente opina que tiene agua en abundancia en comparación a su situación anterior, sobre todo en invierno.
- La mayoría de la gente no bebe el agua que capta. Una minoridad la bebe y le gusta, pero otros se quejan del sabor amargo de las tejas. En San Marcos, las instituciones les habían dicho a los beneficiarios que no tomaran el agua.
- La buena voluntad por parte de los beneficiarios se muestra por su motivación en excavar muy duro (hasta 3 semanas por cisterna).
- Les gustaría tener más cisternas.

## Entendimiento y Percepción de los Beneficiarios

- La tecnología se entiende fácilmente.
- No es demasiado trabajo bombear (15-25 mins para llenar los tanques elevados). "A los niños les gusta bombear".
- Por los proyectos, los beneficiarios aprenden y se crea empleo (por los técnicos comunitarios).
- No botan las primeras aguas porque tienen filtros que quitan la suciedad.
- El sistema es fácil de reparar.

## Uso y Mantenimiento por los Beneficiarios

- Usan el agua generalmente para lavar y bañarse y no para beber ni higiene personal. El agua se usa también para riego (hortalizas) y para dar a los animales.



Cisterna Enterrada con Bomba EMAS-Flexi

- Muchos racionaron el agua para que durara todo el verano; otros no lo lograron. Esto depende del número de cisternas, el uso del agua, el número de personas en la casa y las otras fuentes de agua.
- En invierno, no tienen que racionar el uso del agua - hay abundancia por las tormentas.
- Esperan a que las primeras tormentas laven el techo al inicio de invierno. No es factible subir para lavar el techo.
- En general, cuidan bien sus sistemas.
- Lavan el filtro a menudo porque agarra bastante suciedad.
- Dicen que limpian todo el sistema una vez al año (al inicio de la estación lluviosa). Es difícil saber si en realidad limpian bien sus tanques y los sellan. En San Marcos de la Sierra, la gente había tratado el agua en las cisternas con cloro y las habían sellado con cemento. En Valladolid, no habían sellado las cisternas, pero una institución había clorado el agua.

## Percepción de los No Beneficiarios

- Razones por no participar:
  1. Falta de lugar para cisternas.
  2. Carencia de tiempo para la mano de obra.
  3. Carencia de hombres en la casa para realizar la mano de obra, o dinero para pagar a mozos para hacerlo.
  4. No estaban cuando se hizo el proyecto.
- La mayoría quiere un sistema. "Muchos arrepienten de no haberlo hecho."

## Problemas Identificados

- Las bombas se arruinan fácilmente (pero se reparan fácilmente dentro de la comunidad).
- Las bombas no son consistentes - si se construye mal, es difícil bombear.



Fabricando Bombas EMAS-Flexi en San Marcos

- Si la bomba esta mala, existe el riesgo que se saque el agua con balde en vez de reparar la bomba.
- Las cisternas están expuestas al sol y por eso se pueden rajarse. También pueden rajarse por el suelo si el suelo se mueve, o si hay agua que intenta entrar la cisterna del suelo (en invierno) o, por lo contrario, salir de ella (en verano). En San Marcos de la Sierra, muchas cisternas se habían rajado debido a la mala construcción y los tubos de HG que tiene cada cisterna (donde se coloca la bomba) se habían suelto y caído abajo.
- Si el suelo es duro es difícil excavar, sobre todo si hay rocas. Presenta el peligro de no poder construir la cisterna con el volumen requerido.
- Sellar la tapadera de la cisterna con barro no funciona.
- En zonas urbanas, es común que el beneficiario no tenga lugar para excavar cisternas.

### Aspectos Positivos

- En general, el color y sabor del agua después de pasar por el filtro y haberse almacenado quedan buenos, aún con tejas en el techo.
- Al capacitar a técnicos en las comunidades, se pueden reparar las bombas fácilmente y rápidamente.
- Aún si no hay lluvia (en verano), los beneficiarios pueden usar los tanques para almacenar el agua de otra fuente (sobre todo del acueducto en zonas urbanas para guardar el agua que viene racionada).

### Observaciones Generales

- En las comunidades visitadas, no era necesario captar el agua de todo el techo. Un canal de 4-5 m que captaba agua de ~20 m<sup>3</sup> era suficiente para llenar las cisternas fácilmente. Según los beneficiarios, con 3-4 tormentas normales o sólo una tormenta muy fuerte se podía llenar una cisterna.
- Las instituciones no consideraron el conocimiento de la gente en los proyectos - había albañiles en las comunidades que no estaban de acuerdo con la manera de construcción. En San Marcos de la Sierra había muchos problemas con la calidad de las obras.
- Hay menos participación en los proyectos por la gente más rica (sobre todo en zonas urbanas) porque pagan a mozos para hacer las obras. En Valladolid pagaron 400-1000 lps (\$22-55) por cisterna.

## 5. d) Experiencia Mundial

La Captación de Agua de Lluvia se usa en todo el mundo. Su éxito como proyecto de desarrollo en países pobres depende de las necesidades de los beneficiarios. Se debe considerar el contexto de la situación de agua en cada comunidad para ver si el proyecto será aceptable y factible.



- Identificar una región del país donde implementar proyectos - que tenga escasez de fuentes de agua pero bastante precipitación.
- Identificar gente local experimentada en la construcción (albañiles). Capacitar a la gente y crear microempresas para la construcción de los sistemas. Trabajar con por lo menos 2 o 3 personas en cada comunidad beneficiaria, capacitando la construcción completa y mantenimiento del sistema considerando las opiniones de los albañiles.
- Gestionar y supervisar la implementación de sistemas en las casas particulares de la gente que quiere participar en la construcción de su sistema.
- Ser flexible en el diseño - ofrecer la oportunidad de construir 1 o 2 cisternas al inicio y agregar más después, si el beneficiario quiere.
- Formar y capacitar a una Junta Administradora de Agua (JAA) para monitorear el uso y mantenimiento de los sistemas después de la construcción.

## Diseño

En cuanto al diseño del sistema, se debe considerar las opiniones de los beneficiarios para llenar sus requisitos - el diseño debe ser flexible. A continuación, se presentan algunas sugerencias:

- Colocación del canal lejos de la cocina para evitar contaminación de las tejas ennegrecidas.
- Capacidad del tanque domiciliario debe ser más grande.
- Tubería de salida del filtro más grande para evitar rebosaduras en tormentas fuertes. Habrá que experimentar con la colcha del filtro para ver qué es el caudal máximo que puede pasar.
- Tubo de rebose del tanque elevado, sobre todo si está dentro de la casa para que no moje la casa.
- Una manera para sujetar el tubo de salida de HG de la cisterna para que no se caiga (p.ej. con alambre).
- Tapones para las salidas de las cisternas que cubran todo el tubo de HG (para que no se corra).
- Si factible (suelo, nivel freático), la construcción de cisternas más grandes (p.ej. 2 grandes en vez de 3 pequeñas), lo que resultará en el uso más eficiente de materiales y mano de obra. También se puede construir un brocal hasta unos 40 cm con poco costo (sin varilla) para agrandar el volumen de la cisterna, lo que será más higiénico (para que entren menos insectos).
- Si el beneficiario quiere, la construcción de tanques a nivel con ladrillos y cemento, con tal que el beneficiario aporte los ladrillos.
- Investigar un buen método de sellar la cisterna - barro no funciona, y el cemento es caro y difícil de quitar. Posiblemente se puede usar goma, plastilina o nylon.
- Arandela de goma en la bomba para que no se hagan choques cuando se bombea.
- Mangueras flexibles de hule, no de plástico duro porque se rompen fácilmente.

## Construcción

La construcción del sistema también puede ser flexible. El conocimiento de la comunidad se debe considerar - a menudo existen albañiles experimentadas que ya saben construir los elementos del sistema. Se sugiere:

- Construir las cisternas en invierno para ayudar con curar el concreto y evitar que se rajen.
- Pulir el concreto, y curarlo a través del mojado 3 veces al día por 1 semana después de la construcción.
- Usar unas 10 bolsas de cemento por cisterna (con 1" de repello) y tela gallita.
- Considerar el uso de piedras para bordear las cisternas y reforzar las paredes si están disponibles.

## Capacitación

- Clorar el agua en los tanques al final del invierno y sellarlos. Si factible, clorar a intervalos mientras que se llenan. Si se usa cemento para sellar, sería útil que la gente pague una cuota para que la JAA compre el cemento para todos y gestione su distribución y aplicación.

- No se debe beber el agua sin tratarla antes, debido al riesgo de su contaminación del techo (p.ej. heces de aves), del suelo (por la letrina), o de otras suciedades que pueden entrar en la cisterna.
- Si no existen otras fuentes mejores para beber, la gente debe sacudir el agua antes de beberla para mejorar el sabor.
- Revisar el filtro después cada tormenta y lavarlo si necesario para evitar contaminación.
- Monitorear el nivel de las cisternas (con la bomba) y no dejar que rebosen.
- Si posible, cubrir las cisternas con nylon para protegerlas del sol.
- No sacar el agua con el balde sino reparar la bomba.

### **5. i) Requisitos de la Comunidad**

- No tener otras fuentes de agua adecuadas para abastecer de agua.
- Tener por lo menos 800 mm de precipitación al año (casi todo Honduras).
- Tener patios de las casas suficiente grandes para las cisternas (~ 14 m<sup>2</sup>).
- Disponer de un suelo firme sin rocas grandes.
- Tener nivel freático a más que 4 m.
- No tener letrina lavable cuesta arriba de la ubicación de las cisternas.
- Ser organizada, si no a nivel comunitario, a nivel familiar (manejo del agua y limpieza).
- Disponer de gente apta para ser capacitada en la construcción de los sistemas.

## 6. Bombeo Manual a Distancia

### 6. a) Descripción

El Bombeo Manual a Distancia es un sistema de agua que brinda el acceso al agua en la casa por medio de bombas manuales del tipo EMAS-Flexi. Utilizando estas bombas, se puede bombear el agua hasta 30 m de altura y 800 m de largo para que llegue a las viviendas de la comunidad.

Esta idea de suministrar agua en la casa fue elaborada por la Escuela Móvil Aguas y Saneamiento Básico (EMAS) que nació en Bolivia.

#### Diseño

Se instala una red de distribución del pozo a pequeñas tanques elevados en cada casa. Las válvulas de la red permiten dirigir el agua a una sola casa, así que cada beneficiario regula las válvulas y bombea su agua a su casa. De los tanques elevados, el agua llega por gravedad a llaves domiciliarias.



Bombeo Manual a Distancia

El bombeo es facilitado por un estabilizador que consiste en una botella de plástico. El espacio vacío que deja la botella allana la presión del agua y permite bombear el agua a distancias que de otra manera serían muy difíciles de lograr.



Tanque Elevado y Baño

La red de distribución no debe ser demasiado grande para que no sea demasiado trabajo en bombear para las casas más lejanas, y para que todos tengan el tiempo necesario para bombear su agua. Las redes con muchas casas requerirían horarios para asignar un periodo para cada casa - por ejemplo, una red de 12 casas puede brindar 1 hora por casa de las 6 de la mañana hasta las 6 de la tarde.

#### Operación y Mantenimiento

Cada beneficiario ajusta las válvulas necesarias y bombea a mano el agua a su casa. Solo un beneficiario por red de distribución puede bombear a la vez. Con la bomba EMAS-Flexi, es fácil bombear y aún niños lo pueden hacer. Sin embargo, cuanto más lejos de la fuente, más difícil es bombear.

Como en los demás sistemas de agua con acueductos, hay que dar un buen mantenimiento a la red de distribución - las válvulas, tubería y conexiones, más la botella de plástico que se debe reemplazar periódicamente. Además, hay que mantener el área alrededor del pozo limpia y mantener el resumidero.

Se debe limpiar la bomba y reemplazar su válvula de salida y su empaque cuando necesario. Para hacer el último, hay que sacar la bomba entera (toda la tubería hasta abajo).

La vida útil de la bomba EMAS-Flexi bajo uso familiar es 3 a 6 años. Para una bomba comunitaria, es probable que sea significativamente más corta, dependiendo del número de usuarios.

En la casa, hay que limpiar el tanque domiciliario y cuidar la tubería y las llaves.

### Nivel de Servicio

Origen del Agua	Agua subterránea hasta 30 m de profundidad o agua superficial de microcaptaciones.
Cantidad de Agua	Depende de la voluntad de la gente en bombear. Para un tanque domiciliario de 75 litros, a 50 m de la fuente, puede durar 15-20 minutos en llenarse (200 bombazos).
Acceso al Agua	Agua cerca de la casa o dentro de la casa.

### Construcción y Costos

Material	Cantidad	Costo
<b>Pozo</b>		<b>645 lps (\$36)</b>
Bomba EMAS-Flexi	1	208 lps (véase el Anexo A)
Tubo PVC 2"	$\frac{1}{2}$ lance	94 lps
Tubo PVC 1"	$\frac{1}{2}$ lance	32 lps
Tubo PVC $\frac{1}{2}$ "	$\frac{1}{2}$ lance	21 lps
Neumático	1	?
Cemento	1 bolsa	85 lps
Manguera flexible y gruesa	2 yardas	205 lps
<b>Estabilizador</b>		<b>89 lps (\$5)</b>
Botella de Coca-Cola	1	-
Tapón Hembra PVC 2"	2"	16 lps
Reductor PVC 2" - $\frac{1}{2}$ "	1	23 lps
Tee PVC $\frac{1}{2}$ "	1	5 lps
Abrazadera de presión (brida) 1"	1	5 lps
Válvula de paso libre $\frac{1}{2}$ " (estilo media vuelta)	1	40 lps
<b>Red de Distribución</b>		
Tubo PVC (o manguera)		
Válvulas de paso libre $\frac{1}{2}$ " (estilo media vuelta)		
Otros accesorios		
<b>Caja de Protección</b>		<b>45 lps (\$2.5)</b>
Cemento	$\frac{1}{2}$ bolsa	45 lps
<b>Tanque Domiciliario</b>		<b>45 lps (\$2.5)</b>
Cemento	$\frac{1}{2}$ bolsa	45 lps
<b>Red Domiciliaria</b>		
Tubo PVC (o manguera)		
Tubo HG		
Válvula de paso libre $\frac{1}{2}$ " (estilo media vuelta)		
Llave HG $\frac{1}{2}$ "		
Otros accesorios		

Si no existen pozos excavados o perforados en la comunidad y el suelo no tiene demasiadas rocas, se puede perforar pozos a mano y instalar las bombas EMAS-Flexi. El equipo de perforación consiste en una torre, tubos de HG, una broca y una bomba de lodo (véase el Anexo B) y cuesta aproximadamente 10 000 lps (\$550).

Obras adicionales que no se listan arriba incluyen: rehabilitaciones de pozos; drenaje; resumideros; plataforma para el tanque elevado (si no se puede colocarlo en las vigas de la casa); un lavatrasto; una ducha; etc.

## **Impacto Medioambiental**

Este sistema no requiere de combustible en su operación y está todo hecho de materiales que se compran localmente.

## **Capacitación**

Se requiere de una capacitación mínima. La tecnología es muy fácil de entender y su manejo es sencillo. Igual con un acueducto por gravedad, hay que enseñarle a la comunidad el mantenimiento requerido de la red de distribución, más el mantenimiento de las bombas.

## **Participación Comunitaria**

Con esta tecnología, se presenta mucha oportunidad de la participación de los beneficiarios. Es posible que la comunidad construya todo el sistema si misma (a ser capacitada y bajo la supervisión de la institución).

## **Nivel de Organización Requerido**

Es importante que la comunidad sea organizada para colaborar con el proyecto, pero no es esencial que exista un grupo bien organizado a nivel de la comunidad entera. En caso que no exista, es posible trabajar con pequeños grupos para cada red. Los grupos deben cobrar una tarifa mensual para los costos de mantenimiento del sistema. También, si se considera necesario, se debe organizar un horario para que cada beneficiario tenga su tiempo para bombear su agua.

