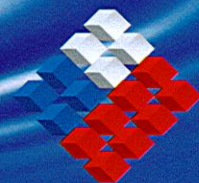
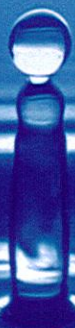


**GUÍA PARA LA UTILIZACIÓN  
DE AGUAS GRISES  
DE LAVAMANOS  
EN ESTABLECIMIENTOS  
EDUCACIONALES**



**GUÍA PARA LA UTILIZACIÓN  
DE AGUAS GRISES  
DE LAVAMANOS  
EN ESTABLECIMIENTOS  
EDUCACIONALES**



*2009*



GOBIERNO DE CHILE

**AUTOR**

**CAMILO LÓPEZ TRUJILLO**  
Ingeniero en Medio Ambiente.

Capítulo Biofiltro  
**MIGUEL CORTÉS**  
**ERIC JARA**  
**AQUATIERRASOL**

**EDICIÓN**

Comisión Nacional del Medio Ambiente  
Departamento de Educación Ambiental y Participación Ciudadana

Santiago, 2009

# CONTENIDO

---

<b>PRESENTACIÓN</b>	<b>5</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>6</b>
<b>2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISES</b>	<b>7</b>
<b>3. MANTENCIÓN DEL SISTEMA</b>	<b>15</b>
<b>4. BIOFILTRO</b>	<b>16</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>21</b>
<b>ANÁLISIS DE COSTOS</b>	<b>22</b>
<b>EJEMPLO DE INSTALACIÓN DE UN SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE AGUAS GRISES PROVENIENTES DE LOS LAVAMANOS DE UN ESTABLECIMIENTO EDUCACIONAL</b>	<b>24</b>
<b>PROBLEMAS PRÁCTICOS BÁSICOS DE DISEÑOS HIDRÁULICOS</b>	<b>27</b>
<b>DATOS NECESARIOS PARA DESARROLLAR Y/O SUPERVISAR EL TRABAJO CON CAÑERÍAS Y OTROS ARTEFACTOS</b>	<b>30</b>
<b>VÍNCULOS WEB PARA PROFUNDIZAR</b>	<b>34</b>
<b>OTROS CONSEJOS PARA EL USO EFICIENTE DEL AGUA EN LA ESCUELA</b>	<b>35</b>

## PRESENTACIÓN

**A**gua simple, agua ancestral, agua que ha modelado el planeta, así como modela la arcilla el alfarero para contenerla después, así el agua forma parte del todo y de todo, incluyéndonos a nosotras y nosotros mismos; el agua más antigua que la vida misma, podemos beberla, podemos lavarnos con ella y regar nuestras plantas. El agua sin duda es esencial para la vida –aun en este cambio de época–, es esencial en nuestra vida de cada día; entrelazándose a profundos motivos e intereses de todo tipo –sociales, éticos, políticos, religiosos, culturales, económicos–, se entrelaza a la vida.

*El agua, espejo de nuestro corazón que transmite nuestros sentimientos y pensamientos. El agua nos muestra nuestra imagen, siendo capaz de limpiarlo todo.*

*Esta agua que colma los mares, los subsuelos, las cumbres y los valles, que colma nuestro planeta Tierra, nuestro planeta azul, embebido de ella, aunque actualmente esa agua diste de ser pura y cristalina. La contaminación de los mares, ríos y del agua del subsuelo es un hecho, y esa agua es la que está en las verduras que comemos y en el agua que bebemos.*

*Por eso debemos buscar permanentemente formas de hacer un uso amigable y sustentable de este recurso tan necesario para la vida. Es por esa razón que presentamos esta segunda edición de la Guía para la Utilización de Aguas Grises de Lavamanos en Establecimientos Educativos.*

*Queremos contribuir de esta manera a su valoración en el proceso educativo de las niñas, niños y jóvenes, como el de sus familias y comunidades educativas, poniendo al alcance de todas y todos soluciones prácticas para nuestros problemas ambientales.*

*“Hago un llamado a todos los responsables de nuestro planeta para que protejan y conserven la naturaleza creada por Dios: no permitamos que nuestro mundo sea una tierra siempre más degradada y degradante”.*

(Juan Pablo II, Punta Arenas, 4 de abril de 1987)

**Juan Fernández Bustamante**

Jefe Departamento de Educación Ambiental y Participación Ciudadana  
Comisión Nacional del Medio Ambiente

# 1. INTRODUCCIÓN

---

**T**odos los colegios, liceos y escuelas, especialmente aquellos que están insertos en el Sistema Nacional de Certificación Ambiental de Establecimientos Educativos, requieren de herramientas que faciliten la implementación de prácticas de gestión coherentes con un enfoque integral acorde con la Política Nacional para el Desarrollo Sustentable.

Por este motivo, la Comisión Nacional del Medio Ambiente, con la colaboración de otros actores, ha preparado este material destinado a servir de guía para la instalación de un sistema de reciclaje de aguas grises, a través de la captación, filtrado y distribución para regadío de áreas verdes.

El “agua gris”<sup>1</sup>, o “agua servida no cloacal”, es aquella resultante del lavado de manos, duchas y lavaplatos. Básicamente es agua con jabón, algunos residuos grasos de la cocina y detergentes. El agua gris se distingue del “agua cloacal” contaminada con desechos del retrete, llamada agua negra, porque no contiene bacterias patógenas.

El presente material ha sido elaborado a partir de la sistematización de iniciativas desarrolladas por establecimientos educacionales en la Región de Tarapacá, que lograron la instalación y puesta en operación de sistemas de reutilización de aguas, a través del financiamiento otorgado por el Fondo de Protección Ambiental (FPA)<sup>2</sup>.

Así, el propósito de este material es dar a conocer el reciclaje de las aguas grises utilizando su proceso de implementación y funcionamiento como una oportunidad educativa con un enfoque holístico.

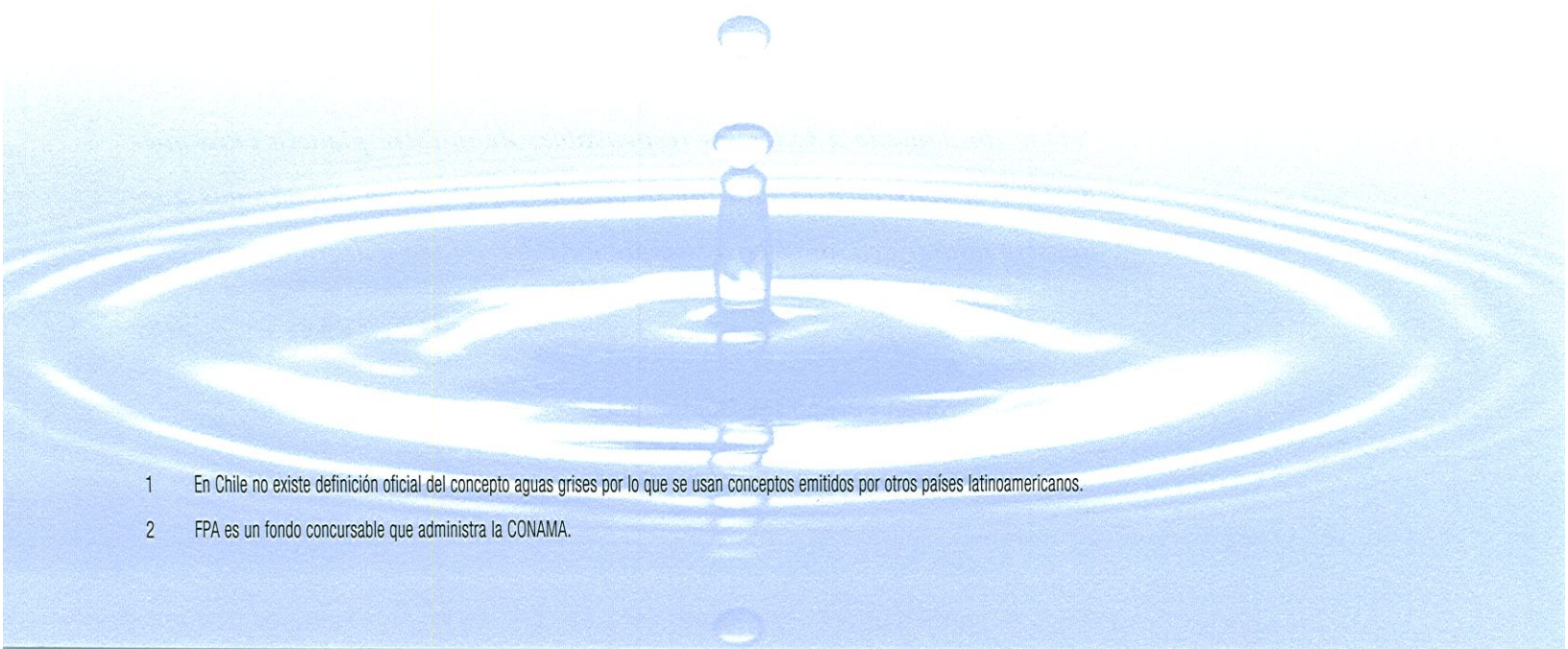
La guía está dirigida a directivos, docentes, alumnos y alumnas, y su desarrollo está pensado para que algunas de sus etapas sean una alternativa de actividades pedagógicas, tanto dentro como fuera del aula.

La idea es que este manual sea de utilidad para aquellos que han tomado conciencia sobre la importancia de resguardar este vital y escaso recurso.

Cabe destacar que a través de la implementación de este tipo de iniciativas, ejemplo de uso eficiente del recurso, se puede lograr un ahorro promedio de 35% en el consumo de agua, generando una baja significativa en la cuenta.

1 En Chile no existe definición oficial del concepto aguas grises por lo que se usan conceptos emitidos por otros países latinoamericanos.

2 FPA es un fondo concursable que administra la CONAMA.



## 2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISES

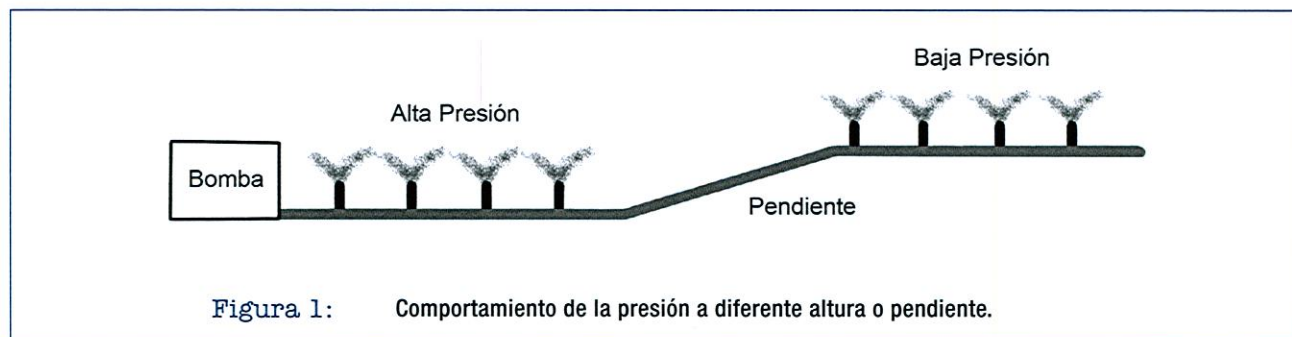
El sistema consiste básicamente en desviar la descarga de las aguas grises provenientes de los lavamanos del establecimiento y almacenarlas en un estanque, previo paso por un filtro de membrana o arena. Posteriormente el agua es impulsada para alimentar un sistema de regadío por aspersión o por goteo, instalado para regar plantas y áreas verdes, que han preparado previamente distintos grupos de trabajo o cursos del establecimiento.

De acuerdo al ejemplo que se presenta en la tabla N° 4, el costo total de este sistema, que incluye materiales, insumos, asesoría y gastos generales, asciende a \$ 2.125.368, (valor estimado año 2006). Dicho valor es aproximado y puede sufrir variaciones para situaciones distintas a las aquí analizadas.

### 2.1. Instalación

Antes que todo se debe dimensionar el área que se va a regar (incluye mantención y nuevas áreas verdes), a través de un plano para distribuir apropiadamente las conexiones del sistema. Comience por medir y trazar el plano del colegio a escala, sobre un papel cuadriculado. Se recomienda hacerlo en una escala de 1:10. El plano debe incluir las salas, baños, patios, áreas aptas para el regadío y todas las estructuras fijas del colegio. Señale en el plano los lugares donde se encuentran las instalaciones eléctricas y de alcantarillado.

Recuerde señalar claramente en el mapa las estructuras del colegio, de modo que el sistema instalado riegue sólo las zonas en donde haya plantas y las zonas donde se reforestará. Ténganse en cuenta los vientos si cree que pueden afectar el riego. Más importante aún, señale las pendientes del terreno. Si el área de reforestación está en pendiente, la presión del agua cambiará (será más baja conforme aumente la pendiente y más alta conforme disminuya) y afectará a la cantidad de agua que sale del aspersor (Ver Fig. 1).

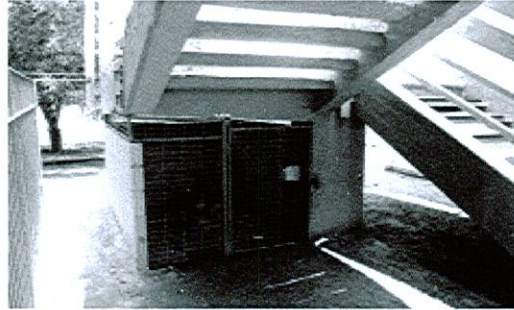


Prepárese para hacer más de una versión del plano si es necesario. Es más fácil dibujar sobre el papel varias alternativas antes de empezar cualquier etapa del proyecto.

### 2.2. Sistema de Filtrado y Almacenamiento del Agua

Al definir los lugares en donde se ubicarán estas instalaciones, visualice, como primera opción, utilizar espacios sin uso, como por ejemplo debajo de escaleras, rincones, etc., y lo más cerca posible de los lavamanos que abastecerán de agua a reutilizar (Ver ejemplo en Fig. 2).

**UTILIZACIÓN EFICIENTE DE ESPACIOS**



**Figura 2:** Ejemplo de utilización de espacio para instalación de bomba y estanque de acumulación (Escuela D-10 de Arica).

Es fundamental difundir entre los docentes, asistentes de la educación, alumnado y personal administrativo, que los lavamanos sólo sean de uso personal y no para enjuagar materiales como pegamentos, témperas, etc.; para esos residuos se debe implementar una batea o un sanitario con salida independiente al sistema de alcantarillado.

Se debe instalar en los lavamanos, específicamente en la boca del resumidero, una rejilla de aproximadamente 0.2 mm<sup>2</sup>, para impedir que pasen objetos o cuerpos de gran diámetro (chicles, papeles, lápices, etc.), evitando de esta forma que se tape el sistema de captación de aguas.

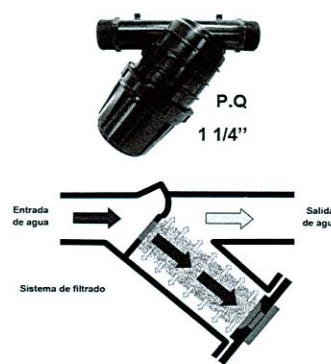
Una vez instaladas las tuberías de captación, se procede a colocar un filtro básico de malla o arena para filtrar o depurar las aguas como se muestra en la figura 3.

El filtro de arena es opcional dadas las características del agua, ya que también se puede incluir el agua de duchas que contiene aguas jabonosas, ricas en fósforo y otros agentes químicos, elementos que son nutrientes para las plantas.

**FILTRO DE ARENA**



**FILTRO DE MALLA**



**Figura 3:** Tipos de filtros. Arena a la izquierda y a la derecha filtro de malla. En ambas figuras se detalla su estructura interior.



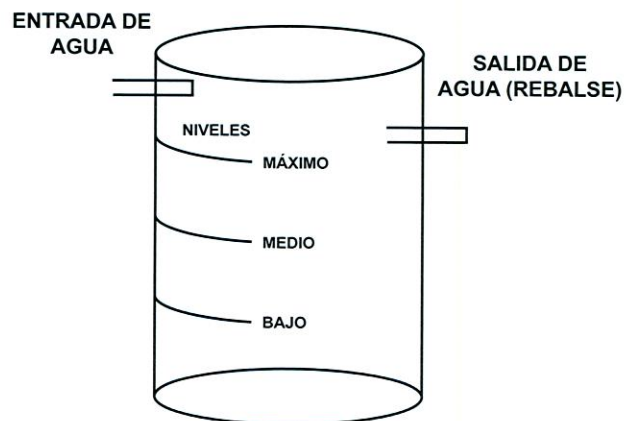
Luego de haber instalado el filtro (si es necesario), se procede a instalar el estanque de almacenamiento del agua de alrededor de 3.000 litros. Dicho estanque está dimensionado para un establecimiento de 800 alumnos aproximadamente.

Dado que los baños tienen una mayor concurrencia del alumnado en los períodos de recreos, es recomendable para el estanque de 3.000 litros dejar que se acumule agua para ser ocupada para la irrigación después de la jornada o antes de que ésta se inicie temprano en la mañana.