## **Apoyo Institucional**

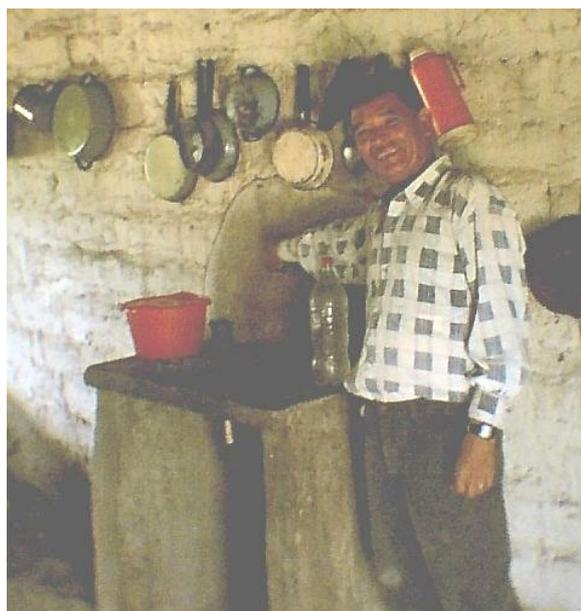
El rol principal de la institución debe ser de capacitar a los beneficiarios y supervisar la construcción del proyecto. Como la tecnología es tan básica, en teoría no se debe necesitar apoyo institucional para mantener el sistema.

## **6. b) Implementación en Honduras**

El Fondo Hondureño de Inversión Social (FHIS) actualmente está implementando proyectos de este tipo como solución en comunidades rurales y dispersas. Su metodología es capacitar a gente local para construir el sistema en su comunidad y así dar sostenibilidad al sistema y crear la posibilidad de empleo en otros proyectos para la gente capacitada.

Su programa, Programa de Solución de Calidad de Agua del Sector Rural Disperso (PROCARD), empezó en 2003 y cubre todo Honduras. Se implementan las 2 tecnologías de Bombeo a Distancia y Captación de Agua de Lluvia, según las necesidades y decisiones de las comunidades. Su diseño de Bombeo a Distancia comprende en una ducha, un lavatrasto y un resumidero por casa, más una letrina abonera. Se construye un baño de palos de madera sobre el cual se puede colocar el tanque elevado, de 75 litros, si no cabe en las vigas de la casa.

El FHIS publica que el costo promedio de inversión de los proyectos de Bombeo Manual a Distancia es aproximadamente \$200, no incluyendo la mano de obra y los materiales locales que aportan los beneficiarios.



**Lavatrasto**

## 6. c) Evaluación de la Tecnología

Debido a la poca experiencia de esta tecnología en Honduras, es difícil hacer una evaluación completa. Se hicieron visitas a 2 comunidades que cuentan con sistemas: Granadilla (en Morocelí, El Paraíso) y El Rosario (en el municipio de Comayagua). Eran proyectos pilotos y recién hechos, los primeros en el país.

En Granadilla, se hizo el proyecto a principios de 2003 y consiste en unos 10 pequeños sistemas conectados a 3-12 casas cada uno. En El Rosario, el proyecto se realizó en agosto 2003 y consiste en 3 sistemas de 6 - 14 casas cada uno. En las dos comunidades, se capacitó a gente de la comunidad (y, en Granadilla, gente de otras zonas del país) en construcción y mantenimiento del sistema.

### Aceptación por los Habitantes

- Normalmente, bombear es fácil y mucho más plausible que jalar agua a la casa - aún los niños pueden bombear. Sin embargo, si el sistema se encuentra en mal estado (la bomba es demasiada dura), la gente puede optar por llenar sus trastes al pozo y jalar el agua en vez de bombear a la casa.
- La bomba no afecta el sabor del agua como las bombas anteriores (Catrachas) que corroían y contaminaban el agua.
- El agua llega a la casa sin contaminarse.
- El sistema es muy flexible - se puede colocar una manguera a la llave en la casa y bombear agua a cualquier lugar (llenar trastes o la pila, regar las plantas, etc.)
- Debido al trabajo en bombear el agua, prefieren ir a lavar ropa en un río o quebrada, aunque esté muy lejos (1 hora caminando en el caso de El Rosario), que bombear el agua y lavar en su casa. Algunos también hacen lo mismo para bañarse.
- Preferirían bombear por más tiempo menos enseguida. Suelen llenar trastes además que el tanque domiciliar para almacenar más agua.

### Entendimiento y Percepción de los Beneficiarios

- Porque los mismos beneficiarios participan en la construcción de todo el sistema, no tienen problemas en entender su funcionamiento.
- En Granadilla, el proyecto era más un 'estudio' que una instalación permanente. Se hizo el proyecto en muy poco tiempo (15 días) y de mala calidad.

### Uso y Mantenimiento por los Beneficiarios

- El tiempo que se tarda en llenar el tanque domiciliar puede variar mucho (entre 10 minutos y 2 horas en El Rosario), según la ubicación de la casa y el estado de la bomba.
- Para llenar el tanque domiciliar hacen falta 2 personas - una para bombear y otra para avisar cuando está lleno el tanque, o para manejar los otros recipientes que se llenan también.
- La responsabilidad de agarrar el agua en la casa tiene una tendencia de pasar de la mujer al hombre. En algunas casas es el hombre que normalmente bombea el agua y en otras, cualquier persona de la casa (incluyendo los niños) bombea, no solamente la mujer.

### Problemas Identificados

- Las bombas son inconsistentes - dependiendo de la fabricación de la bomba y sobre todo el empaque, el bombeo puede ser bastante fácil o difícil y duro.
- Las bombas son pocas robustas pero normalmente es fácil (y barato) reparar las bombas porque existe gente capacitada en la comunidad. Sin embargo, los tubos de PVC se despegan fácilmente de los tubos de HG, y se caen en el pozo. Si es un pozo perforado, no se pueden recuperar los tubos pues hay que comprar nuevos. Esto había pasado varias veces en muchos pozos.

- Cuando uno está bombeando, otra persona puede cambiar las válvulas para que llegue el agua a su casa.
- Los anillos de aluminio que unen la manguera y la bomba o la tubería se arruinan fácilmente.
- Si no se cambian las botellas de Coca-Cola, se pueden poner verde de materia orgánica, la que puede contaminar el agua que se bombea.
- Existe el riesgo de perder la hora en que uno puede bombear.
- La gente parece poca dispuesta a pagar una cuota para el sistema.
- En las comunidades visitadas, había problemas con la calidad de los materiales: válvulas de mala calidad (muchas arruinadas ya); mangueras para la red de distribución de corta vida útil; y estructuras de palos para sujetar los tanques domiciliarios muy inestables y perecederas.

### **Observaciones Generales**

- Para sistemas pequeños con pocas casas, no es necesario un horario de bombeo.
- Las comunidades son capaces técnicamente de mantener y reparar los sistemas en todo aspecto, pero tienen que organizarse bien.
- La gente no clora el agua en sus tanques.

### **6. d) Experiencia Mundial**

Las tecnologías de EMAS se están difundiendo actualmente en muchos países de América Latina y África. El Bombeo Manual a Distancia ya tiene experiencia en Nicaragua en la zona de las Segovias, desde 2000. El Proyecto de Capitalización de los Pequeños Productores del Trópico Seco (TROPISSEC) cuenta con más de 100 productores que se encargan de promover esta tecnología en el territorio segoviano y en otras zonas de Nicaragua. Se hace como parte de la Escuela Móvil de Agua en el Área Rural (EMAR) y ha tenido buenos resultados en zonas secas como San Nicolás, municipio de Estelí.

### **6. e) Contactos y Fuentes de Información**

#### **Wolfgang Buchner**

Director de Proyectos, Escuela Móvil Aguas y Saneamiento Básico (EMAS).

emas@entelnet.bo

www.emas-international.de

*Diseñador del sistema de Bombeo Manual a Distancia.*

#### **Ing. Gustavo Irías**

Fondo Hondureño de Inversión Social

gurias@fhis.hn

Tel: 234 5231-6

#### **Lito Euseda**

Obras Públicas, Alcaldía de Comayagua

Tel: 772 0258 / 1590

#### **Norman Sagastume**

PASOLAC (Programa para la Agricultura Sostenible en Laderas de América Central)  
*Construcción de la bomba EMAS.*

Tel: 239 3501

nsagastume@cablecolor.hn

pasolca@sduhon.org.hn

www.pasolac.org.ni

#### **Módulos de Capacitación Dirigido a Maestros Perforistas y Obreros en Saneamiento Básico.**

Wolfgang Buchner. 1998. 3ª Edición. Escuela Móvil Aguas y Saneamiento Básico.

#### **Soluciones innovadoras para el suministro de agua en comunidades rurales dispersas de Honduras**

Kenneth Rivera y Dennis Funes. Programa de Agua y Saneamiento, Región América Latina. 2003.



## **Diseño**

- Válvulas domiciliarias con candado para que se pueda cortar la conexión de agua a los que no pagan la tarifa.
- Tanques domiciliarios más grandes de 75 litros para que los beneficiarios no tengan que bombear tan enseguida.
- Colocar el tanque en un lugar accesible para poder echarle cloro y lavarlo. Es mejor ponerlo dentro de la casa si es posible, protegido del sol así que estará menos propenso a rajarse y el agua quedará más fresca. Sin embargo, si se coloca dentro de la casa, se necesita un rebose que llegue afuera de la casa para no mojar la casa.
- Arandela de goma en la bomba para que no se hagan choques cuando se bombea.
- Fijar, de manera permanente, la manguera de la bomba a la red de distribución para que no se pueda desconectarla fácilmente. Así, si el sistema no funciona y el beneficiario quiere llenar un balde al pozo, no se presenta el riesgo de contaminar el acuífero por la manguera (véase el documento de EMAS, "Módulos de Capacitación dirigido a Maestros Perforistas y Obreros en Saneamiento Básico", p25). El brocal del pozo debe permitir la ubicación de un balde u otro recipiente por debajo de la salida de la bomba.
- Cuando se decide el tamaño de un sistema, hay que tener en cuenta la distancia de cada casa de la bomba y entonces el número de casas que se pueden alimentar. Si las casas están muy lejos, durará mucho tiempo en bombear y llenar los tanques domiciliarios cada día.
- El diseño de los elementos del sistema debe ser flexible según lo que quiere el beneficiario (p.ej. si quiere un lavatrasto grande y está disponible a construirlo así, se le podría apoyar).

## **Construcción**

- Válvulas robustas, de calidad, pero siempre con palanca para que se vea fácilmente si está cerrada o abierta. Son necesarias porque se usan mucho, cada día y por varias personas.
- Si no se puede colocar el tanque dentro de la casa, se debe construir una estructura fuerte y estable, preferiblemente de ladrillo o piedra y cemento, afuera de la casa, que se puede usar como baño.

## **Capacitación**

- El tratamiento del agua a nivel domiciliar.
- El correcto uso y mantenimiento de las válvulas.
- La necesidad de organizarse y pagar una cuota mensual.

## **Más Estudio**

- La dificultad en bombear y tiempo en llenar cierto recipiente con una bomba en buen estado y distancias variables entre la bomba y el recipiente.
- La dificultad en bombear según el diámetro de la tubería de la red de distribución.
- Investigar un método para poder saber que el tanque se ha llenado cuando uno está bombeando.

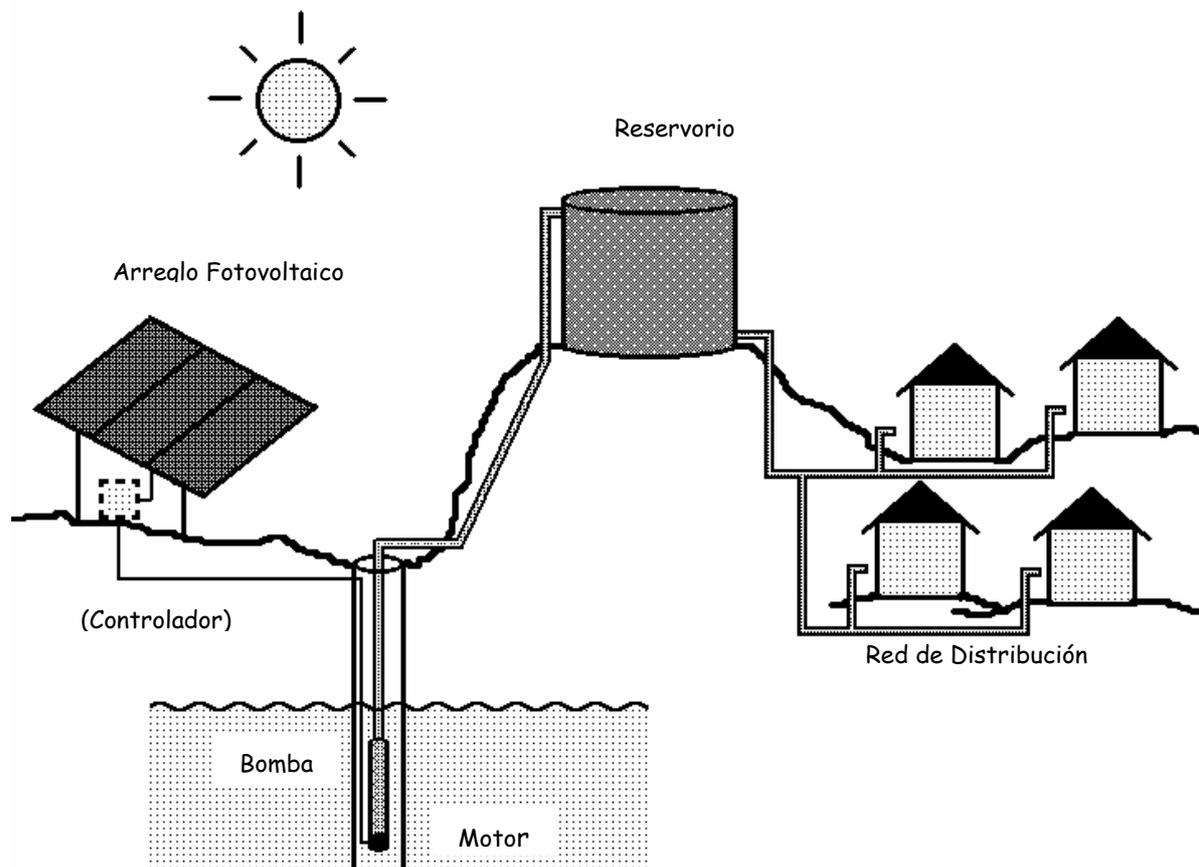
## **6. i) Requisitos de la Comunidad**

- No disponer de una fuente adecuada para un acueducto por gravedad.
- Tener las casas reducidas para poder agruparlas en pequeñas redes.
- O tener suficientes pozos (uno por red con no más de 800 m entre el pozo y la última casa) o tener el suelo blando para poder perforar a mano.
- Tener el nivel freático menos que 25 m y con agua subterránea de buena calidad.
- No tener electricidad y tener poca posibilidad de que llegue.
- Estar dispuesta y capaz de pagar una cuota mínima de 5-10 lps al mes por el servicio.
- Poder organizar grupos administrativos para los sistemas y decidir cómo recaudar la tarifa, repartir fondos para reparaciones entre los sistemas y pagar los fontaneros.

## 7. Bombeo por Energía Solar

### 7. a) Descripción

La energía solar brinda otra solución para el abastecimiento de agua en la casa para una comunidad que no tenga electricidad. Si la insolación en la zona es suficiente, paneles fotovoltaicos pueden generar la electricidad requerida para alimentar una bomba, sin la necesidad de combustible.



Un sistema típico de Bombeo por Energía Solar

### Diseño

Normalmente se diseñan los sistemas de Bombeo por Energía Solar para un periodo de 10 a 20 años, para que sea económicamente rentable. Los componentes principales de un sistema de Bombeo por Energía Solar son:

- Arreglo Fotovoltaico
- Pozo (o otra fuente de agua)
- Bomba (y motor)
- Reservorio
- Sistema de Distribución

El reservorio sirve para poder abastecer de agua cuando no hay sol. Debe tener la capacidad de almacenar el agua que se requiere para varios días, normalmente entre 2 y 5 días. En vez del reservorio, se puede usar una batería para bombear cuando la planta solar no está operando, pero generalmente un reservorio es más seguro y mucho más económico.

Un controlador es opcional y se usa para aumentar el rendimiento del sistema en un 10 a 15%. Es un dispositivo electrónico que hace que la planta solar siempre opere a su eficiencia máxima. Debe



**Paneles Solares y Controlador**

incluir un inversor si el motor de la bomba es de corriente alterna (CA) en vez de corriente continua (CC) (que es la que producen los paneles fotovoltaicos).

El poder que se requiere para bombear el agua que afecta el tamaño del sistema, depende de:

- El caudal requerido
- La profundidad del agua (que variará)
- La altura del reservorio
- Las pérdidas de fricción en la tubería

La eficiencia del sistema es baja (40-50 %) debido a las pérdidas de energía que se producen en las diferentes etapas desde los rayos del sol hasta la salida del agua (Short et al, 2002b). Los componentes deben ser compatibles para asegurar la máxima eficacia. Escoger los componentes que se instalan consiste en equilibrar el costo, el servicio, la eficacia y la fiabilidad.

Las bombas de alta tecnología no son recomendables porque el costo de repuestos puede ser tan alto que la reparación se abandona.

La seguridad es un asunto importante para sistemas solares porque los paneles solares son valiosos y son vulnerables al hurto. Es común establecer sitios de bombeo con cercos de seguridad, pero normalmente esto no es suficiente. Otras opciones son:

- Ubicación de los paneles en el patio de un beneficiario
- Cerco eléctrico
- Sistema de alarma
- Uso de paneles modernos robustos y difíciles de robar
- Sistema de vigilancia por los beneficiarios

### **Operación y Mantenimiento**

El sistema funciona automáticamente dependiendo del sol. Un fallo de panel es muy raro y éstos pueden tener una vida útil de 25 años o más. Por el contrario las bombas son muchas menos fiables y sus garantías normalmente son de solamente 1 o 2 años. Sin embargo, la mayoría de los fallos de bomba son debidos a obstrucciones en vez de a defectos de la bomba entonces se requiere de mantenimiento básico para evitar la acumulación de sedimento.

Las bombas de desplazamiento positivo (o volumétricas) requieren del cambio de su diafragma cada 2-3 años y sus empaques cada 3-5 años dependiendo de su uso. Para los motores que tienen

escobillas, hay que reemplazarlas después de unos años y es sencillo hacerlo. Los motores sin escobillas no requieren mantenimiento y duran 10-20 años.

El arreglo solar puede tener una garantía de hasta 25 años y el controlador de 3 a 5 años.

Otro mantenimiento incluye lo que se debe hacer para todo acueducto: limpieza del reservorio; limpieza de las pilas privadas; vacío del aire en la tubería; etc.

### **Nivel de Servicio**

Origen del Agua	Normalmente agua subterránea, pues de buena calidad..
Cantidad de Agua	Limitada por la insolación.
Acceso al Agua	Agua en la casa.

### **Construcción y Costos**

Los precios de los varios elementos de un sistema de Bombeo por Energía Solar varían mucho según la calidad y funcionamiento. El costo típico de un sistema en Honduras es de \$40 000. La instalación del equipo solar requiere de un técnico especialista. La construcción del acueducto es igual que un sistema convencional.

El costo de inversión inicial es alto, pero a través de su vida útil el sistema puede ser muy económico. Normalmente hay muy pocos gastos de mantenimiento, pero un fondo es imprescindible para pagar los costos de reparaciones y repuestos del equipo en caso éste falle cuando la garantía haya caducado.

### **Impacto Medioambiental**

El uso de la energía solar no hace daño al medioambiente y es beneficioso de cara a los cambios climáticos.

### **Capacitación**

La comunidad necesita capacitación sobre el mantenimiento básico del equipo y qué hacer en caso de avería.

### **Participación Comunitaria**

Para los proyectos de bombeo solar es muy ardua la tarea del desarrollo comunitario - sobre todo al escoger comunidades y desarrollar métodos para recaudar tarifas. La tradición, personal, requerimientos y habilidades locales se deben tener en cuenta para que los habitantes se puedan involucrar en la planificación y construcción del sistema, con la ayuda del apoyo profesional externo.

La comunidad puede participar por vigilar el equipo en vez de usar una solución técnica para la seguridad del equipo.

### **Nivel de Organización Requerido**

Se necesita un comité local de gestión para decidir cómo repartir el agua, para manejar las finanzas y para llevar a cabo un mantenimiento rutinario. Desarrollar un mecanismo apropiado para la recaudación de una tarifa es muy importante.

### **Apoyo Institucional**

La tecnología solar consiste en sistemas electrónicos avanzados y complicados que no se pueden mantener por la comunidad. La involucración del negocio privado local es necesaria para estos sistemas para dar apoyo post-venta y post-instalación.

## 7. b) Implementación en Honduras

En Honduras este método de abastecimiento de agua se ha implementado pocas veces a pesar de que su clima, sobre todo en el sur, hace muy factible la tecnología.

La tabla abajo da detalles de algunos proyectos que se implementaron en Honduras.

Implementación	Organización
4 proyectos en Choluteca, (2000-4)	Acción contra el Hambre, Choluteca Tel: 882 5021 / 4998 achchol@hondutel.hn
Portillo el Higo, Morocopay, Valle (1999)	Paz y Desarrollo, FUN PROTECA / NICA
La Garza, Orocuína, Choluteca	Ayuda en Acción
Las Flores, Francisco Morazán (1983-4)	Agua para el Pueblo, Catholic Relief Services
5 comunidades, Roatán, Islas de la Bahía (1986)	VITA (Volunteers in Technical Assistance), APRODIB (Asociación Pro Desarrollo de las Islas de la Bahía), Sandia National Laboratories (EE.UU.)

## 7. c) Evaluación de la Tecnología

En 2003 se hizo un estudio de la viabilidad de 3 proyectos ejecutados por Acción contra el Hambre en Choluteca: El Fortín (El Triunfo), El Naranjal (El Corpus) y Los Achiotes (Morolica).

### Aceptación por los Habitantes

- Existe una falta de apropiación y cuidado de los sistemas de agua cuando no llenan los requerimientos de agua de los habitantes. La dependencia del sol tiene que ver con este problema - si el reservorio no es suficiente grande, habrá escasez de agua. "Cuando no hay sol, no hay agua."
- Si existen otras fuentes de agua en la comunidad, pueden optar por usar estos y no pagar la alta tarifa para un servicio imperfecto.

### Entendimiento y Percepción de los Beneficiarios

- Conciben bien que el sistema funciona por el sol pero no pueden entender los detalles del funcionamiento del equipo.
- Perciben el gran valor del equipo y, a pesar de perder un día entera cada 2 o 3 semanas para vigilar el sistema (o pagarle a alguien más), los beneficiarios no se quejan.
- La gente está dispuesta a pagar siempre que esté feliz con el servicio que recibe.

### Uso y Mantenimiento por los Beneficiarios

- Debido a la dependencia del suministro del agua a la insolación, es normal que la comunidad termine acumulando agua y racionándola. Esto se hace esperando hasta que el reservorio se llene y luego distribuyendo el agua a los sectores varios de las comunidades por tiempo limitado. Por lo tanto, cada beneficiario tiene que racionar su agua con cuidado porque si no hay mucho sol, pueden pasar varios días antes de que el agua se distribuya de nuevo.
- El único mantenimiento que se le da al equipo solar es la limpieza de los paneles por el Fontanero.
- El pago de la tarifa es problemático cuando es alta y el sistema no da el servicio esperado. El incumplimiento de la Junta Administradora de Agua de cortar las conexiones a los morosos amplía el problema.
- El sistema de vigilancia por los propios beneficiarios rebaja el riesgo del hurto o vandalismo del equipo grandemente.

## **Percepción de los No Beneficiarios**

- La falta de dinero para pagar la tarifa o conectarse al sistema es la razón principal de los que no cuentan con servicio.
- Sin embargo, si el servicio es inferior y existen otras fuentes de agua, no quieren ser beneficiarios.

## **Problemas Identificados**

- Los fallos técnicos del equipo solar necesitan especialistas para su arreglo que pueden ser difíciles de conseguir. La carencia de contactos fijos para solicitar la ayuda técnica resulta en periodos largos de retraso en el arreglo de los sistemas después de averiarse.
- La consecuencia de la insuficiencia de capacidad del sistema es una distribución de agua muy desigual - la cantidad de agua que recibe cada beneficiario depende del tiempo que se abre la válvula a su sector, la presión del agua a su llave domiciliaria y su capacidad de almacenar el agua.
- La falta de pago y contabilidad de los fondos recaudados arriesga gravemente la sostenibilidad del proyecto. En una comunidad mal organizada sin reuniones para discutir las finanzas, el Tesorero de la JAA tiene la oportunidad de manipular el dinero.
- Los ancianos y las madres solteras son excluidos de los proyectos debido a su incapacidad de pagar la tarifa mensual o contribuir a la construcción del sistema.

## **Observaciones Generales**

- Los 3 sistemas estudiados tenían debilidades de diseño ya que las necesidades de los habitantes no se satisfacían. Mucha gente esperaba más agua de forma continua pero los sistemas no eran capaces de brindar ese servicio. Además, 2 de los sistemas tenían muchos problemas con su equipo desde poco tiempo después de la terminación del proyecto.

## **7. d) Experiencia Mundial**

Los sistemas de Bombeo por Energía Solar tienen muchos años y han sido implementados en muchos países del mundo, pero el desarrollo de esta tecnología ha sido lento. En 1978, el Banco Mundial propuso una meta de 10 millones de instalaciones de Bombeo por Energía Solar para el año 2000. Sin embargo, existen pocos y se calculó que se vendieron solamente 60 000 equipos entre 1978 y 1998.

Se han hecho pocas evaluaciones de los sistemas de Bombeo por Energía Solar, pero ya existen algunas pruebas sobre la tecnología.

Un estudio en Tailandia afirmó la necesidad de un grupo comunitario para manejar el sistema; de casi 500 unidades estudiadas 45% habían fallado y solo 10% tenían grupos comunitarios para vigilar el sistema. 32% de las averías fueron debidas a los fallos de los motores de la bomba y el 19% a los fallos del controlador. No obstante, los fallos de los motores resultaron debidos a la carencia de mantenimiento básico que podrían solucionar los beneficiarios. Los fallos de los controladores, por otro lado, fueron causados por choques de relámpago, protección inadecuada de la humedad y la aumento de la temperatura. Tres otros estudios también descubrieron fallos de controlador de un 20% lo que rende el inversor el componente del sistema menos confiable.

En Mauritania, había proyectos que tenían un contrato de mantenimiento de 5 años con una empresa privada que incluía una garantía completa del equipo solar incluyendo las reparaciones y una visita anual al sistema por US \$260-900 al año. A través de 4 años, no hubo ningún fallo de panel de los 63 sistemas que se estudiaron, pero había un promedio de 1 fallo de bomba por año.



programa con estrategias locales o nacionales y con otras organizaciones de agua o energía solar. La promoción del sector privado es un elemento crucial para dar apoyo técnico continuo a las comunidades.

- Investigar la cantidad de comunidades en la zona sin electricidad, el costo de extender la red eléctrica y la proyección del alcance de la red dentro de 10-15 años. Esto es necesario para poder determinar las comunidades adecuadas para la instalación del equipo solar.
- Explicar por adelantado las distintas soluciones técnicas posibles para que la comunidad decida elegir un proyecto de energía solar o no.
- Establecer un contrato de mantenimiento con una empresa privada por el que la comunidad pague una suma anual, así la responsabilidad de reparar el sistema queda con ella. Se deben incluir visitas regulares para comprobar el funcionamiento del sistema.
- Calcular precisamente las finanzas del proyecto para determinar el criterio necesario para una comunidad adecuada. Estos cálculos deben considerar los costos de manejar el sistema, el costo del contrato de mantenimiento y el ahorro necesario para reemplazar el equipo cuando se agote. Así se podrá calcular el tamaño mínimo de la comunidad dependiendo de la tarifa que está dispuesta y es capaz de pagar.
- Fijar metas para el futuro mejoramiento del sistema (p.ej. comprar un panel adicional) para que la comunidad siga pagando la tarifa si no hay costos grandes (como reparaciones) con el sistema.
- Para que se cumpla con el pago y la sostenibilidad económica se mantenga, la JAA debería Emplear un Cobrador para recaudar la tarifa en reuniones mensuales y discutir las finanzas (quienes son morosos, cuánto dinero hay, los gastos, etc.) con el Tesorero y la comunidad. La gente que tiene problemas para pagar la tarifa tendrá miedo de asistir a estas reuniones, por lo tanto las reuniones de la JAA deben ser separadas para discutir otros asuntos administrativos.

## Diseño

- No subestimar el tamaño del reservorio que es necesario. Estudiar bien los datos de insolación disponibles y preguntar a la gente de la comunidad sobre la exposición solar, para poder calcular el número de días de almacenaje que se debe proveer.
- Instalar medidores de agua en las llaves domiciliarias. Los usuarios pagan según el agua que consumen y por lo tanto no malgastan agua, disminuyendo la demanda, lo que puede permitir el ahorro en otros componentes del sistema (sobre todo los paneles solares). Sin embargo, implica el costo adicional de los medidores, su instalación más la administración de leerlos cada mes y hacer los cálculos de las tarifas (por el Cobrador). Esta opción es adecuada más que todo para comunidades económicamente heterogéneas.
- Complementar el sistema con la Captación de Agua de Lluvia - cuando hay poco sol, es muy probable, en áreas tropicales, que haya lluvias intensas. Si los beneficiarios tienen pilas, los únicos costos adicionales de inversión son los de proporcionar canales para llevar el agua del techo de la casa a la pila (o un barril). Capacitación será necesaria sobre el uso del sistema y tal vez sobre la instalación del mismo.
- Usar otra tecnología para desinfectar el agua - o el Dosificador de Tabletas (véase el siguiente capítulo) o la cloración a nivel domiciliario o la desinfección solar.

## Capacitación

- Aclarar bien a toda la comunidad el por qué se tiene que pagar una tarifa tan alta cuando los costos de operación son tan bajos, y la importancia de ser eficaz en el corte del suministro del agua a los que no cumplen con los pagos.
- Destacar la importancia de las reuniones y los roles de los miembros de la JAA.
- Enfocarse en lo que se debe hacer si el sistema se avería. Proporcionar unos documentos con detalles de contacto de técnicos y una guía de los costos proyectados.

- Información sobre qué hacer si el sistema falla, con estimaciones de los costos y duración de reparaciones.
- No enseñar sobre los detalles técnicos del funcionamiento del sistema, esto no es necesario y puede causar confusión.

### **Más Estudio**

- Estudiar los diferentes diseños del sistema por energía solar (p.ej. sistemas sin controladores) y los varios modelos de componentes disponibles (bombas, paneles, etc.).
- Investigar métodos de recaudación de la tarifa; por ejemplo, a reuniones mensuales, o por visitas a cada casa.