### POR SI LAS MOSCAS

Pueden existir períodos en el año de sobrecarga del flujo, en que se produzca un rebalse en el estanque almacenador de agua, por lo que es recomendable tener en consideración dos aspectos importantes para que no colapse el sistema (Figura N° 4):

- Insertar un dispositivo automático (interruptor de nivel) que sea capaz de responder eficientemente cuando se produzcan estos eventos accionando el sistema de regadío automáticamente.
- Instalar una descarga al sistema de alcantarillado en caso de fallar el sistema automatizado.



**Figura 4:** A la izquierda se encuentra señalado el dispositivo (interruptor de nivel) y a la derecha se indica la salida de agua de rebalse.

Una vez instalado el sistema de filtro y acumulación se conecta la bomba de regadío. Se debe saber qué potencia (HP) se requiere para tener una presión óptima para que el sistema de irrigación (aspersión o goteo) implementado sea eficiente.

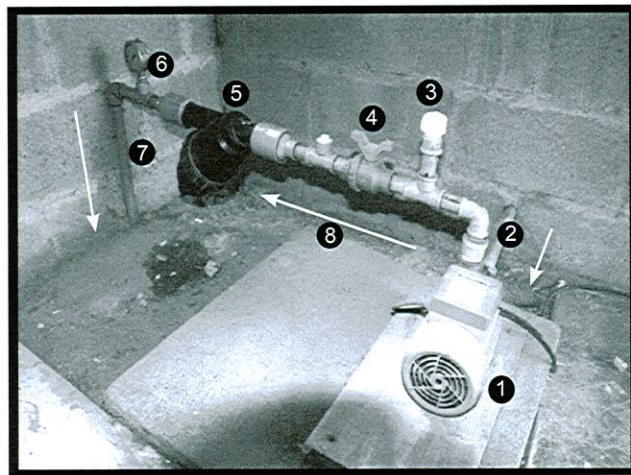
### 2.3. ¿Cómo conocemos la presión de agua que requiere el sistema?

Para calcular la presión del agua en el sistema se considerarán en primer lugar el tamaño y diseño de las áreas verdes. Además se definirá la cantidad de aspersores que se necesitarán. Los aspersores consumen una cierta cantidad de litros de agua por minuto que varía de acuerdo a cada tipo.

La suma total de los caudales de aspersores y dispersores debe ser igual o menor al caudal de agua que es impulsada por la bomba. De esta forma, podemos señalar que para un jardín de 400 m<sup>2</sup>, si la suma de caudales de los diferentes aspersores es igual a 240 litros/minuto y el caudal de agua disponible es de 100 litros/minuto, habrá que dividir el riego en tres zonas, que funcionarán una cada vez, con un máximo de 100 litros/minuto cada una.

Conociendo la potencia de la bomba, se puede calcular la presión y el caudal de agua disponible para la sumatoria de aspersores y dispersores. Así, una potencia estándar de 0.5 HP será suficiente para irrigar 50 ejemplares (árboles, cactus o especies ornamentales). Para regar césped se necesita un sistema de mayor aspersion, por ende se necesitará una potencia mayor a 0.5 HP.

En la figura N° 5 se detalla el esquema de instalación de la bomba con sus respectivas conexiones a la red de regadío y toma de agua del estanque almacenador.

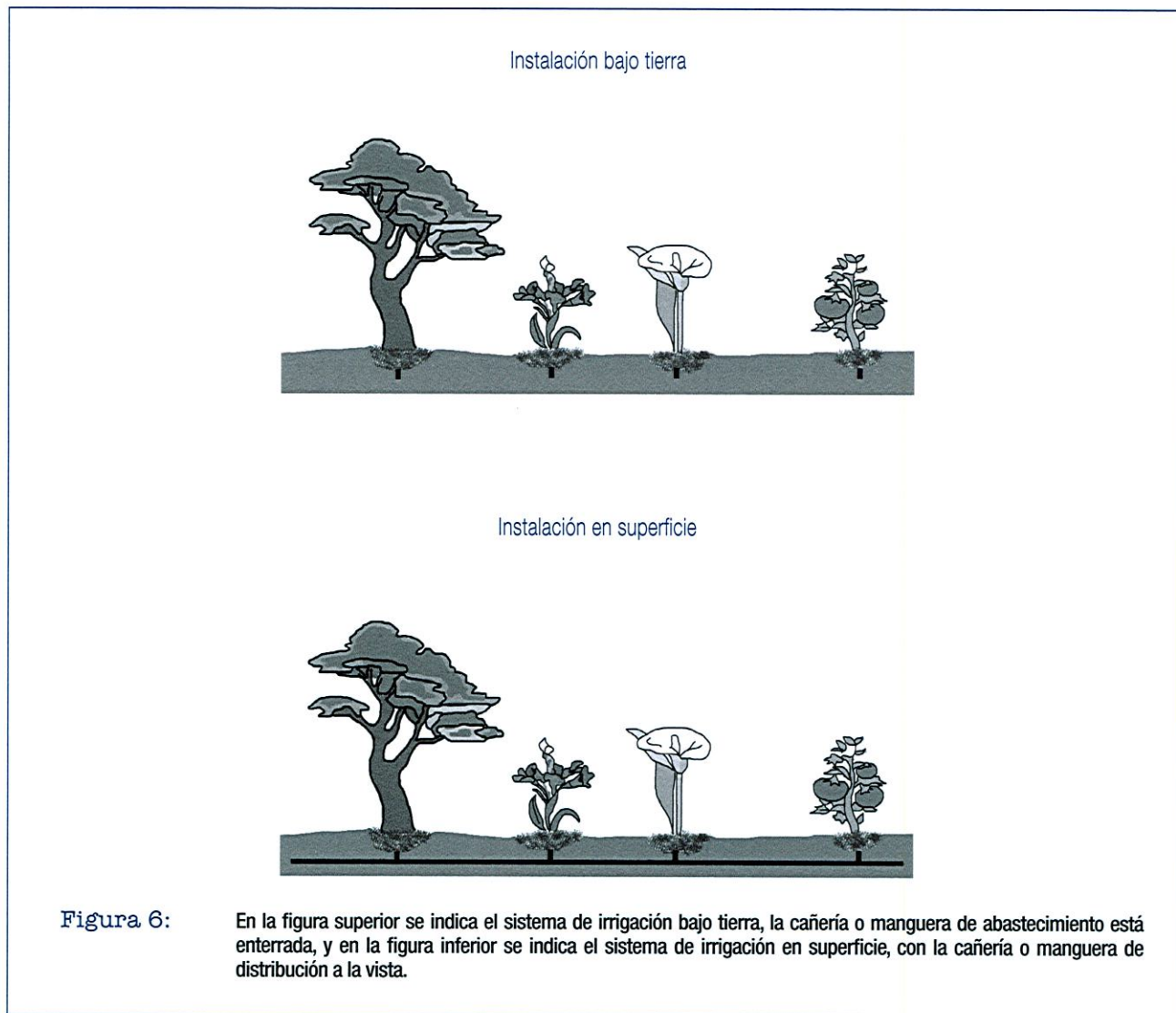


**Figura 5:**

**1/Bomba de 0.5 HP, 2/Entrada de agua proveniente del estanque almacenador, 3/Tapón para cebar la bomba cuando se haga mantenimiento, 4/ Llave para cortar el flujo de agua o bajar la presión de la bomba, 5/ Filtro de malla, 6/ Manómetro (marcador de presión), 7/ Salida de agua para el sistema de regadío. 8/ La flecha indica la corriente de flujo de agua.**