### **7. i) Requisitos de la Comunidad**

- Ubicación por lo menos más de 1 km de la red de electricidad (pero este criterio se debe definir más precisamente considerando la situación de la electricidad en la zona).
- Población de por lo menos 300 personas, dependiendo de los cálculos.
- Tener buen acceso a un técnico solar.
- Tener ingresos regulares y estables para asegurar que la tarifa se pague, sobre todo si la comunidad es pequeña.
- Estar de acuerdo en conservar el agua y pagar una tarifa mensual fija para el servicio.
- Poderse organizar bien y tener una Junta Administradora de Agua que funcione bien.

## C) Tecnologías Alternativas de Tratamiento de Agua Potable

### 8. Dosificador de Tabletas

#### 8. a) Descripción

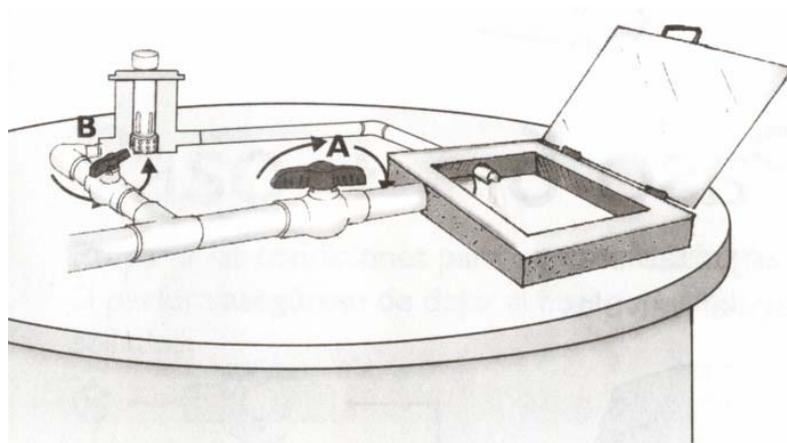
El Dosificador de Tabletas es una alternativa para la aplicación de cloro a tanques comunitarios para cualquier sistema de agua potable. Supera varios problemas asociados con el hipoclorador convencional, sobre todo el de la dependencia de un caudal consistente. Con el dosificador, la dosificación se adapta al caudal de entrada del agua al tanque.

Este tipo de clorador usa tabletas o pastillas de cloro en vez de cloro granulado. Se necesitan 20 minutos de contacto en el tanque antes de distribuir el agua.

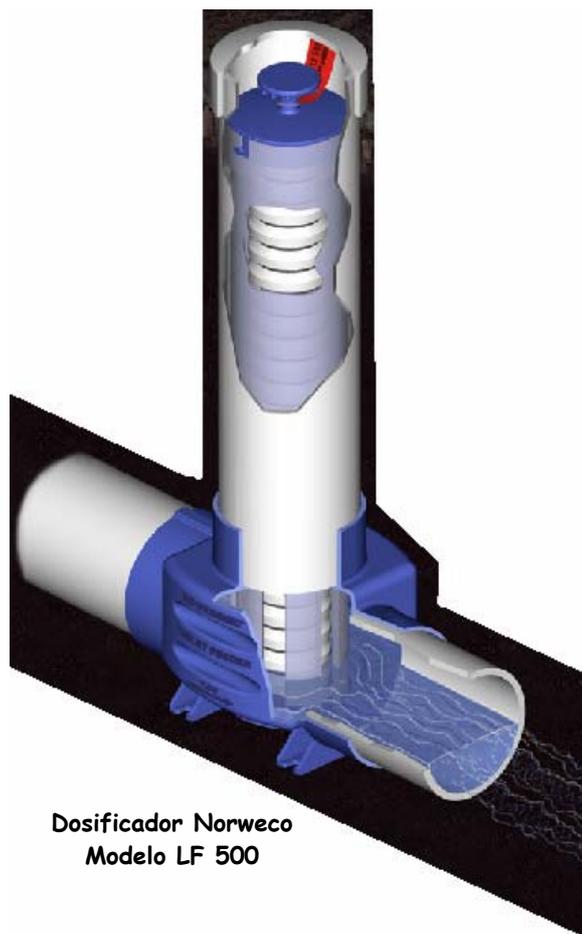
En Honduras, la Asociación Hondureña de Juntas Administradoras de Sistemas de Agua (AHJASA) vende y instala 4 modelos del dosificador: 3 modelos importados de los Estados Unidos, fabricados por Norweco (Norwalk Wastewater Equipment Company) y 1 modelo que fabrica la AHJASA con materiales locales.

#### Diseño

El Dosificador de Tabletas consiste en un tubo de entrada al tanque con una bifurcación por otro tubo donde fluye una proporción del agua que pasa por las tabletas de cloro. Los 2 tubos echan agua al tanque. La proporción del agua que pasa por las tabletas se queda siempre igual así que el cloro que se le echa se regula según el caudal.



Colocación del Dosificador sobre el Tanque



Dosificador Norweco  
Modelo LF 500

Existen 2 válvulas, una que se utiliza para regular la entrada al tanque (normalmente abierta a 80%) y otra para la entrada al clorador (a 20%). Las tabletas de cloro se colocan en una columna así que cuando una se desgasta por el flujo de agua, la otra encima la reemplaza por gravedad. Se colocan unas 15 tabletas en una columna.

Debido a los grandes diámetros de la tubería, es difícil encontrar los tubos, codos y llaves necesarios para construir y instalar el dosificador a nivel local. El Clorador AHJASA está hecho de materiales locales, pero sólo tiene capacidad para una comunidad de hasta 60-80 casas. Sin embargo, es posible instalar 2 o más cloradores en paralelo.

El Clorador AHJASA consiste en tubos, codos y válvulas de PVC y un balde como envase. El balde que usan es el balde en que se vendía el cloro granulado HTH, pero ahora no se vende en estos baldes. Es difícil encontrar otro balde suficiente grande para encerrar el clorador que sea resistente al sol.

Las características de los varios modelos de dosificador se presentan abajo:

#### Características de los Dosificadores de Tabletas



El Clorador AHJASA

Modelo	Largo (cm)	Anchura (cm)	Altura (cm)	No. de Columnas
AHJASA	60	60	60	1
Norweco 500	25	19	60	1
Norweco 1500	65	30	60	2
Norweco 2000	65	30	60	2
Norweco 4000	90	40	60	4

Es recomendable proteger el dosificador por colocarlo dentro de una caja con un candado. Suele caber dentro de la caja del hipoclorador, si el tanque ya tiene uno, pero la tubería y las válvulas normalmente quedan afuera.

#### Operación y Mantenimiento

El dosificador funciona automáticamente y solo requiere la colocación de las tabletas de cloro. La frecuencia del cambio de tabletas depende del caudal de agua y del modelo de dosificador (puede ser cada 2-4 semanas).

El único mantenimiento que se requiere es de limpiar el equipo y mantenerlo bien protegido. Es normal que se acumulen residuos de cloro en el aparato, los que se debe quitar periódicamente.

El dosificador debe siempre dar la dosificación adecuada para el caudal que recibe. Los dosificadores de Norweco cumplen con las normas de las agencias de agua y saneamiento en los Estados Unidos pero datos de las pruebas no son disponibles. Su vida útil mínima es de 10 años.

La dosificación requerida puede variar según la contaminación en el agua. Por lo tanto, se deben monitorear los niveles de cloro residual una vez a la semana. En caso que éstos alteren, se deben regular las válvulas del dosificador hasta que los niveles adecuados se logren de nuevo.

#### Nivel de Servicio

Calidad del Agua	Agua clorada a dosificación según el caudal.
------------------	--

Cantidad de Agua	1 lb de cloro en tabletas (1.5 tabletas) desinfecta ~43 000 galones (agua clara, poca contaminada)
Acceso al Agua	Agua clorada en el tanque, luego accesible en las casas.

### Construcción y Costos

Los valores aproximados de los varios modelos de dosificadores son:

Modelo	Costo (aprox.)
AHJASA	\$40
Norweco Serie 500	\$75
Norweco Serie 1500	\$145
Norweco Serie 2000	\$300
Norweco Serie 4000	\$485

La AHJASA no cobra por el dosificador Norweco (que es donado por la ONG estadounidense El Centro Internacional), sino por la instalación, regulación, monitoreo (1-2 días) y capacitación de la gente para cada venta. Su trabajo tiene una garantía de 6 meses y los modelos de Norweco llevan una garantía de 10 años, expuestos al sol.

Los costos de la AHJASA se presentan en la tabla abajo. El costo de oferta es lo que se les cobra a los socios de la AHJASA.

Modelo	No. de Columnas	Costo Normal	Costo de Oferta
AHJASA	1	3 700 lps (\$200)	3 700 lps (\$200)
Norweco Serie 500	1	3 500 lps (\$200)	3 000 lps (\$170)
Norweco Serie 2000	2	11 000 lps (\$600)	6 500 lps (\$350)
Norweco Serie 4000	4	17 000 lps (\$950)	9 000 lps (\$500)

La construcción de la caja (si ya no existe un hipoclorador), cuesta alrededor de 550 lps (\$30).

El cloro en tabletas suele ser más caro que el cloro granulado. La AHJASA distribuye varias marcas de tabletas importadas de los Estados Unidos. Sus concentraciones de cloro varían entre 60 al 70%. 1 tambo de 83 tabletas de 300 g (55 lb en total) vale 2040 lps (o 24.5 lps por tableta). El costo por libra de cloro absoluto (100% cloro) es más o menos 57 lps / lb (a 1.5 veces el costo del cloro granulado). Sin embargo, el dosificador debe ser más eficiente en su aplicación de cloro, así que en caso de que el caudal del agua baje (que es muy probable cuando es un sistema por bombeo), el dosificador también baja su dosificación. Por lo tanto, es difícil comparar los costos de operación de los dos sistemas sin un estudio completo.

### Impacto Medioambiental

El dosificador presenta el riesgo de desperdicio de cloro y contaminación del medioambiente con agua clorada si el tanque rebosa.

### Capacitación

Se debe capacitar a la Junta de Administradora de Agua (JAA) y fontaneros potenciales en cómo comprobar los niveles de cloro residuales y cómo regular la dosificación del cloro usando las válvulas.

## **Participación Comunitaria**

La comunidad debe participar en la elección del dosificador como método de tratar su agua. A mucha gente, no le gusta el agua clorada, pues hay que enseñarle los beneficios de cloración para que acepten la utilización del dosificador.

## **Nivel de Organización Requerido**

Se necesita una JAA y un Fontanero como cualquier acueducto comunitario. La JAA debe pagarle al fontanero un sueldo mensual para manejar el dosificador y hacer el monitoreo semanal. Si es una comunidad grande o urbana, se debe monitorear más enseguida.

## **Apoyo Institucional**

La comunidad necesita acceso a un Banco de Cloro que vende tabletas de cloro.

## **8. b) Implementación en Honduras**

La Asociación Hondureña de Juntas Administradoras de Sistemas de Agua (AHJASA) tiene socios en 7 departamentos de Honduras: Choluteca, Francisco Morazán, La Paz, Olancho, Santa Bárbara, Valle y Yoro. Existen unas 100 comunidades donde la AHJASA ha instalado dosificadores desde 2001. Hoy en día, no hay ninguna institución de agua que integra esta tecnología en sus obras de acueductos.

### **Bancos de Cloro**

La AHJASA maneja bancos de cloro para sus socios para que puedan comprar cloro en tabletas porque éstas no son disponibles en la mayoría del país. El Banco de Cloro AHJASA principal se ubica en la oficina de la AHJASA en Tegucigalpa y vende cloro a los otros Bancos de Cloro en las municipalidades.

De los 7 departamentos con socios de la AHJASA, solamente Santa Bárbara no cuenta con un Banco de Cloro. Sin embargo, hay otras empresas en Tegucigalpa y San Pedro Sula, como Tecnoquímica, que venden tabletas de cloro, normalmente a hoteles, restaurantes, municipalidades, etc. Tecnoquímica también vende el dosificador de Norweco.

### **Comprobadores de Cloro**

La AHJASA vende comprobadores de cloro para monitorear el nivel de cloro en el agua. Se venden por 85 lps (\$5) cada uno con 30 reactivos. Reactivos adicionales cuestan 3 lps cada uno. La AHJASA recomienda que la comunidad monitoree una vez por semana en 3 lugares: el tanque, la primera casa y la última casa. Entonces, el costo total de monitorear cuesta por lo menos 35 lps por mes.

### **Estudio del Dosificador vs. Hipoclorador**

En 2003-4, por solicitud de El Centro Internacional, se hizo un estudio para comparar el rendimiento del dosificador y el hipoclorador por la Escuela de Salud Pública de la Universidad de John Hopkins (en los Estados Unidos) y la Universidad Católica de Honduras. Se hicieron el análisis de los niveles de cloro residual en 6 sistemas con dosificadores y 9 con hipocloradores durante 6 meses.

El informe del estudio se está redactando actualmente y es improbable que se publique antes de finales del 2004. Sus resultados no eran muy decisivos. En general, el dosificador operaba mejor y sobre todo dotaba un nivel de cloro al tanque mucho más estable que lo del hipoclorador.

Según la AHJASA el estudio no fue muy bien realizado y quiere hacer otro estudio.

## 8. c) Evaluación de la Tecnología

Se hicieron visitas a 2 comunidades en Francisco Morazán, La Puente y Los Planes, que habían instalado dosificadores de tabletas, una hacia 2 años y el otro hacía 6 meses. Ambos tenían hipocloradores anteriormente y habían pagado la instalación de los dosificadores si mismas.

### Aceptación por los Habitantes

- La mayoría no se queja del sabor de cloro pero hay siempre algunos a quienes no les gusta.
- Dicen que el nivel de cloro variaba antes con el hipoclorador. "Cuando echaban el cloro el agua venía con una solución muy fuerte, pero después mucho menos."
- Según la JAA, el dosificador evita las dificultades del hipoclorador:
  - No se tiene que ir cada día al tanque para inspeccionar el goteo del hipoclorador.
  - No hay que aforar el chorro cada vez (lo que requiere de 2 personas) y hacer cálculos. Con el dosificador es mucho más fácil, cualquier persona sola puede meter las tabletas.
  - El dosificador es más económico; se le paga menos al Fontanero porque hay menos trabajo.

### Entendimiento y Percepción de los Beneficiarios

- A muchos no les interesa el sistema de clorar pues no lo entienden.
- Pocos saben como se clora el agua y ni siquiera se dieron cuenta del cambio del clorador.
- El sabor del cloro en el agua molesta, pero es poco con el dosificador.
- Según la JAA, la gente cree que el agua no lleva cloro - se acostumbran al sabor.

### Uso y Mantenimiento por los Beneficiarios

- Los Fontaneros están encargados de manejar el dosificador.
- Para prevenir que se malgaste el cloro, se tiene que cerrar el dosificador si el reservorio bota agua (p.ej. en la noche). Esto significa que se alteran las válvulas, lo que perturba la regulación de la dosificación.
- Los Fontaneros dicen que monitorean los niveles de cloro residual pero es difícil saber si lo hacen en realidad.

### Problemas Identificados

- Los Fontaneros no entienden bien que normalmente no se deben tocar las válvulas del dosificador una vez que están reguladas.
- Se desperdicia el cloro cuando el tanque rebosa.
- El agua clorada (aún con el dosificador) puede corroer los tubos de HG en el tanque y las llaves domiciliarias.

### Observaciones Generales

- Las 2 comunidades estudiadas eran bien organizadas; p.ej. habían recaudado las tarifas para tener suficiente dinero en el fondo y poder comprar su dosificador. Entonces, es probable que acepte su nueva tecnología.

## 8. d) Experiencia Mundial

El Dosificador de Tabletillas tiene muy poca experiencia en el uso de tratamiento de agua potable en países en vías de desarrollo. No se ha descubierto ningún estudio sobre el rendimiento o viabilidad de esta tecnología.