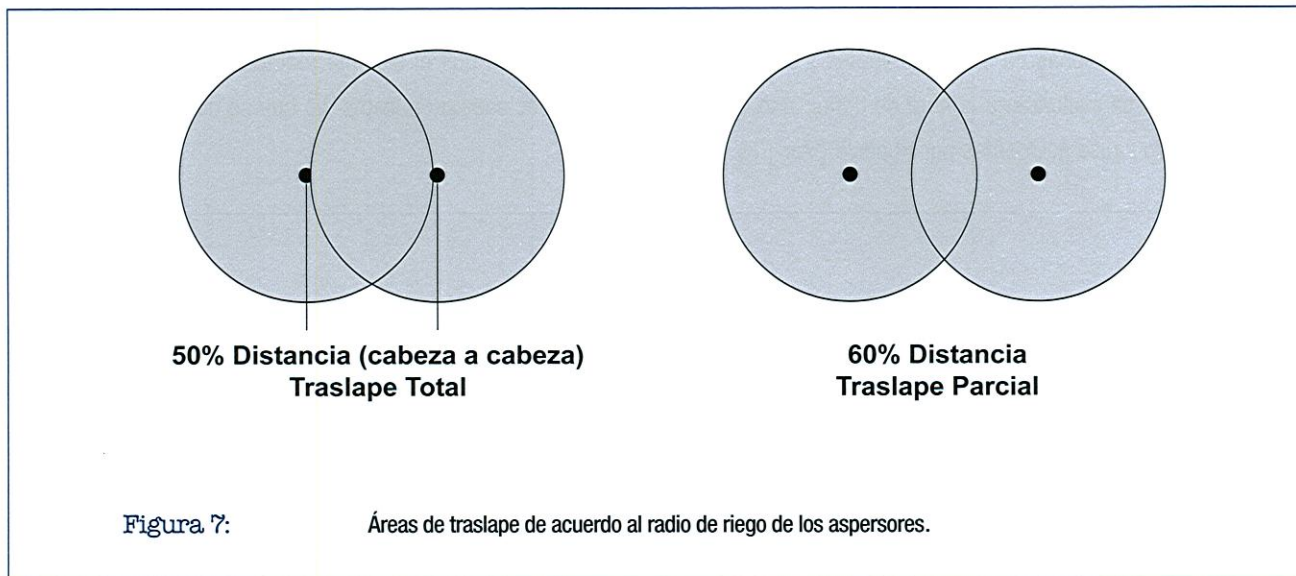
## 2.4. Cobertura del sistema de riego

Después de tener casi toda nuestra red de obtención de agua de bebederos, filtrado, almacenamiento y sistema de bombeo, se procede a instalar el sistema de irrigación. El sistema de irrigación puede ser instalado bajo tierra o en la superficie. La concurrencia de personas en las áreas verdes y/o la frecuencia de mantención que el sistema requiere son generalmente los parámetros que se evaluarán a la hora de definir uno de los tipos de instalaciones propuestos. Lo que se debe evitar es que el sistema elegido cause accidentes por tropiezo (Ver Fig. 6).



Es esencial que el sistema de riego tenga una cobertura del 100%, para evitar que queden zonas sin regar. Para lograrlo, trace el dibujo de modo que los radios de riego se superpongan. Una cobertura total significa que el agua rociada por un aspersor tiene que llegar hasta el aspersor adyacente para garantizar que los radios de riego se traslapen completamente. (Ver Fig. 7).

Cada tipo de aspersor está diseñado para necesidades de riego específicas. Muchos son ajustables para dirigir el agua hacia ciertos puntos, evitando que se rieguen objetos como banquetas, zonas con piso de cemento o muros.



Elija los aspersores en función de sus necesidades de cobertura. Elija el número de zonas, el tamaño y el tipo de aspersor en función de donde estén los árboles, los arbustos, el césped y los caminos. Las áreas más grandes necesitan un tipo, las esquinas otro y las zonas que están debajo de los arbustos otro. La guía de planeación de riego debe contener una lista de los tipos de aspersores (Ver Tabla N° 1).

Cada aspersor tiene que ser instalado de acuerdo a su función: como, por ejemplo, bajo tierra, con estaca, en forma directa a la cañería o manguera de regadío, en suspensión, desmontable, etc.

Los aspersores emergentes (Aspersor POP-UP) se instalan justo por debajo del nivel de la superficie. Coloque los aspersores emergentes de modo que cuando estén ocultos no los pueda dañar con la podadora o al caminar por encima (Ver Fig. 8).

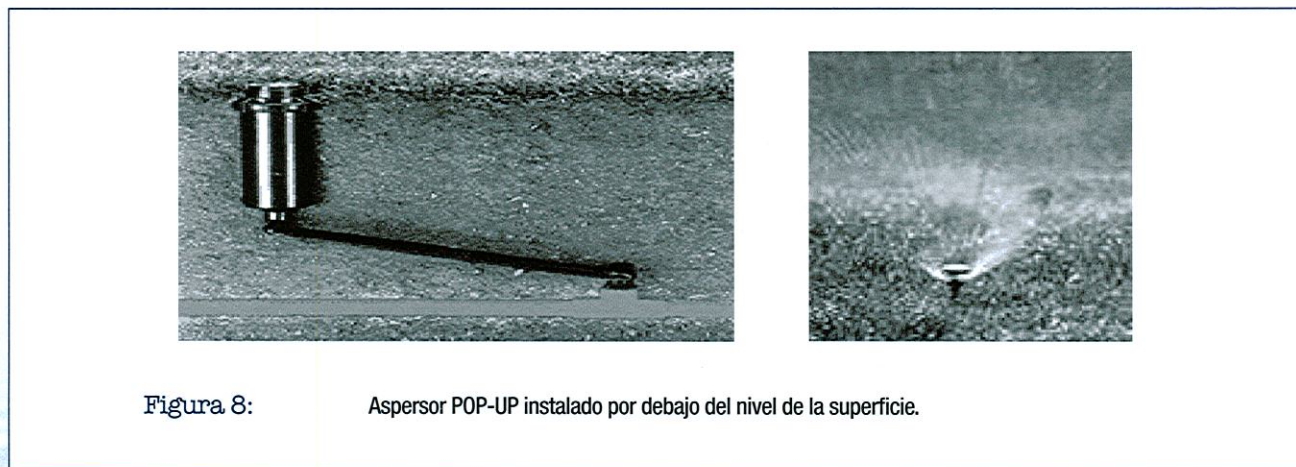


TABLA N° 1

Algunos tipos de aspersores que existen en el mercado, con sus características y los usos más recomendados.

Tipo de Aspersor	Características	Usos más Apropriados
Microaspersor	Plástico, instalación directa a la manguera	Irrigación de árboles
Aspersor de impacto POP-UP	Plástico, aspersión regulable 45° - 360°	Irrigación de pasto y helechos
Aspersor de impacto normal	Plástico, aspersión 360°	Irrigación sólo pasto
Aspersor fijo	Bronce, aspersión 45°	Irrigación de pasto y helechos no recomendable
Gotero	Plástico, instalación directa a la manguera	Irrigación todo tipo de plantas
Microjet aspersor 360°	Plástico, aspersión 360°	Irrigación de flores
Microaspersor Hit	Aspersor 45° altura reajutable	Irrigación de árboles, helechos, etc.

El aspersor fijo, que sobresale del piso, no es recomendable para sectores de acceso libre a las áreas verdes, dado que son propensos a causar accidentes o caídas, o ser objeto de vandalismo; además que al realizar la mantención del área verde se pueden romper por el paso de podadoras o equipos de cortar pasto, etc.

Los sistemas de microaspersión y el de goteo son muy eficientes para irrigar constantemente diferentes tipos de plantas dado que son riegos localizados (Ver Fig. 9).

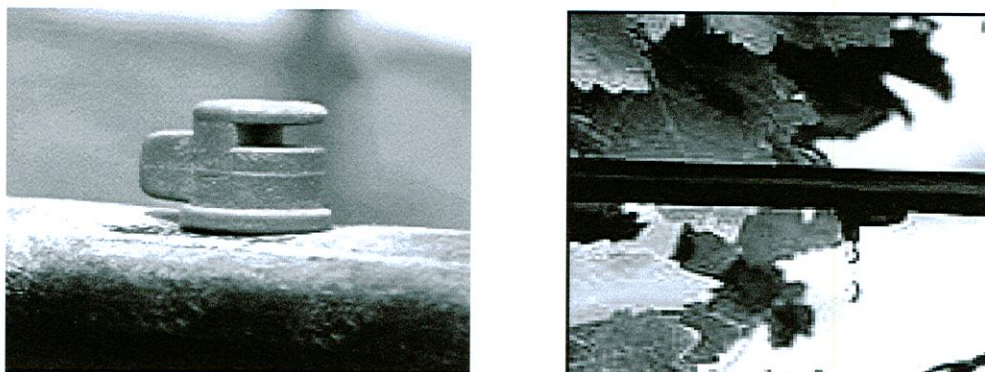
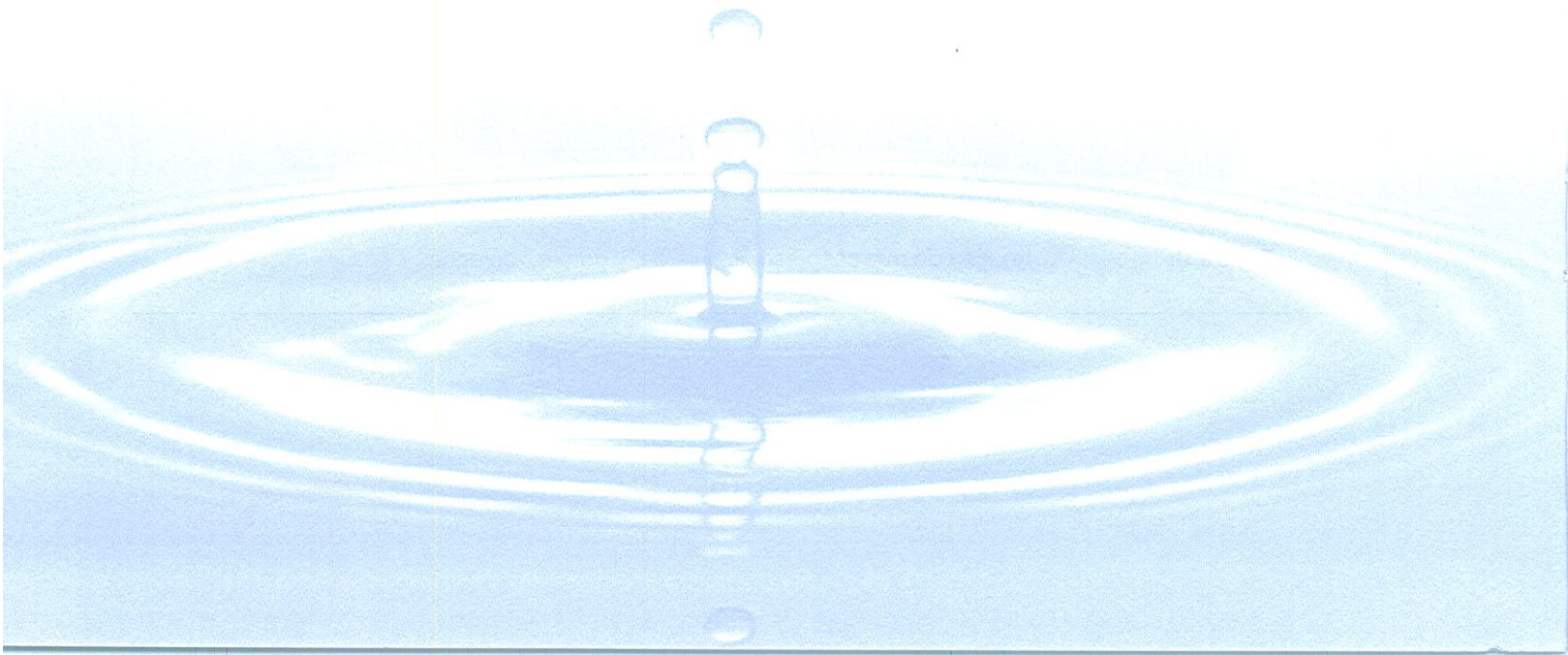


Figura 9: Imagen de microaspersor, izquierda, y gotero, derecha.

## Recuerde que:

- Si el sistema pierde presión, el riego será irregular. Para evitar la pérdida innecesaria de presión haga el diseño de las tuberías de riego con el menor número de vueltas posible.
- Si las tuberías son muy largas, la presión del agua también disminuirá. Más vale crear una zona adicional que alargar otra.
- Mezclar diferentes tipos de aspersores en una misma zona hace que el sistema sea menos eficaz. Procure utilizar el mismo tipo de aspersor dentro de una misma zona, si su necesidad es mantener presiones de agua con mayor control.



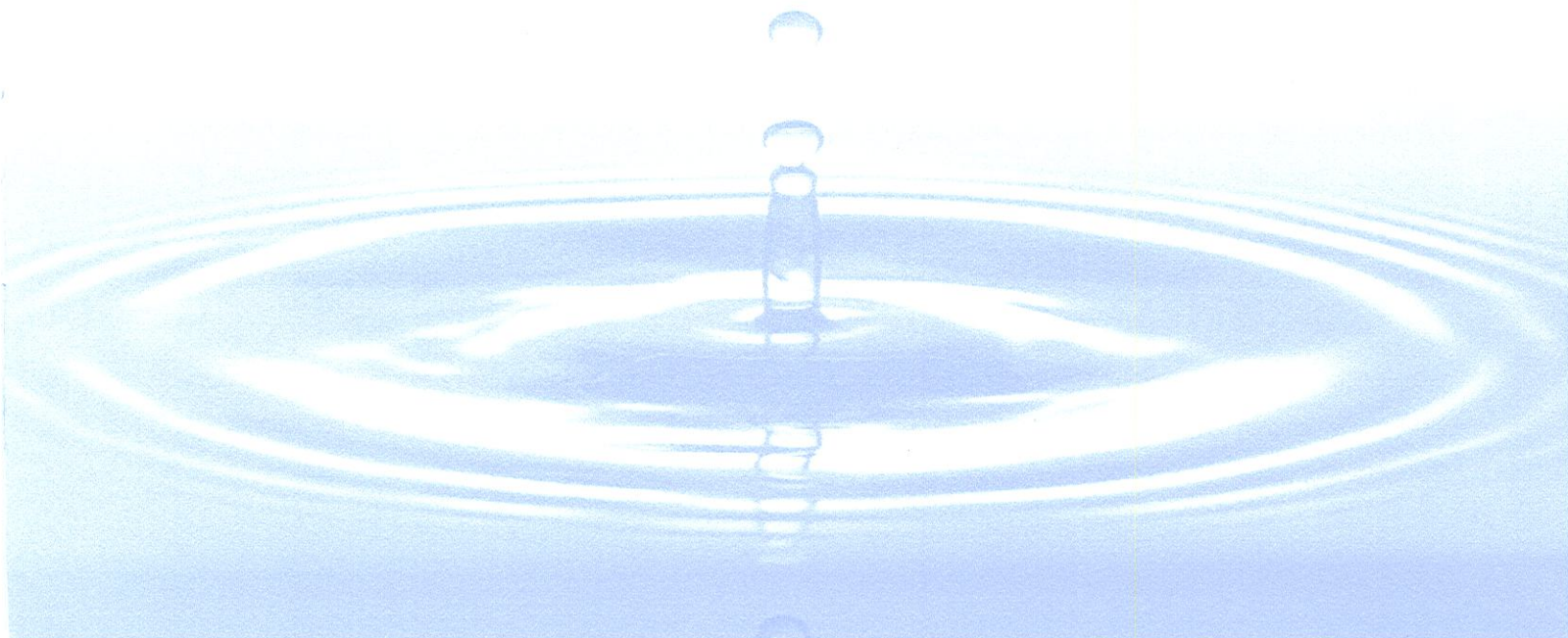
### 3. MANTENCIÓN DEL SISTEMA

**E**sta es una de las etapas críticas de la operación del sistema. Por eso, a fin de mantener una eficiencia constante y evitar gastos de reparación, actúe en forma preventiva.

Dadas las condiciones y características que tiene el agua con la cual se estará trabajando, existe una alta posibilidad de que se fijen a las paredes, fondo de las mangueras y estanques de almacenamiento algas o musgos que al ser succionadas por la bomba tiendan a tapan el sistema.

Para evitar estos inconvenientes se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Tapar el estanque para que no caiga tierra o agentes contaminantes de diferente origen.
- Evitar el paso de luz solar para disminuir las condiciones ambientales naturales de crecimiento de las algas.
- Si por descuido o por no operación del sistema (vacaciones u otro motivo) se produce en el estanque almacenador una proliferación masiva de algas, lavar inmediatamente con algún agente químico como el cloro, teniendo la precaución en su manipulación de que esté debidamente rotulado y se haya obtenido en locales establecidos, para así realizar posibles reclamos y/o utilizar las garantías si hubiera necesidad. El producto del lavado debe ser eliminado del estanque o depósito limpiado en el sistema de alcantarillado normal del establecimiento.
- También es recomendable en temporadas de bajo consumo de agua, como los meses de enero y febrero, agregar al tambor almacenador sulfato de cobre con dosis de 0.05 a 2 miligramos por litro de agua a tratar.
- Si se detecta una baja considerable en la lectura de presión del manómetro, puede ser un indicador de que el filtro de malla está con exceso de impurezas y por lo tanto se debe proceder a desmontarlo para su limpieza, con un hisopo y agua solamente, sin ningún agente químico, para no dañar la malla filtradora.
- Revisar periódicamente el funcionamiento de los aspersores. Si se detectan anomalías, revisar el sistema completo y corregir de acuerdo a la falla identificada.
- Si el aspersor se encuentra tapado, desmontarlo y destaparlo.
- Realizar mantención periódica de las áreas verdes. En el caso de árboles, se deben podar en temporadas específicas para cada ejemplar, al igual que arbustos y pastos. En lo posible desarrollar un plan de manejo de las áreas verdes.