- Recaudar fondos en cada comunidad para la compra o instalación del dosificador (para que la gente sepa que es suyo y lo cuide).
- Analizar el diseño requerido en cada comunidad y redactar un listado de los accesorios que se necesitan.
- Comprar y instalar el dosificador con la participación del Fontanero y miembros de la JAA para que aprendan y entiendan.

### **Diseño**

- Asegurar las válvulas del dosificador para que nadie las pueda cambiar a partir del Fontanero. Se hace con candados en las válvulas o cajas de protección con candados.
- Mejorar el diseño para que no se gaste cloro cuando el tanque rebosa. Se puede instalar otra válvula a la entrada del dosificador para que el Fontanero la cierre cuando el tanque está rebosando. Alternativamente, se puede instalar una válvula con flotador para que cierre la entrada del agua de la fuente y no llegue agua ni al tanque ni al dosificador.

### **Capacitación**

- Enfocarse en la necesidad de monitorear los niveles de cloro residual en las casas y cómo regular la dotación del clorador.

### **Más estudio**

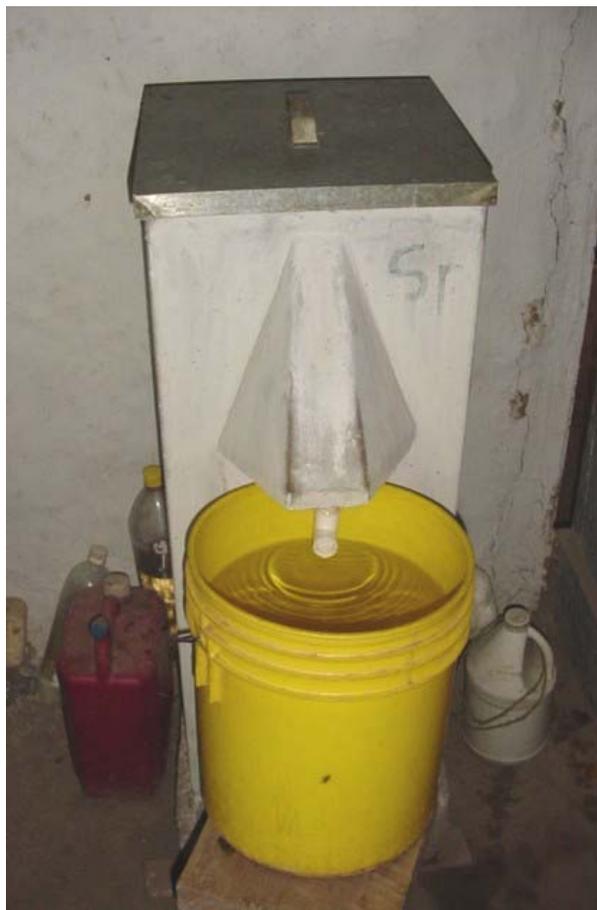
- Investigar la aceptación social del sabor del agua con varios niveles de cloro residual, a ver si a la gente no le gusta cuando es de 0.2-0.5 mg / l.
- Evaluar el rendimiento de los dosificadores, incluido el dosificador AHJASA - como varía su dotación de cloro según el tiempo y según el caudal de entrada.
- Investigar la factibilidad de la construcción de un dosificador hecho de accesorios locales (como el dosificador AHJASA, pero también para comunidades grandes), que sea más barato que el dosificador Norweco.

## **8. i) Requisitos de la Comunidad**

- Tener un sistema de agua potable con tanque comunitario.
- Estar dispuesta a consumir agua clorada.
- Estar dispuesta a aportar al costo del equipo.
- Ser organizada con Junta Administradora de Agua y Fontanero.

## 9. Filtro de Bioarena

### 9. a) Descripción



El Filtro Doméstico de Bioarena

El Filtro de Bioarena es un filtro domiciliario que funciona con una capa biológica que se apoya encima de una columna de grava, gravín y arena. Esta capa se forma sobre la arena y consiste en bacteria que "se comen" entre ellos, matando a sí mismos.

Esta tecnología fue desarrollada en Canadá por Dr. David Manz de Davnor Water Treatment Technologies. El diseño se adaptó del filtro lento de arena tradicional para brindar una solución de tratamiento de agua en el punto de uso. Su flujo de agua es más rápido y mantiene una capa de agua de 2" por encima de la arena que preserva la capa biológica y permite el uso intermitente del filtro.

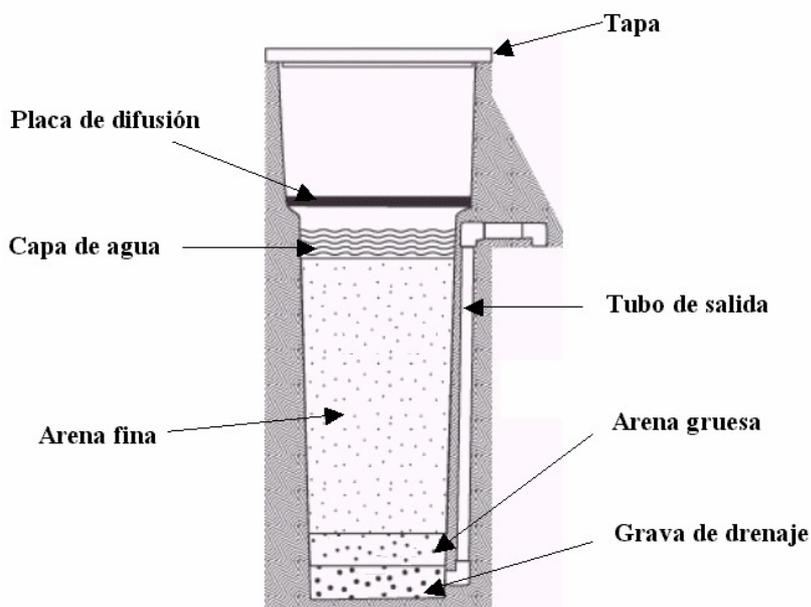
El uso y mantenimiento del filtro son imprescindibles para su correcto funcionamiento. Se publica que las pruebas en el laboratorio demuestran eficiencias de remoción del 97 a 99% de bacteria, pero en el campo no se logra tanta. Idealmente, se debe pasar 1 balde de agua por el filtro cada día para mantener la capa biológica.

El filtro no funciona con agua clorada porque destruye la capa biológica y produce mal olor.

### Diseño

El diseño común del filtro es una columna cuadrada de aproximadamente 0.35 m x 0.35 m x 1 m que está hecho de concreto. Pesa unos 150 kg vacío y 225 kg una vez instalado.

La placa de difusión es parecida a un colador, hecho de metal y sirve para proteger la capa biológica cuando se echa agua en el filtro. La salida del filtro no tiene llave - el agua filtrada sale cuando se echa más agua en el filtro, a más o menos 1 litro por minuto y no se



Los Elementos del Filtro de Bioarena

debe molestar el flujo natural. Por eso, y para disminuir el riesgo de contaminación del agua después de filtración, es recomendable tener un balde conectado permanentemente a la salida del filtro.

Existe un diseño circular del filtro que fue elaborado por Adriaan Mol de Medair. Este diseño usa menos concreto y así sale más barato la fabricación del filtro. También es probable que este diseño sea menos susceptible a que rajarse el concreto.



El Difusor

### **Operación y Mantenimiento**

Después de instalar el filtro, hay que dejar pasar varios baldes de agua para que crezca la capa biológica, la que mata a los patógenos. Normalmente esta capa tarda 1 o 2 semanas en llegar a la madurez, o 15 baldes de agua (1 balde ~ 20-25 litros). Es recomendable no beber el agua que se filtra en este periodo o desinfectarla con cloro u otro método. Aún cuando el filtro está funcionando a su tope, no remueve 100% de las bacterias y se recomienda desinfectar el agua para niños y ancianos después de filtrar.

Se debe usar el filtro cada día, echando nueva agua sucia para que la capa biológica se mantenga. Es recomendable usar el agua de una sola fuente, así que el filtro adapta al contenido biológico de la fuente.

Si el filtro se queda sin uso por varios días o semanas, los microorganismos en la capa biológica mueren y el filtro no funciona correctamente. Sin embargo, es posible reactivar el filtro - esto se hace como si estuviera recién instalado, así que hay que pasar varios baldes de agua por el filtro hasta que la capa biológica se forme de nuevo.

Después cierta temporada con uso normal, el filtro empezará a bloquearse a causa de las suciedades que agarre y el agua saldrá más lentamente. Cuando esto pasa, hay que limpiar la parte arriba de la arena y eliminar la capa biológica. Se hace con mecer la mano, o una cuchara, hasta 5 cm de profundidad en la arena y removerla dando vueltas en círculos para que las suciedades se descoloquen. Se quita el agua sucia encima de la arena con un vaso y se echa más agua al filtro, siempre con el difusor puesto. Este proceso se repite hasta que el agua quede clara.

Normalmente la capa biológica vuelve a crecer más rápido que después la instalación del filtro, pero se recomienda clorar los primeros 10 o 15 baldes después la limpieza, o no usar esta agua para tomar.

La frecuencia con que se tiene que limpiar la arena depende de la calidad del agua que se filtra y el uso del filtro. Para una familia filtrando agua clara de un pozo, puede ser cada 6 meses o cada año. Con agua muy turbida, puede ser cada semana, así que no se recomienda pasar esta agua por el filtro. Si la turbidez del agua es mayor a 50-100 UTN, el agua debería ser pre-filtrada antes de ser utilizada con el filtro Bioarena.

Otro mantenimiento que se debe realizar:

- Limpieza del difusor (2 veces a la semana)
- Limpieza de los tubos (cada día)
- Limpieza del balde

Es recomendable colocar un trapo por debajo de la tapadera para que no entren animalitos en el filtro. El mal manejo del filtro se muestra por mal olor y significa que hay que limpiarlo como descrito arriba.

El filtro no tiene una vida útil definida. Si se usa correctamente, el filtro debe servir para siempre sin tener que comprar ni repuestos ni nueva material.

### Nivel de Servicio

Calidad del Agua	En el terreno, remoción de 90 - 97% de bacteria. Mejora el color y sabor del agua (quita el sabor de tierra).
Cantidad de Agua	Hasta 1 litro / minuto.
Acceso al Agua	Dentro de la casa.

### Construcción y Costos

Material	Cantidad	Costo
<b>Construcción de la Chasis</b>		<b>218 lps (\$12)</b>
Cemento	1 bolsa	85 lps
Gravín	100 lb	14 lps
Arena	100 lb	3 lps
PVC de $\frac{1}{2}$ "	3.5 pies	5 lps
Codos de $\frac{1}{2}$ "	5	20 lps
Pegamento		2 lps
Tapadera y Difusor (de metal)		85 lps
<b>Material de Filtración</b>		<b>18 lps (\$1)</b>
Grava $\frac{3}{4}$	2"	4 lps
Gravín $\frac{1}{2}$	2"	4 lps
Arena de tope	18.5"	10 lps
<b>Balde</b>		<b>70 lps (\$4)</b>
<b>TOTAL</b>		<b>306 lps (\$17)</b>

Con el diseño circular del filtro se puede fabricar 5 filtros con una sola bolsa de cemento, lo que reduce el costo significativamente.

Para poder fabricar el filtro, se necesita construir moldes de acero para agarrar el concreto. Estos valen unos 7800 lps (\$450).

### Impacto Medioambiental

El filtro no usa ni química ni combustible para su operación y dura hasta siempre. Está hecho de todos materiales y accesorios disponibles localmente. Por lo tanto, su impacto medioambiental es muy poco.

### Capacitación

La implementación de esta tecnología requiere de un componente fuerte de capacitación porque el buen manejo del filtro por el usuario es imprescindible. El buen manejo del agua filtrada también es muy importante pues no hay desinfectante residual y se puede fácilmente contaminar el agua después de filtración.

## **Participación Comunitaria**

Es posible involucrar a la gente bastante en un proyecto de Filtros de Bioarena. Aunque la construcción del filtro se debe hacer siempre por gente profesional y con materiales comprados por razones de calidad, los campesinos pueden participar en la instalación del filtro (colocación de los materiales de filtración) y en la promoción, compra y venta de las unidades (véase 'Métodos de Implementación'). Si la gente tiene que pagar por su filtro, se crea una sensación de posesión del filtro y no de un objeto donado por una institución.

## **Nivel de Organización Requerido**

Aunque es una tecnología domiciliar, es importante tener buena organización en la comunidad para el monitoreo del uso del filtro y para el pago en caso que éste se hace por plazos.

## **Apoyo Institucional**

El rol más importante de las instituciones para en proyecto de Filtros de Bioarena es el seguimiento y monitoreo del uso de los filtros y del agua filtrada por los usuarios. El filtro, una vez fabricado, no debe fallar y no necesita el cambio de piezas, pero necesita un buen manejo para que trate bien el agua. Por lo tanto, hace falta que una institución se encargue de hacer visitas de vuelta a las comunidades para ver si los usuarios los están manejando bien y organizar grupos de voluntarios en las comunidades para monitorear todos los filtros.

De momento, existe solo un fabricante de los filtros en Honduras, en Danlí, pues hace falta apoyo institucional para iniciar otros talleres en otros partes del país.

## **9. b) Implementación en Honduras**

Los primeros Filtros de Bioarena se instalaron en el norte de Honduras después del Huracán Mitch por la ONG Samaritan's Purse. Luego, en el departamento de El Paraíso, la organización EDISA instaló varios filtros y en 2002, empezó el programa 3H de Agua Pura para el Mundo con el Club Rotario en esta zona. Con este programa se instalaron más de 1600 filtros en 4 municipios del departamento de El Paraíso dentro de un año. En 2004 y 2005 se instalarán 1600 filtros más por año en El Paraíso, y además el programa va a extender a otras zonas del país (Santa Bárbara y Atlántida).

El Club Rotario vende los filtros a los campesinos por 150 lps. Se usan las Cajas Rurales o las Alcaldías para recaudar los pagos de los que eligen pagar por plazos. Éstos pagan 30 lps por mes por 6 meses, pues un total de 180 lps, 30 lps de que gana la Caja Rural o Alcaldía. También se instalan filtros en los Centros de Salud y las escuelas, pero estos son donados.

Los filtros se fabrican en el taller en Danlí, El Paraíso y su costo total de fabricación, transporte, instalación y entrenamiento sobre el uso del filtro por el programa es de 485 lps (\$30) por filtro. Este incluye un balde conectado al filtro con tubos.

El programa 3H colabora con las enfermeras de las zonas y incluso forma grupos en algunas comunidades para visitar las casas y monitorear el uso del filtro. También, se hacen análisis del agua filtrada de algunos filtros en cada comunidad para ver si la gente los maneja bien. Sin embargo, el Club Rotario no da seguimiento a las comunidades - esta responsabilidad se deja con la Secretaría de Salud.

## **9. c) Evaluación de la Tecnología**

Se hicieron visitas a 6 comunidades en El Paraíso, 2 en el municipio de Danlí (El Jicarito y El Guayacán) y 4 en el municipio de San Matías (La Concepción, San Jerónimo, El Espinito y El Guayacán).

Las dos comunidades en Danlí eran beneficiarias del programa de EDISA y sus filtros no tenían baldes conectados. En estas comunidades, se capacitó a gente en la comunidad para instalar los filtros en las casas.

Se obtuvieron resultados de los análisis de agua en San Jerónimo, El Espinito y El Guayacán, 4 meses después la instalación de los filtros. De 28 análisis, 22 salieron sin ningún coliforme fecal y 5 con menos que 3 coliformes fecales. Solo había un filtro, mal manejado, cuya agua filtrada salió con 20 coliformes fecales.