## 4. BIOFILTRO

### Otra forma de reciclaje de aguas grises

**E**n la presente guía se considera una propuesta teórica para desarrollar un biofiltro de flujo vertical, mencionando los principales materiales y procedimientos que se utilizan.

#### CONCEPTOS GENERALES

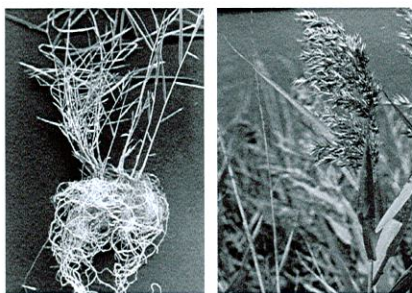
En primer lugar es necesario conocer e identificar qué es un biofiltro y tres tipos de estos que son de conocimiento global.

**BIO:** del griego βίος, significa "VIDA", prefijo y sufijo que indican la intervención o utilización exclusivamente de agentes naturales.

**FILTRO:** de **fieltro**, materia porosa, como el fieltro, el papel, la esponja, el carbón, la piedra, etc., o masa de arena o piedras menudas a través de la cual se hace pasar un líquido para clarificarlo de los materiales que lleva en suspensión.

**BIOFILTRO:** sistema de materiales a través de los cuales pasan aguas grises de un determinado lugar, con el objeto de clarificarlas de aquellos materiales en suspensión por medio de agentes naturales, en este caso, plantas.

El biofiltro permite el reciclaje y recuperación de aguas grises para ser utilizadas en riego, permitiendo la conservación del recurso hídrico, haciendo más eficiente su utilización y al mismo tiempo al ser un sistema BIO colabora con el paisajismo y la naturaleza.



Fotos 1 y 2. *Phragmites australis* o Poa acuática

El carrizo, denominado también Poa acuática (*Phragmites australis*) (ver fotos 1 y 2), es una gramínea que mide entre uno a dos metros de alto, y posee importantes potenciales para el tratamiento de aguas grises. Esta especie nativa en Chile es la más recomendable para lograr niveles de depuración relevantes, pues posee un sistema radicular bien desarrollado, que genera nuevos estolones a medida que crece.

Hay diferentes diseños de sistemas de tratamiento de aguas grises residuales con carrizales, que pueden agruparse en tres tipos principales: Cama de carrizales de flujo vertical; Cama de carrizales de flujo sub-superficial y horizontal, y Cama de carrizales de flujo superficial.

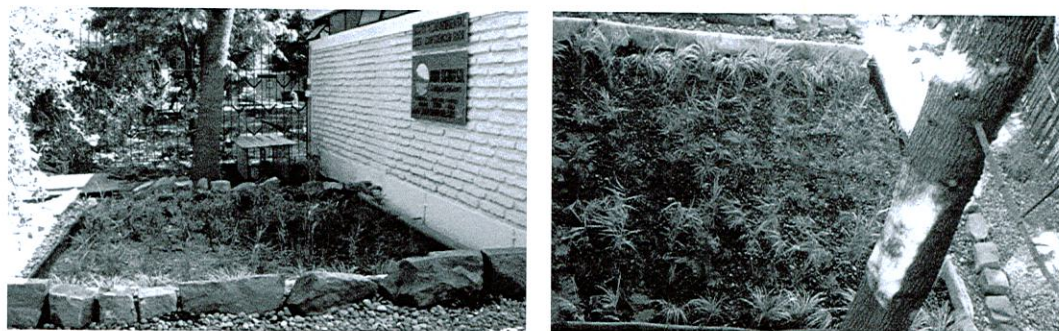
En biofiltro de flujo vertical (ver foto 5), como su nombre lo indica tiene como característica principal que el agua entra superficialmente drenando al interior, saliendo tratada por este en el punto más profundo del biofiltro.

En el biofiltro de flujo subsuperficial y horizontal el agua entra por un punto bajo tierra, es tratada por camas de diferentes raíces y cortezas que cumplen buena función de filtrado y sale por un punto bajo. Este sistema es propenso a bloquearse por acumulación de materiales y producir malos olores.



El biofiltro de flujo superficial (ver fotos 3 y 4) el agua entra en un punto de la superficie con la menor profundidad y es tratada por la pendiente de 10° a 15°, donde es evacuada en el punto más profundo del biofiltro.

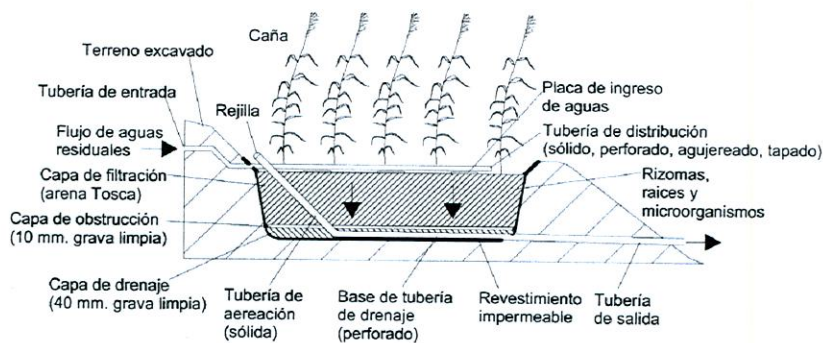
El sistema de flujo superficial fue probado en un prototipo desarrollado en el Liceo Confederación Suiza, en la ciudad de Santiago, para el tratamiento de aguas grises de diez duchas, con un sistema automatizado de riego, dando buenos resultados (ver foto 3). Se experimentó con *Poa acuática* (siendo la más resistente), Papiro, Baumea y *Acorus gramineus* (ver foto 4).



**Fotos 3 y 4.** Biofiltro de flujo superficial / Liceo Confederación Suiza.

De estos tres sistemas, el biofiltro más sostenible es el de flujo vertical.

El biofiltro de flujo vertical incorpora en primer lugar la difusión de las aguas grises sobre la superficie, donde escurre a lo largo del medio hacia su base y salida (como el agua que drena en una bañera sin tapón), siendo tratadas durante el paso vertical a través de dicho sistema.



**Foto 5.** Gráfico del biofiltro de flujo vertical

Este sistema contiene una profunda capa de arena, llena de espacios de aire, además de los microorganismos, raíces y rizomas que llevan a cabo los procesos de tratamiento. Es aquí donde la mayor parte del tratamiento se produce mediante un proceso completamente biológico en condiciones plenamente aeróbicas. En esta situación, los contaminantes cargados de carbono son rápidamente transformados en dióxido de carbono más agua, eliminando así los componentes más dañinos de las aguas grises. El amoníaco contenido en ellas es transformado en nitrato (proceso conocido como nitrificación). Todos los organismos que viven en este ambiente descomponen los contaminantes a un ritmo tal que, dependiendo del emplazamiento y tamaño del sistema, mantienen a la par el ingreso de las aguas grises y su depuración.

La superficie de la arena es también importante en el tratamiento. Los primeros milímetros proporcionan la mayor parte de la filtración del contenido de sólidos de las aguas grises. Por lo tanto, es relevante que la superficie del biofiltro esté protegida de materiales extraños, como, por ejemplo, materiales de construcción o tierra, con el fin de que dicha superficie no se bloquee.

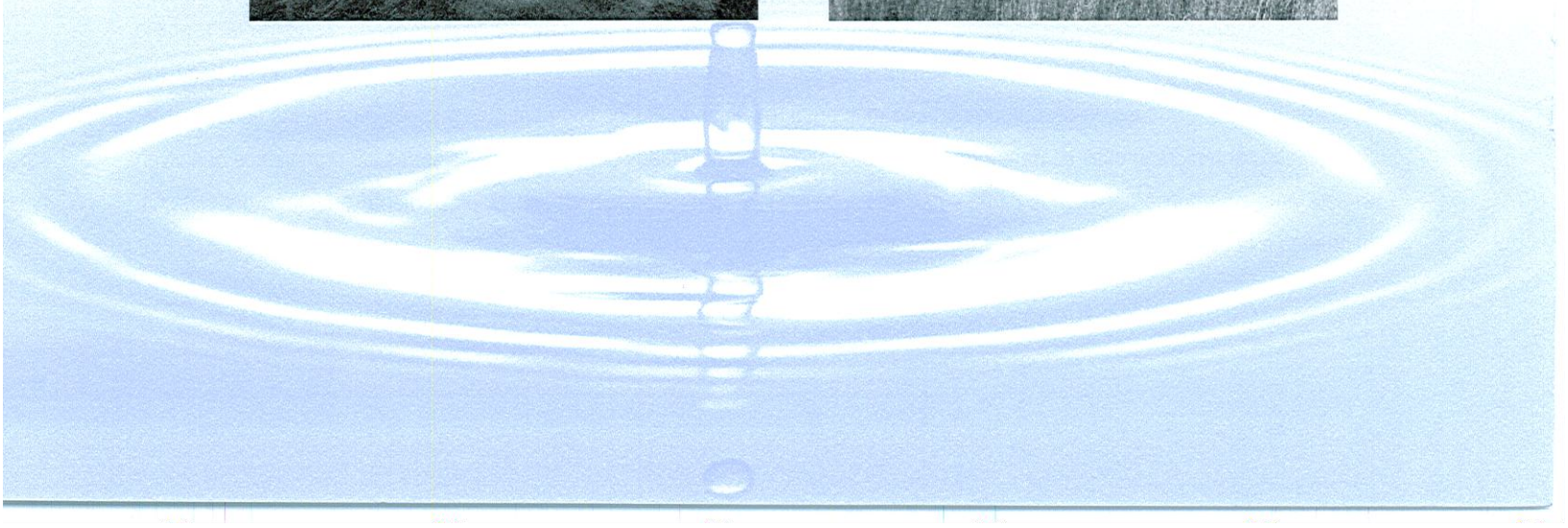
A fin de lograr un tratamiento óptimo se utilizan tuberías y placas que se instalan en la superficie. Estas rápidamente son ocultadas por el crecimiento agresivo de la especie recomendada, las que a la vez proporcionan el hábitat más adecuado y óptimas condiciones para que los microorganismos realicen su trabajo, ayudando a mantener la superficie libre de malezas, asegurando que el agua siempre pueda drenar y ser tratada.