En estas 3 comunidades, también se hicieron monitoreos del uso de 85 filtros por grupos de usuarios, 5 meses después de instalar los filtros. Un 76% salió con buen manejo del filtro, 85% con buen mantenimiento y 55% con buen manejo del agua. El último fue tan bajo debido a la costumbre de la gente en estas comunidades de usar búcaros para almacenar el agua filtrada, de los cuales se echa el agua por meter un vaso (y la mano) dentro el recipiente.

En 4 comunidades con filtros en San Matías, El Paraíso, ninguna casa con filtro reportó ningún caso de diarrea de menores de 5 años en el año de 2003; en los 2 años anteriores había unos 10 casos por año.

Se tiene que tomar en cuenta que, según el Club Rotario, 2 de las comunidades estudiadas eran los peores en pagar por sus filtros y manejarlos bien.

### **Aceptación por los Habitantes**

- Aprecian mucho su filtro ya que lo vean como parte de la casa. El hecho que pagan por el filtro les da la obligación de cuidarlo bien y lo consideran una cosa muy preciosa. En El Guayacán, Danlí, la gente había construido plataformas en su cocina para acomodar el filtro y algunos habían pintado su filtro porque "queda más bonito".
- El diseño del filtro satisface a sus usuarios y no da molestias. En las comunidades visitadas, mucha gente creía que el filtro era "todo perfecto". No surgió ninguna idea de cómo mejorar el diseño del filtro.
- Adoptan el acostumbramiento de filtrar el agua rápidamente. Siempre usan el filtro y nunca toman agua no filtrada en la casa. No es demasiado trabajo filtrar el agua.
- Hay casi siempre alguien en cada comunidad que no quiere un filtro porque no cree en la tecnología. Los que conocen los filtros cerámicos, que son muy lentos, tienen dudas sobre el Filtro de Bioarena cuando vean que el agua sale mucho más rápidamente.
- Prefieren filtrar que clorar o hervir. La cloración requiere de cálculos complicados y existe el riesgo de una mala dotación mientras que la ebullición deja el agua caliente y con poco sabor.
- El agua casi siempre sale "clarita" y a veces mejora un poco el sabor también.

### **Entendimiento y Percepción de los Beneficiarios**

- Entienden lo básico y necesario del funcionamiento del filtro - que la bacteria mueren en la superficie de la arena y que hay que pasar agua por el filtro cada día. Si no se usa por alguna temporada, hay que "reinstalar" el filtro.
- La mayoría entiende que no se debe usar el filtro con agua clorada.
- Suelen creer que filtrar es mejor que clorar por tratar el agua (mata a más bacterias). El filtro no hace daño a los órganos como el cloro.
- El costo de 50-100 lps por el filtro se considera "muy bajo" - se cree que el filtro cuesta mucho más.
- No se dan cuenta del ahorro de dinero que presenta el filtro (por no tener que comprar ni cloro ni tanta medicación), pero del beneficio de tener agua limpia sí.

- Por estar enterados de la reducción en diarrea de su comunidad, están orgullosas cuando otras comunidades vecinas sin filtros sufren de diarrea.

### **Uso y Mantenimiento por los Beneficiarios**

- Un 75% de los 50 filtros visitados que se usaban, eran bien manejados – los usuarios pasaban agua por el filtro cada día o cada día por medio.
- Los filtros son manejados por las mujeres de la casa.
- No se entiende fácilmente cómo remover la arena para limpiar el filtro. Si el filtro deja de dar agua, el beneficiario puede intentar desbloquear el filtro físicamente por remover demasiada arena con la mano o hasta profundo con un alambre.
- Varía mucho la frecuencia con que se limpia el filtro – desde nunca en 2 años hasta demasiado en seguida (cada semana).
- Generalmente, no pasan 15 baldes de agua después de limpiar el filtro sin tomar esta agua aunque se sabe que se debe hacerlo.
- Existen varias razones por las cuales los filtros privados acaban sin uso:
  - Mal uso (los filtros se habían bloqueado).
  - Los dueños no siempre permanecen en la comunidad.
  - Los dueños no quieren usar el filtro (“demasiado trabajo”).
 Un 10% de los filtros privados visitados no estaban en uso.
- Los filtros comunales (en iglesias o escuelas) no reciben el uso y mantenimiento necesario y acaban sin uso.
- Una gran proporción maneja mal el agua filtrada; pasan el agua a recipientes de las cuales sacan el agua con un vaso. Esto es inevitable en las casas donde se almacena el agua para tomar en búcaros (hoyos fijados con tapaderas, sin una salida).
- En general se lava a menudo las piezas del filtro (difusor, tubos y balde).
- Casi todos cumplen con el pago de su filtro, aunque pueden tardar mucho.

### **Percepción de los No Beneficiarios**

- Razones por no comprar un filtro:
  - 1) No haber tenido la oportunidad (no estaba cuando se vendían los filtros).
  - 2) No tener dinero.
  - 3) No creer en el filtro.
  - 4) No vivir siempre en la comunidad.
  - 5) “Demasiados complicados”.
- Después de enterarse del éxito de los filtros, suelen querer comprar uno, pero hay siempre una poca gente a quien no le interesa el filtro.

### **Problemas Identificados**

- Después de limpiar el filtro, pierde fuerza y el agua filtrada no es tan segura.
- Cuando el usuario está enfermo o se va de viaje, hay un riesgo que el filtro se queda varios días sin uso. Esto es problemático para gente que vive sola.
- En comunidades donde el agua potable llega a intervalos, la gente tendrá que acostumbrarse de filtrar agua cada día.
- Insectos (cucarachas, arañas) pueden entrar el filtro por debajo de la tapadera. Un trapo colocado ahí ayuda pero no elimina el problema en todo caso.
- Los tubos de salida de los filtros agarran mucha suciedad, aún con lavarlos a menudo.
- No es posible reparar un filtro rajado sin vaciarlo todo y reinstalarlo, lo que requiere personal calificado. De 70 filtros estudiados, un 10% se encontraron rajados por mal construcción.
- Existe la dificultad de cómo mover el filtro si el dueño se muda de casa (o cocina). El filtro es muy pesado y no se debe moverlo por el peligro de descolocar los materiales dentro. Si llega nueva gente a una casa con filtro, no sabría usarlo.

- No es factible instalar un filtro en una escuela, una iglesia ni un Centro de Salud porque el filtro necesita uso cada día y alguien encargado de manejarlo.

### **Observaciones Generales**

- Los filtros son capaces de filtrar suficiente agua para toda la familia, aún hasta 2 familias.
- Los filtros que fueron instalados por gente de la comunidad tenían grandes variaciones entre ellos en el caudal de la salida del filtro, lo que era a menudo muy bajo (goteando).
- En una comunidad desmotivada en general, los filtros no eran exitosos.
- En algunos casos era claro que hubo una carencia de capacitación a la gente, la que resultó en el mal manejo de los filtros.
- Por trabajar con las enfermeras y la Secretaría de Salud, existen rutas de comunicación entre la comunidad y los técnicos o la institución del proyecto.

## **9. d) Experiencia Mundial**

El Filtro de Bioarena ha sido implementado en muchos países del mundo. Medair, Samaritan's Purse y muchas otras organizaciones han instalado filtros en países de África, Asia, Latinoamérica y el Caribe. Debe de haber miles y miles de filtros instalados en el mundo.

En 2002 se publicó un informe para Samaritan's Purse sobre los análisis del agua filtrada y una encuesta de los usuarios de casi 600 filtros en 6 países, incluido Honduras. Este estudio es lo más riguroso que se ha hecho de los Filtros de Bioarena. El estudio divulgó los siguientes resultados:

- 93 % de los coliformes fecales son eliminados por el filtro.
- 88 % de los usuarios usan su filtro cada día.
- 5 % de los usuarios clasificaron su salud como "Excelente" antes de tener el filtro, mientras que 82.4 % la clasificaron así después de recibir el filtro.

En Honduras, de 100 filtros estudiados, se encontró que el promedio de remoción de los coliformes fecales era 100 %.

El informe subrayó varias conclusiones, tales como:

- Es muy importante que se pase tiempo y esfuerzo en capacitar a los beneficiarios sobre el correcto uso y mantenimiento del filtro.
- La capacitación se debe realizar por instructoras hembras y debe centrarse en las mujeres en la comunidad. Es esencial que se involucren las mujeres en todo aspecto del proyecto.
- Cada proyecto debe tener un técnico local de los filtros en cada comunidad, quien trabaja junto con el representante local de salud.
- Tiene que haber visitas de seguimiento regulares después el filtro se instale.

Se entrevistaron a técnicos y promotores locales que creían que se debe emplear por lo menos 80% del esfuerzo total en la capacitación y seguimiento, lo que puede gastar 50-70% del gasto total. También creían que, al usar las infraestructuras de salud y los canales de diseminación, la capacitación de los usuarios puede ser mejorada.

## **9. e) Contactos y Fuentes de Información**

### **Adriaan Mol**

Country Director - Madagascar, Medair  
 adriaanmol@biosandfilter.org  
 Diseñador del filtro circular. Ofrece servicios de consultoría - capacitación en la construcción y mantenimiento del filtro, cómo iniciar un proyecto, provisión de moldes de acero, etc.

### **Ing. Scott Terry**

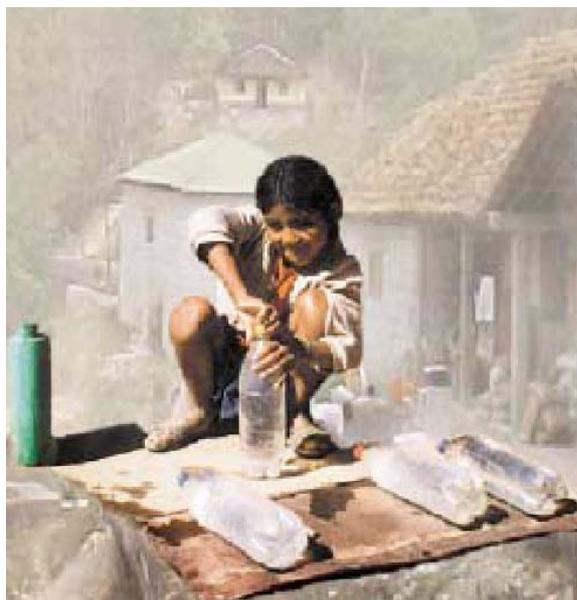
Voluntario del Cuerpo de Paz, Honduras  
 SGTinSB@hotmail.com  
 SANAA Regional Atlántico  
 Div. Acueductos Rurales, La Ceiba, Atlántida  
 Tel/Fax: 441-0049



## 9. g) Comparación con otros Métodos de Tratamiento Domiciliar

En la siguiente tabla se comparan 4 métodos de tratamiento de agua domiciliar, incluida la biofiltración.

	Biofiltración	Desinfección Solar	Cloración	Ebullición
<b>Operación</b>	Fácil (echar agua al filtro)	Normal (llenar botellas, colocarlas, esperar)	Normal (calcular cantidad requerida, gotear, esperar)	Fácil (meter en olla, hervir, esperar mucho)
<b>Mantenimiento</b>	Muy poco, pero un poquito complicado	Mínimo, sencillo (Reemplazar botellas rajadas)	Nada	Nada
<b>Costo Inicial</b>	Alto	Mínimo	Mínimo	Mínimo
<b>Costo de Operación y Mantenimiento</b>	Nada	Mínimo (botellas)	Normal (1 gota de cloro por litro)	Alto (1 kg de leña por litro)
<b>Rapidez del Proceso</b>	1 litro / minuto	1 o 2 días (al menos 6 horas de buena insolación)	25 mins	1-2 horas (con tiempo para enfriarse)
<b>Nivel de Capacitación Requerido</b>	Alto	Alto	Normal	Muy poco
<b>Adaptación al Costumbre por los Usuarios</b>	Rápido la operación, más difícil el mantenimiento	Lento - cambio grande en los hábitos diarios	Normal	Rápido
<b>Aceptación del Agua Tratada por los Usuarios</b>	Muy aceptable	Aceptable	Mal sabor Molestias de barriga sobre todo a niños	Normal
<b>Buen Manejo del Agua</b>	Importante	Importante	No tan importante	Importante
<b>Turbidez de Agua antes de Tratar</b>	< 50-100 UTN	< 5 UTN	< 5 UTN	No importa
<b>NIVEL DE TRATAMIENTO</b>				
<b>Bacteria</b>	> 95-99%	99.9%	99.9%	100%
<b>Virus</b>	?	99.9%	99.9%	100%
<b>Material Orgánico</b>	alto	-	muy alto	-
<b>Hierro y Manganeseo</b>	< 67%	-	alto	-
<b>Arsénico</b>	<47%	Con aeración, ayuda	-	-
<b>Sedimentos Suspendidos</b>	100%	0	0	0
<b>Color</b>	Mejora	No afecta	No afecta	Mejora
<b>Sabor</b>	Mejora el sabor	No afecta	Sabor de cloro	Poco sabor



La Desinfección Solar

Con todo tipo de tratamiento domiciliar, no hay dependencia de un grupo comunitario (por ejemplo la Junta Administradora de Agua) de tratar el agua - cada quien tiene la responsabilidad de tratar su propia agua. Esto puede ser una ventaja o una desventaja, dependiendo de la situación en la comunidad.

## 9. h) Recomendaciones

### Métodos de Implementación

- Colaborar con el Club Rotario y Agua Pura para el Mundo que ya tienen su programa y la intención de extenderlo a otras zonas de Honduras.
- Colaborar con los médicos y las enfermeras en los Centros de Salud.
- Sugerir la metodología propuesta por Medair (<http://www.medair.org/sandfilter/default.htm>) en que:
  - Vendedores de las comunidades promueven y distribuyen los filtros, recibiendo una comisión para cada venta.
  - El comprador recibe su filtro únicamente después de completar el pago.
  - Poco a poco se sube el precio del filtro para que llegue a su valor de mercado verdadero y ayuda a la sostenibilidad del proyecto.
- Proporcionar a los vendedores hojas con instrucciones sobre el manejo del filtro para repartir cuando venden los filtros.
- En cada comunidad beneficiaria, formar un Comité de los Filtros, con la involucración de la enfermera responsable por la comunidad, para monitorear el uso de los filtros en las casas.
- Formar microempresas para la construcción de los filtros. Supervisar la construcción.
- No instalar filtros en sitios comunitarios (escuelas, iglesias, Centros de Salud). Promover que los niños lleven una botella de agua filtrada a la escuela, y que el Centro de Salud trate el agua con cloro.
- Insistir que los vendedores hagan seguro que el comprador tenga un trapo para colocar debajo de la tapadera del filtro.

### Diseño

- Sugerir al Club Rotario la fabricación del filtro circular porque requiere de menos cemento y es posible que sea más fuerte que el cuadrado.
- Investigar cómo mejorar la tapadera para que se quede bien en el filtro.

### Capacitación

- Empezar con capacitar a médicos y enfermeras en los Centros de Salud sobre la nueva tecnología.
- Capacitar a algunas personas locales interesadas para ser vendedores de los filtros. Éstas deben entender lo más posible sobre el filtro.
- Organizar charlas en la comunidad junto con la enfermera y un vendedor para introducir el filtro a las comunidades. Centrarse en:
  - Experiencias de los filtros en otras comunidades.
  - Funcionamiento y diseño del filtro (para que entiendan la tecnología y crean en ella).
  - Importancia del buen manejo del agua filtrada - puede ser que el agua filtrada sale completamente limpia, pero no sirve si luego se contamina por su manejo.
  - El ahorro de dinero que presenta el filtro - no tener que comprar cloro; el filtro sirve para siempre.
- No promover ni la construcción ni la instalación de los filtros por los beneficiarios - requieren de gente calificada.
- Promover que los usuarios, antes de comprar su filtro:
  - Compren un balde con llave para poder manejar bien el agua filtrada. Si no tienen el dinero, que consigan algunas botellas y un embudo para llenarlas fácilmente.
  - Construyan una plataforma sobre que ponen el filtro para que se quede bien en la cocina u otro lugar.
  - No coloquen el filtro acerca del fuego de la cocina.

- Promover que los usuarios:
  - Limpian su filtro de vez en cuando y no demasiado en seguida. La velocidad del flujo de agua no debe ser más que 1 litro por minuto y únicamente cuando baja significativamente, se indica que hay que remover la arena.
  - Remueven una capa superior de la arena de solamente 5 cm máximo.
  - Después de limpiar el filtro, pasen por lo menos 5-10 baldes de agua por el filtro antes de tomar el agua, o alternativamente cloran el agua filtrada en este periodo.
  - Coloquen una bolsa de plástico alrededor del tubo de salida para que no se ensucie.
  - Usen el balde del filtro solamente para agarrar agua filtrada - no se mete agua sucia.
  - En comunidades donde la gente no agarra agua cada día, que almacenen agua no tratada para poder pasarla por el filtro cada día.
- Dirigir las capacitaciones a las mujeres tanto que a los hombres - son las mujeres que manejan los filtros.
- Dar las charlas particulares a por lo menos 2 personas de la casa.
- Organizar que las enfermeras capaciten a los Comités de los Filtros regularmente para hacer el monitoreo.

### **Más Estudio**

- Investigar la variación en el rendimiento del filtro cuando se cambia la fuente de agua de la cual se saca el agua.
- Investigar la aceptación por la gente y la eficiencia de la desinfección solar en zonas con insolación limitada (para poder comparar con el Filtro de Bioarena).

### **9. i) Requisitos de la Comunidad**

- No tener agua potable (y no tener mucha oportunidad de recibirla en el futuro).
- No tener habitantes que normalmente cloran el agua en la casa.
- Tener fuentes de agua con menos de 100 UTN.

## **D) Implementación de los Proyectos**

### **1. Elección de la Comunidad**

Para cualquier tecnología, siempre se quieren comunidades bien organizadas para participar en la construcción del sistema y su manejo después. Esto, por supuesto, es más importante para tecnologías que sean comunitarias, pero también es importante para la sostenibilidad de los proyectos con tecnologías para particulares. Un comité comunitario, bien organizado, sería muy valioso para monitorear el buen manejo de los Filtros de Bioarena, o los sistemas de Captación de Aguas de Lluvia.

Se aconseja la formación de una Junta Administradora de Agua (JAA) para la implementación de muchas de las tecnologías. En realidad, es más recomendable que la JAA se forme antes del proyecto, para que la comunidad muestre que es capaz de construir y manejar su nueva tecnología. Hay muchas tareas que la JAA puede realizar en su comunidad para mejorar la situación en la comunidad antes de ningún proyecto y sin costo; tales como: la promoción de la higiene; la conservación del agua; el manejo de la basura; el manejo de las aguas servidas; etc. Así se puede determinar la motivación y organización de la comunidad - si sale bien, el proyecto de agua puede seguir.

### **2. Elección de la Tecnología de Abastecimiento de Agua**

Este informe imparte algunos criterios para servir como una guía cuando se contempla implementar cada tecnología no convencional de agua. El diagnóstico en el Anexo C es una herramienta que se puede usar para deducir la factibilidad de las tecnologías. Es diseñado para poder anotar suficientes datos en una visita a la comunidad para poder descartar las tecnologías inadecuadas, pero no para poder elegir la tecnología que se debe implementar.

Elegir la tecnología adecuada requerirá mucho más tiempo - entrevistas de los habitantes y reuniones con la participación de todos. La participación comunitaria en la elección del proyecto es tan importante como la participación en la realización del proyecto. Es fácil elegir una tecnología y luego encontrar una comunidad donde instalarla porque es muy improbable que una comunidad pobre se niegue a un proyecto de desarrollo, aún si la tecnología propuesta no es adecuada para sus necesidades. El proceso de elección debe involucrar a los habitantes para que ellos se pongan de acuerdo sobre qué tipo de proyecto cumplirá con sus necesidades.

Lo que es importante es que la comunidad entienda por qué no se debe implementar una tecnología que ya conoce (las convencionales) y por qué otra tecnología es más adecuada. Una vez que la comunidad entienda cuales son sus opciones, es mejor que ella escoja la tecnología que se va a usar, considerando los consejos de la institución. Puede ser que cierta tecnología parezca más apta, pero si la comunidad no la quiere, es mejor implementar otra que le guste y que vaya a usar.

Es más fácil la teoría que la práctica. La comunidad no es una persona sino una multitud de personas, de diferentes sexos, edades, capacidades y habilidades. Hacer que entiendan todos es imposible, pues es la tarea de los promotores de trabajar bien con la gente y obtener las opiniones de todos que puedan.

### **3. Elección de la Tecnología de Tratamiento del Agua**

Igual que para elegir la tecnología de abastecimiento de agua, se deben siempre tener en cuenta las opiniones y creencias de la comunidad cuando se elige el método de tratamiento. Se debe presentar a la comunidad los varios métodos de tratamiento del agua y explicarle las ventajas y desventajas de cada uno.

Si es posible, se enseñan las tecnologías a los habitantes para que las vean. Se propone mostrar a la gente la contaminación que existe en sus fuentes de agua (p.ej. resultados de análisis de coliformes fecales) antes y después de tratar el agua con cada tecnología. Los habitantes podrían probar el agua tratada, para ver si les gusta.

En cuanto al cloro, es muy importante que la gente prueba el agua clorada y decida si le gusta el sabor o no. También, se debe intentar convencer a la gente que el agua clorada, con la correcta dosificación, no hace daño al cuerpo.

#### **4. Ejecución del Proyecto**

Los proyectos en los que los mismos beneficiarios contribuyen con sus ideas, fondos y mano de obra suelen ser más exitosos que los que son planificados, pagados y construidos por gente del exterior. Algunas de las tecnologías que se presentan en este informe permiten un gran nivel de participación de la comunidad en la implementación de un proyecto y esto se debe aprovechar.

#### **5. Recomendaciones Adicionales**

A continuación, se enumeran unas recomendaciones generales sobre la implementación de los proyectos:

- La comunidad debe discutir la importancia y el cuidado de las fuentes antiguas cuando se implementa un nuevo proyecto. El descuido de las fuentes anteriores por culpa de las nuevas es un peligro y afecta más a ellos que no son beneficiarios del nuevo sistema (a menudo los más pobres y vulnerables).
- En cuanto a las capacitaciones, se recomienda capacitar a un grupo de voluntarios que adquiera el compromiso de replicar sus nuevos conocimientos entre otros miembros de la comunidad con el fin de asegurar la sostenibilidad del sistema. Esta réplica se hace bajo supervisión de la institución.
- La capacitación solamente al inicio del proyecto no es suficiente porque la gente olvida lo que aprende o los miembros de los comités comunitarios cambian y no se les transmite la capacitación a los nuevos miembros. La sostenibilidad del proyecto será más segura si existe monitoreo y seguimiento por parte de las instituciones después de la terminación del proyecto. Toda capacitación realizada se debe documentar por la administración de la comunidad para que se pueda coordinar capacitación en el futuro (tal vez por otras organizaciones).
- Es recomendable proporcionar documentos a cada beneficiario por si acaso no entienden las capacitaciones o no se acuerdan de todo. Una hoja sencilla con instrucciones (y dibujos) sobre la operación y mantenimiento de la tecnología es sirve de mucha ayuda.
- Dibujos y rótulos pueden ayudar enormemente en la capacitación y entendimiento de la gente y entonces la sostenibilidad del proyecto. Sobre todo para tecnologías alternativas y desconocidas, serán útiles para que los usuarios adapten a las nuevas costumbres. Los filtros, tanques elevados, cajas de protección, etc. son superficies ideales para pintar pequeños dibujos o mensajes como "Botar el agua de las primeras tormentas" o "Filtrar 1 balde cada día". También se pueden proporcionar carteles con comics sobre cómo manejar el sistema para colocar en las paredes de la cocina, en las escuelas o en los Centros de Salud.
- Si se involucran más de una organización en el proyecto, los papeles de cada una deben ser definidos claramente para que la comunidad sepa lo que esperar de cada una y a quien contactar en caso de necesidad. Se puede crear confusión si demasiadas organizaciones están involucradas en un proyecto y no se definen bien los roles de cada una. Se recomienda que se nombre una organización como la Institución Principal a la cual se contacta en caso de

problemas. De todos modos, la comunidad, la Alcaldía y la Institución Principal deben tener copias de los documentos sobre el sistema.

- Todas las reuniones regulares en la comunidad deben tener una agenda estándar escrita por la comunidad, con el apoyo de la institución. Así, se tendrá una pauta para las reuniones y no se olvidarán los temas.
- Si se trata de un sistema comunitario con una tarifa, se aconseja que la Junta Administradora de Agua empleen un Cobrador el cual tendrá la responsabilidad de recaudar los fondos. Es normal que éste reciba una pequeña comisión para cada tarifa que recauda.
- Se tiene que quedar claro que el Fontanero, como el Cobrador, es empleado de la JAA y no parte de la misma. Los dos deben reportarse a la JAA y no se permite que manipulen el sistema de agua o el dinero como quieran.

## **Bibliografía**

**Bancos de Cloro Rurales en Honduras.** Gregory Boirame. 1999. Grupo Colaborativo de Agua y Saneamiento de Honduras. Red Regional de Agua y Saneamiento de Centroamerica (RRAS-CA).

**Evaluación de la Gestión Municipal del Agua y Saneamiento en los Municipios de la Mancomunidad de la Botija y Guanacaure (MAMBOCAURE).** Olman Rivera, Xavier Jené y Zelenia Cerdas. Nov 2003. SER - PROAGRO.

**Guía Latinoamericana de Tecnologías Alternativas en Agua y Saneamiento.** Organización Panamericana de la Salud / Agencia Española de Cooperación Internacional / Unión Mundial para la naturaleza / Fundación de Costa Rica. Mayo, 1997.

**Source Book of Alternative Technologies for Freshwater Augmentation in Latin America and the Caribbean.** Organization of American States (OAS), United Nations Environment Programme (UNEP) y International Environmental Technology Centre (IETC).

<http://www.unep.or.jp/ietc/Publications/TechPublications/TechPub-8c/>

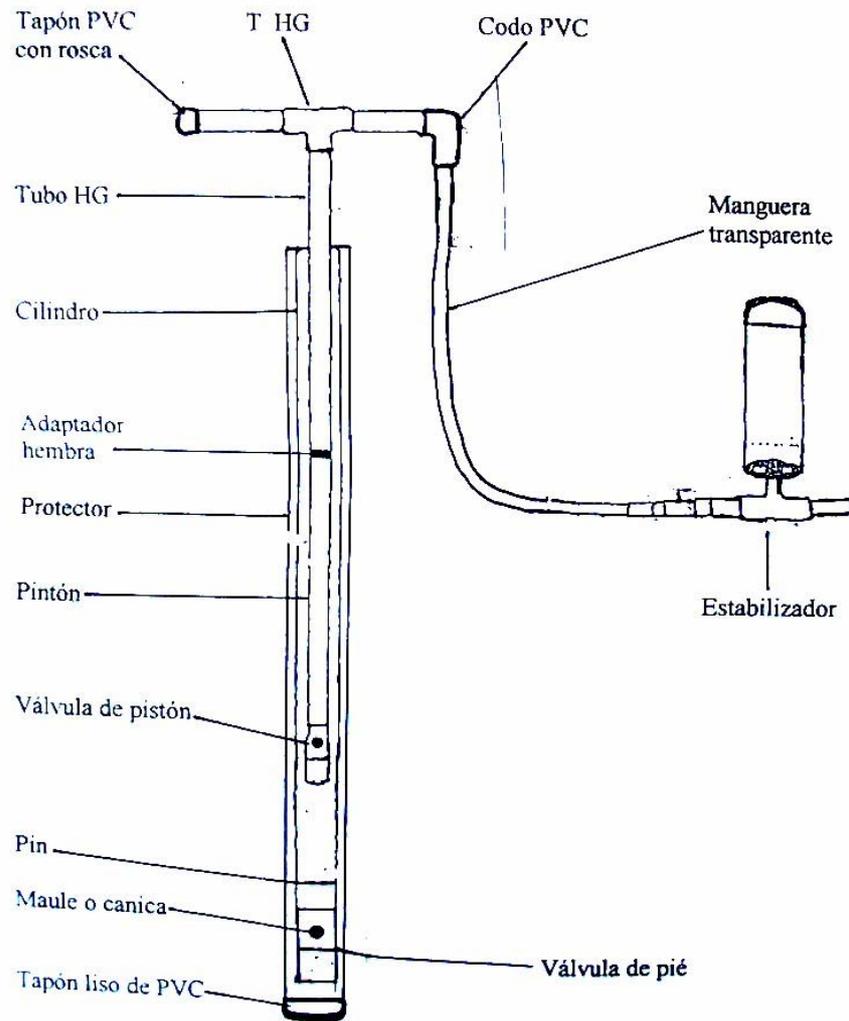
<http://www.oas.org/usde/publications/Unit/oea59e/begin.htm>

<http://www.oas.org/SP/PROG/srcecont.htm>

**Tecnologías de Manejo de Agua para Fines Agropecuarios.** Martin Fischler. Mar 2001. UAP - PASOLAC. Estelí, Nicaragua. Memoria de Taller.