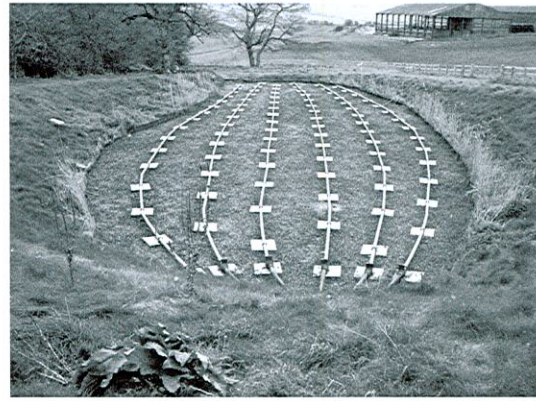
Es básico determinar la cantidad máxima de flujo de agua gris a tratar, para establecer las dimensiones apropiadas que el biofiltro deberá tener. Luego se debe considerar su emplazamiento, con el fin de definir las pendientes para la excavación del biofiltro en sí y del contenedor de aguas grises depuradas.

El Biofiltro en sí contempla la excavación con determinada profundidad de acuerdo al flujo de agua, la instalación de la geomembrana que hace las veces de aislante con el objeto de que las aguas tratadas no drenen a capas inferiores, la tubería de aireación, el relleno de arena y gravas de medidas especiales y finalmente las plantas.

El sistema automatizado de riego comienza con la salida de las aguas grises tratadas, que pasan a ser almacenadas en un contenedor de material prefabricado tipo cámara de inspección, en su interior contiene una bomba sumergible conectada al sistema inteligente, que se programa de manera que a determinadas horas o a determinado llenado del tanque procede a liberar las aguas para el regadío respectivo. Las cañerías por un tema estético no quedan a la vista y solo emerge el aspensor que cumple la función de regar de acuerdo a su radio de acción.

Este sistema debe ser mantenido en sus partes eléctricas y electrónicas de acuerdo a los requerimientos de los fabricantes y los elementos naturales requieren cuidados de limpieza y acondicionamiento para su conservación.





**Foto 6 en adelante**

Biofiltros de flujo vertical en diferentes etapas, estaciones y lugares de Europa.

Para profundizar revise estos vínculos

[www.permacultura-montsant.org](http://www.permacultura-montsant.org) - Centro de Permacultura Montsang

[www.aquaterrasol.com](http://www.aquaterrasol.com) – Página de autor

[www.grau.cl](http://www.grau.cl) – Modelos de cámaras prefabricadas

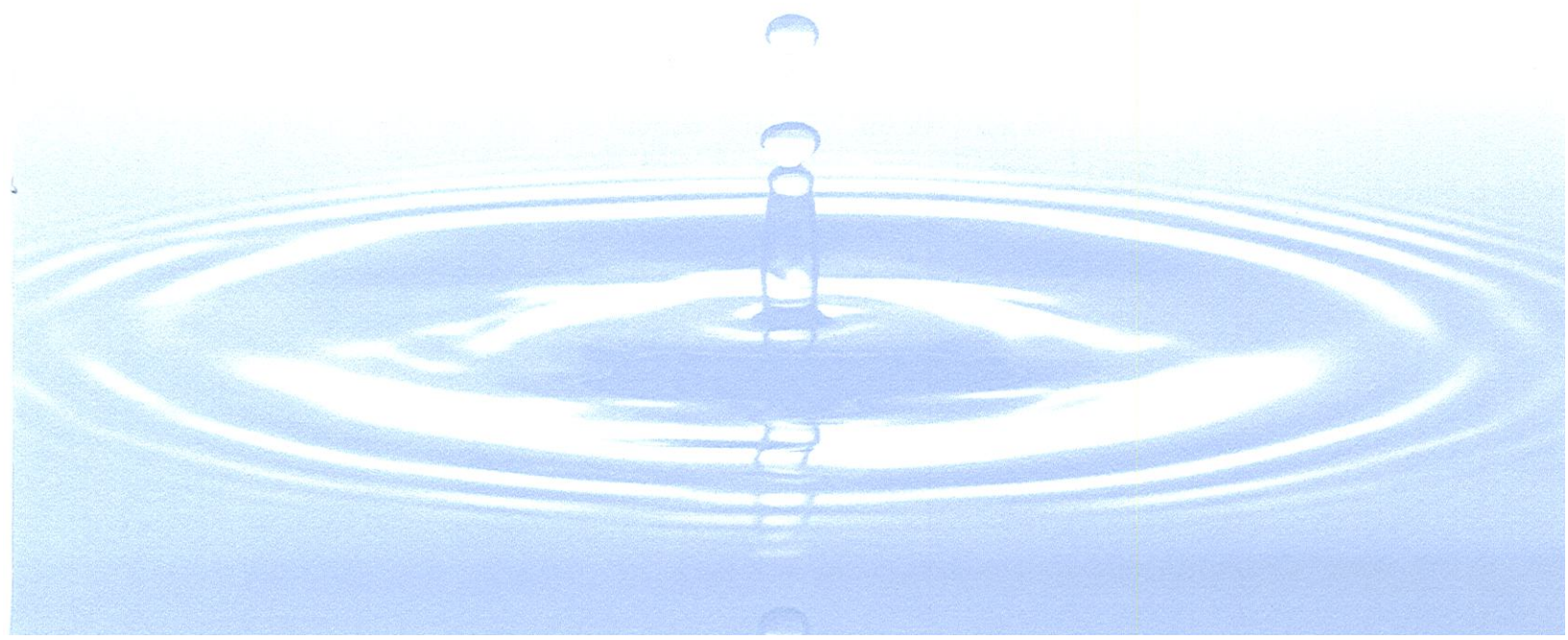
[www.cincopinos.cl](http://www.cincopinos.cl) – Vivero de plantas acuáticas

[www.bio.puc.cl/bionoticias/bn\\_noticias\\_2006\\_46.htm](http://www.bio.puc.cl/bionoticias/bn_noticias_2006_46.htm) - El poder de la Phragmites Australis; Profesor Miguel Jordán

Sewage Solutions, Answering the call of nature – Chris Weedon, Mark Moodie y Nick Grant – Primera edición – Año 2001

**ANEXOS**

---



## ANEXO 1. ANÁLISIS DE COSTOS

La implementación de sistemas como el presentado en esta guía puede generar significativos ahorros en las cuentas de agua para un establecimiento educativo.

Para ejemplificar este ahorro se analizó la información histórica del consumo de agua y facturación del liceo Jovina Naranjo Fernández (Liceo A-5 Arica) desde el año 2002 al 2005 (Ver gráfico N° 1).