## ANEXO A: Piezas de la Bomba EMAS-Flexi



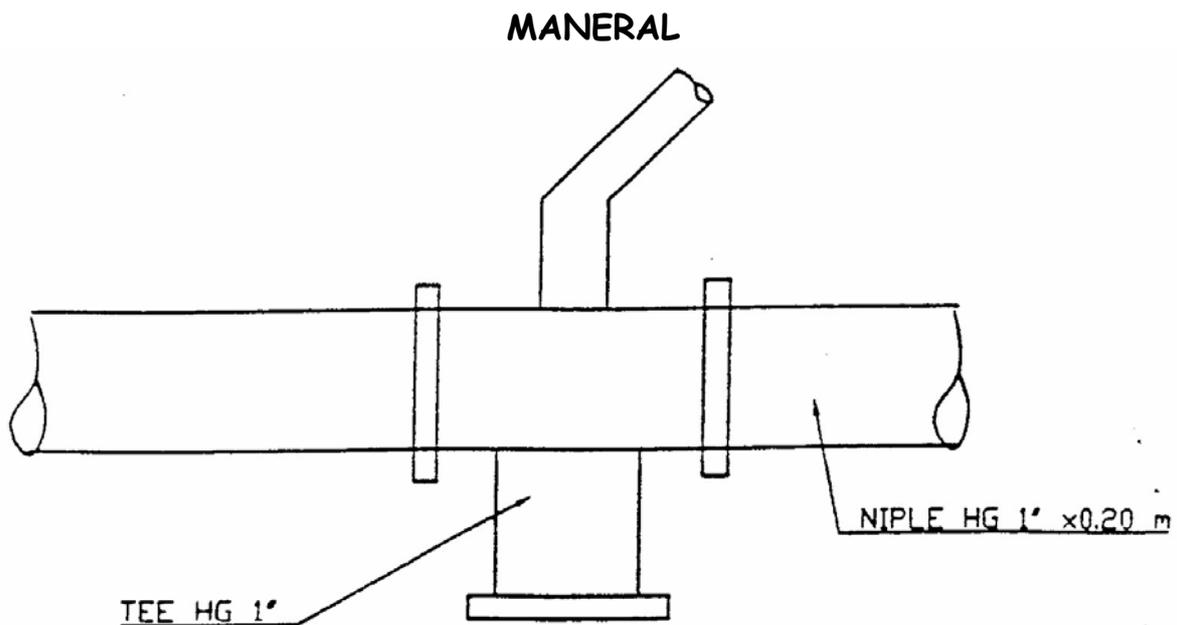
Material	Cantidad	Costo
Niple HG $\frac{1}{2}$ " x 6"	2	20 lps
Tee HG $\frac{1}{2}$ "	1	8,5 lps
Tubo HG $\frac{1}{2}$ "	1 m	30 lps
Tapón Hembra PVC 2"	2	32 lps
Reductor PVC 2" - $\frac{3}{4}$ "	1	13 lps
Reductor PVC 2" - $\frac{1}{2}$ "	1	23 lps
Adaptador Hembra PVC $\frac{3}{4}$ "	1	5 lps
Adaptador Macho PVC $\frac{3}{4}$ "	1	5 lps
Adaptador Hembra PVC $\frac{1}{2}$ "	2	3 lps
Adaptador Macho PVC $\frac{1}{2}$ "	3	3 lps
Válvula de paso libre $\frac{1}{2}$ " (estilo media vuelta)	1	40 lps
Codo 90° PVC $\frac{1}{2}$ "	1	4.5 lps
Tapón Hembra PVC $\frac{1}{2}$ "	1	3 lps
Tee PVC $\frac{1}{2}$ "	1	8 lps
Teflón	1 rollo	3 lps
Maule o canica	2	2 lps
Plantilla de Hule (neolite)	1	5 lps

**Costo Aproximado (sin tubería): 208 lps (\$11.5)**

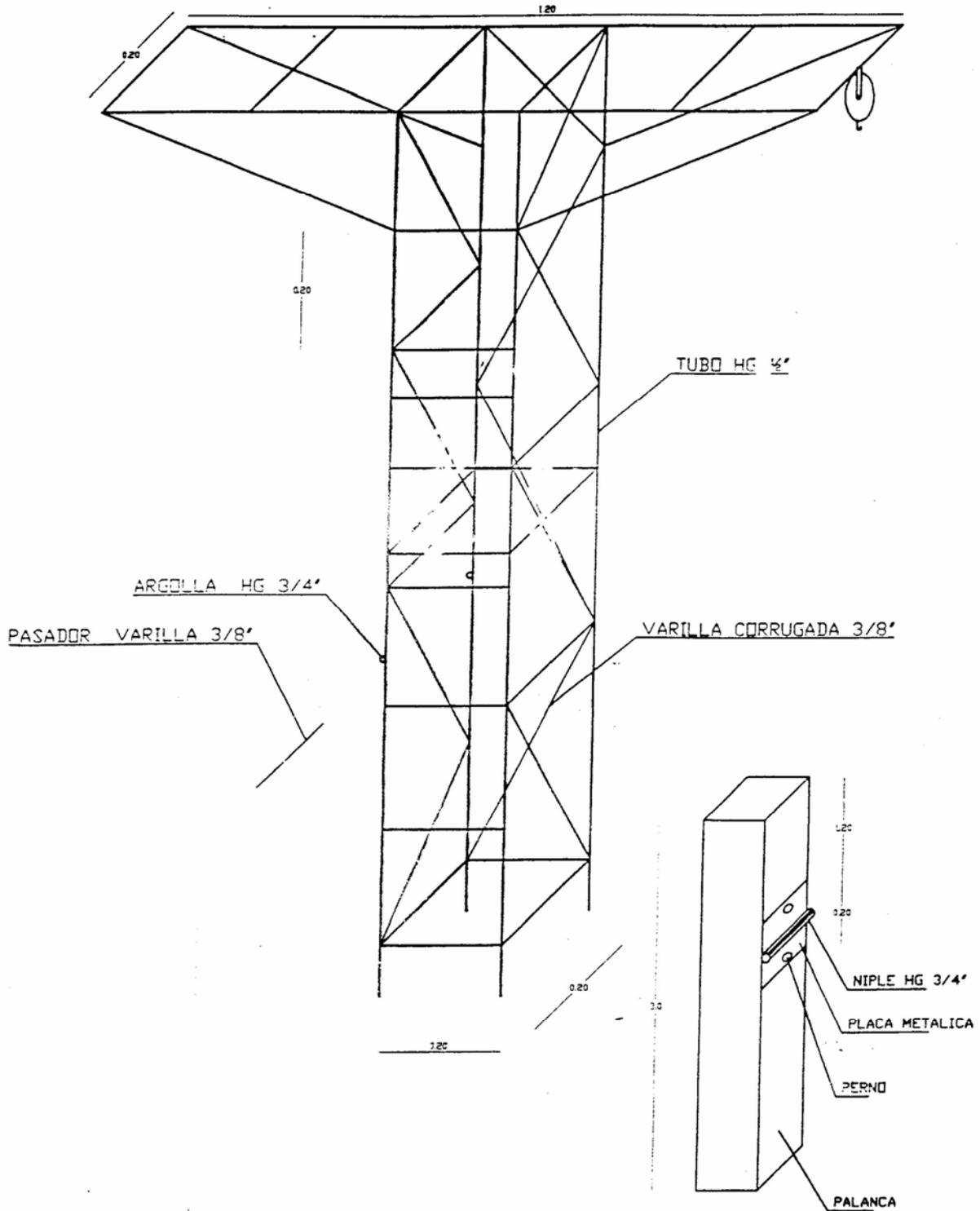
## ANEXO B: Equipo de Perforación Manual

Material	Cantidad
Torre de HG	1
Llaves Stilson de 18 (para tubos)	2
Llaves Stilson de 18 (para tubos)	2
Polea	1
Manguera $\frac{3}{4}$ "	15 yardas
Tubo HG 1"	hasta 30-40 m
Broca 3"	4
Prensa	1
Diamantina	1
Almádana	2
Lazos	varios
Barril	1
Balde	1
Colador	1
Barra de acero	1
Tarraja	1
<b>1 Bomba de Lodo</b>	
HG 1.5"	1 m
Adaptador Campana	1
Reductor 1.5" - 1"	1
Tubo HG 1"	1 m
<b>Maneral</b>	
Niple HG 1" x 6"	1
Tee HG 1"	1

**Costo Total Aproximado: 8000-10 000 lps (\$450-\$550)**

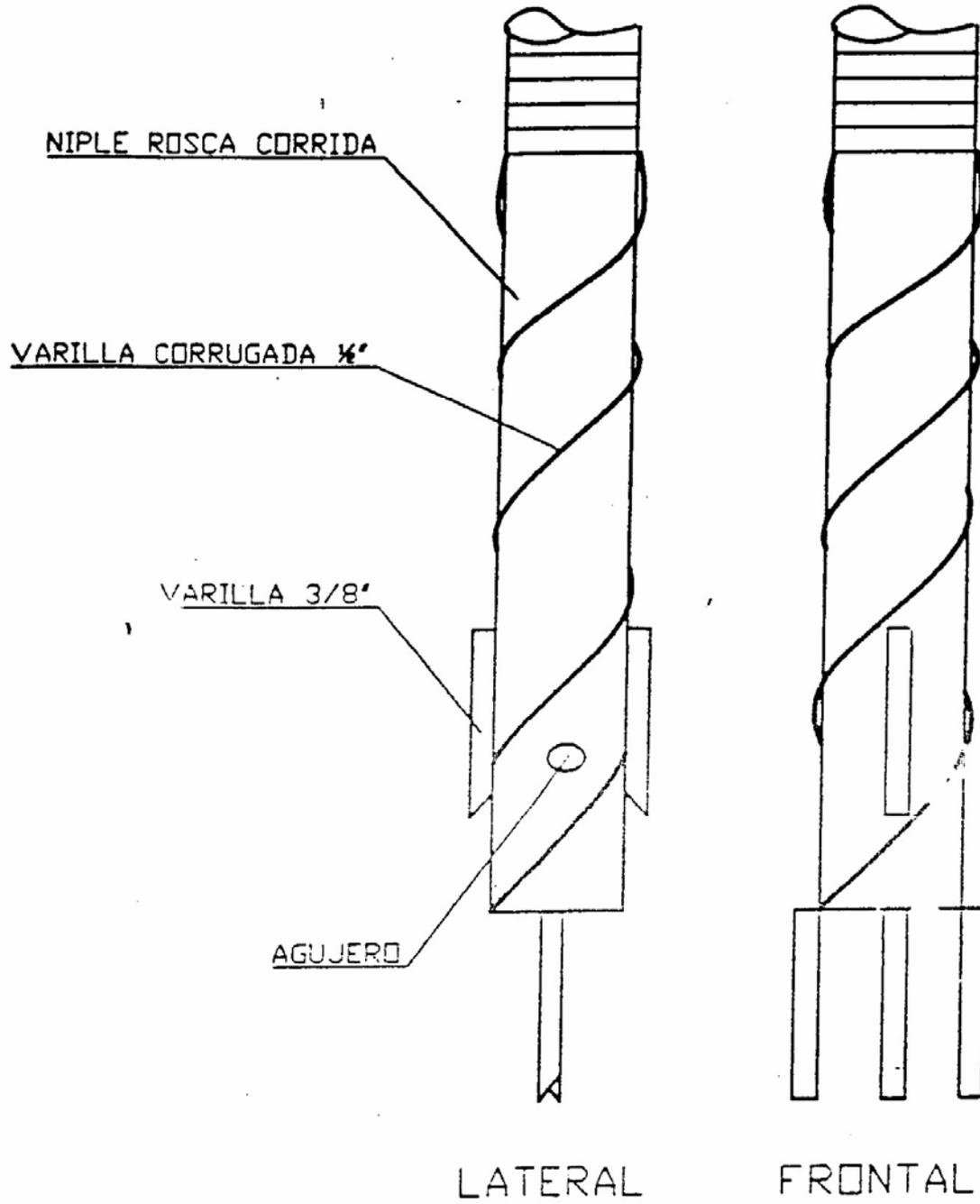


# TORRE DE HG



Costo Aproximado: 1500-2000 lps (\$80-\$110)

# BROCAL



Costo Aproximado: 200 lps (\$11)

**ANEXO C:**  
**Diagnóstico de Proyectos de Agua con**  
**Tecnologías No Convencionales**

## DIAGNÓSTICO PROYECTOS DE AGUA

## TECNOLOGÍAS NO CONVENCIONALES

ALDEA: \_\_\_\_\_ Visita N° \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_  
 MUNICIPIO: \_\_\_\_\_ Nombre del investigador: \_\_\_\_\_  
 DEPARTAMENTO: \_\_\_\_\_ Base: \_\_\_\_\_

### GENERAL

N° de casas (ocupadas) en la comunidad: \_\_\_\_\_  
 Escuelas / Kinder: \_\_\_\_\_ Iglesias: \_\_\_\_\_ Centro de Salud: \_\_\_\_\_ Otros: \_\_\_\_\_  
 ¿Describir las ubicaciones de las casas (dispersas, reducidas, pequeños grupos)?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Aspecto de la comunidad: Limpia: \_\_\_\_\_ Poco Sucia: \_\_\_\_\_ Muy sucia: \_\_\_\_\_  
 ¿Tiene luz? \_\_\_\_\_ Si no, distancia a la red eléctrica: \_\_\_\_\_

### AGUA

¿A qué profundidad se encuentra el nivel freático? \_\_\_\_\_  
 ¿Existe un sistema de agua potable? ¿De qué tipo? \_\_\_\_\_ (*gravedad, bombeo*)  
 ¿Qué es la fuente de agua? \_\_\_\_\_ (*pozo, arroyo, nacimiento*)  
 ¿Existen análisis del agua de la fuente? ¿Por cuál institución? \_\_\_\_\_ ¿Tiene copias? \_\_\_\_\_  
 ¿Qué es la capacidad del tanque? \_\_\_\_\_  
 ¿Hay hipoclorador? \_\_\_\_\_ Medidas del hipoclorador: \_\_\_\_\_ m × \_\_\_\_\_ m × \_\_\_\_\_ m  
 ¿Se usa el hipoclorador? \_\_\_\_\_  
 ¿Qué otras fuentes de agua existen?:  
 Pozos perforados \_\_\_\_\_ Pozos excavados a mano \_\_\_\_\_ Pozos superficiales \_\_\_\_\_  
 Nacimientos \_\_\_\_\_ Arroyos \_\_\_\_\_ Ríos \_\_\_\_\_

	Tipo de Fuente	Tiempo en llegar	Cantidad de Agua (invierno / verano)	Observaciones de la Calidad del Agua (color, olor, sabor) (invierno/ verano)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				

Comunidad: \_\_\_\_\_ Municipio: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

	Aprox. N° de Usuarios	Uso del Agua	Método de Acarrear	Otras Observaciones
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				

¿Cuánto es la precipitación anual de la zona? \_\_\_\_\_

### LETRINAS

¿Cuántas casas tienen letrina? \_\_\_\_\_

Tipos de letrina: Foso simple \_\_\_\_ Mejorada \_\_\_\_ Lavable \_\_\_\_ Abonera \_\_\_\_ Otros \_\_\_\_\_

### ORGANIZACIÓN COMUNITARIA

¿Existe un patronato? \_\_\_\_ ¿Está activo? \_\_\_\_ ¿Cuándo fue la última reunión? \_\_\_\_\_

¿De qué se trató? \_\_\_\_\_

¿Hay algún proyecto o propuesta de un proyecto pendiente actualmente? ¿De qué se trata?

\_\_\_\_\_

¿Cuales otros grupos existen en la comunidad?

Grupo	¿Está activo?	¿Cuándo fue la última reunión?
Patronato		
Junta Administradora de Agua (JAA)		
Comité del Medio-Ambiente		
Sociedad de Padres de la Escuela		

Si hay JAA:

¿Cuántos años tiene? \_\_\_\_ ¿Han cambiado los miembros? \_\_\_\_ ¿Hubo elecciones? \_\_\_\_

¿Qué miembros tiene? Presidente \_\_\_\_ Vicepresidente \_\_\_\_ Tesorero \_\_\_\_

Secretario \_\_\_\_ Fiscal \_\_\_\_ Vocal(es) \_\_\_\_ Otros \_\_\_\_\_

¿Hay Fontanero? \_\_\_\_ ¿Se le paga a él / ella, cuánto? \_\_\_\_\_ ¿Existen recibos de su pago?

\_\_\_\_\_

¿Se paga una tarifa para el agua? ¿Cuánto? \_\_\_\_\_ ¿Hay un registro de los pagos? \_\_\_\_

¿Se les dan recibos a los abonados? \_\_\_\_

## INGRESOS

¿Qué tipos de ingresos tiene la comunidad? \_\_\_\_\_

¿En qué meses hay trabajo? \_\_\_\_\_

¿Normalmente cuantos días se trabaja por semana? \_\_\_\_\_

¿Cuánto dinero se gana por día? \_\_\_\_\_

## VISITAS A LAS CASAS

*Visitar por lo menos 5 casas en varias partes de la comunidad*

Nº de casas visitadas \_\_\_\_\_

¿Patio suficiente grande para colocar cisternas enterradas (> -14 m<sup>2</sup>)? Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

Tipo de suelo: Blando \_\_\_\_\_ Firme \_\_\_\_\_ Duro \_\_\_\_\_ Mucha roca \_\_\_\_\_

¿Cuál es la distancia al pozo más cercano (si existe)? \_\_\_\_\_ ¿Y la diferencia en altura? \_\_\_\_\_

¿Qué es el máximo que pagaría por mes por tener agua en su casa 24 horas al día? \_\_\_\_\_

¿Cuánto pagaría por mes por tener 1 barril de agua en su casa cada 2 días? \_\_\_\_\_

¿Usted clora agua en su casa? ¿Cómo? \_\_\_\_\_ (que enseñe el proceso)