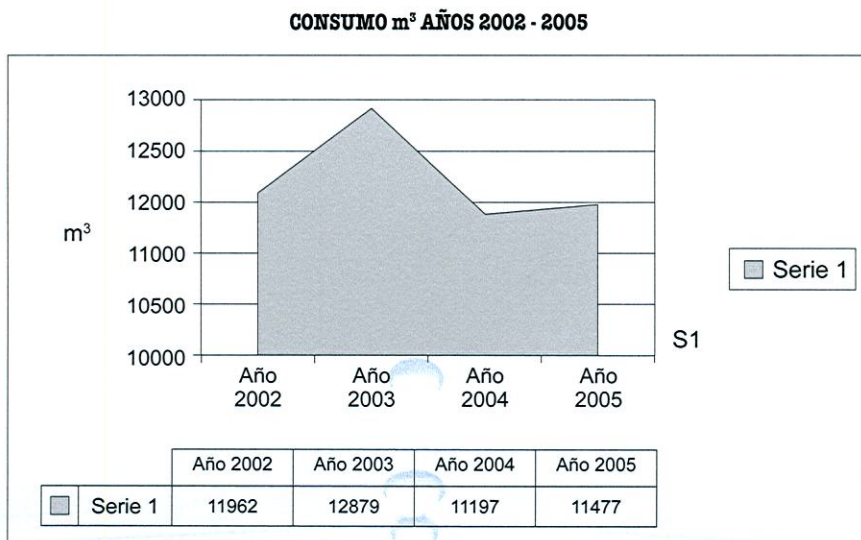
En este análisis se puede ver claramente la disminución en el consumo de agua facturado por el proveedor después del año 2004, fecha de instalación del sistema de recuperación de aguas grises.

Esta tendencia pudo ser mayor y constante si en el año 2005 se hubieran mantenido adecuadamente las instalaciones. Este liceo tuvo algunos inconvenientes en el diseño y mantenimiento del sistema. Así, por ejemplo, no se dispuso de una salida de rebalse en el estanque almacenador, lo que provocó, en algunas oportunidades, que el estanque se rebalsara y el agua inundara áreas no previstas, causando inconvenientes de tránsito normal de las personas. Además se produjeron acciones de vandalismo, que dañaron el sistema de regadío.

Gráfico N° 1

### Consumo de agua liceo Jovina Naranjo Fernández (Liceo A-5 Arica)

(Fuente Aguas del Altiplano)



A fines del 2004 se implementó el proyecto de recuperación de aguas grises en la escuela José Miguel Carrera (D-10 Arica). En esta oportunidad se implementó un sistema más eficiente y automatizado, dejando de lado las fallencias señaladas anteriormente (Ver gráfico N° 2).

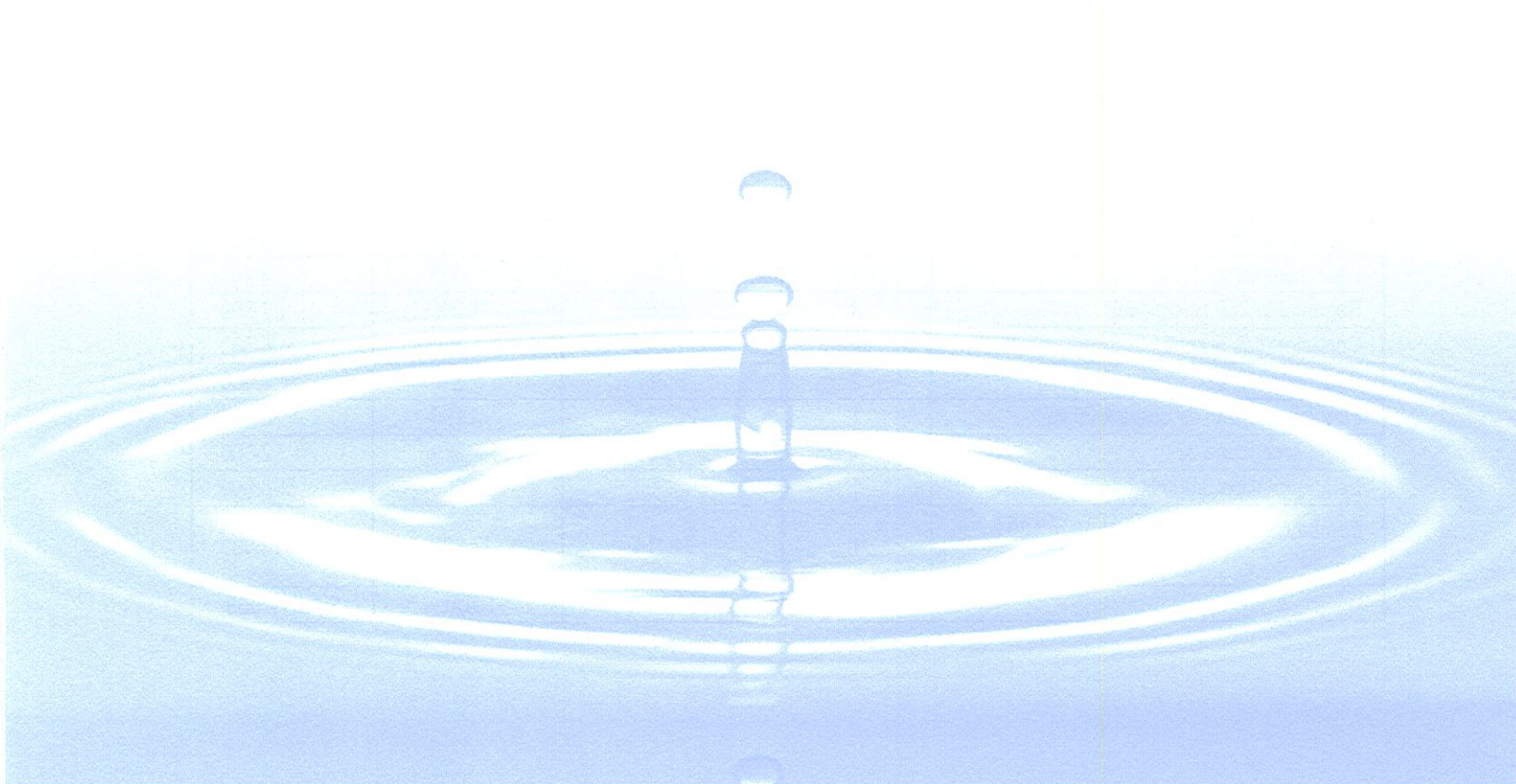
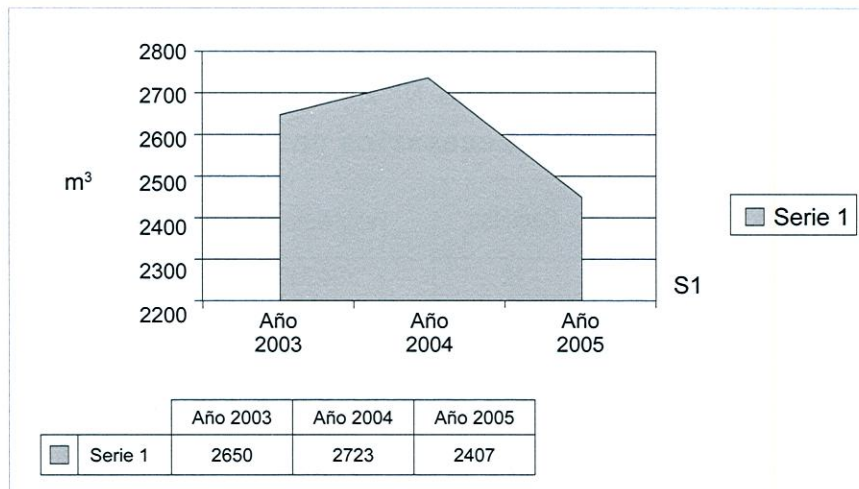
El consumo de agua en este establecimiento es menor debido a que tiene un menor número de alumnos, y sólo tiene enseñanza básica. Además, es destacable que se han preocupado de brindar un buen mantenimiento al sistema y una permanente difusión de enseñanza a los alumnos.

## Gráfico N° 2

### Consumo de agua escuela José Miguel Carrera (D-10 Arica)

(Fuente Aguas del Altiplano)

#### CONSUMO m<sup>3</sup> AÑOS 2003 - 2005



## ANEXO 2. EJEMPLO DE INSTALACIÓN DE UN SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE AGUAS GRISES PROVENIENTES DE LOS LAVAMANOS DE UN ESTABLECIMIENTO EDUCACIONAL

El siguiente ejemplo ha sido preparado para un establecimiento de 1,5 a 2 hectáreas, con una capacidad superior a 800 alumnos y en donde la superficie a mantener como área verde puede fluctuar entre 100 y 200 m<sup>2</sup> con 100 a 250 árboles ornamentales (preferentemente especies nativas”).

### 1. Materiales para la construcción del sistema

Para la construcción del sistema de utilización de aguas grises se necesita una gran cantidad de insumos (Ver Tabla N° 2), todos disponibles en el mercado. Se recomienda cotizar en diferentes empresas para escoger la mejor oferta (valores en pesos chilenos a febrero 2006).

Tabla N° 2

#### Listado de materiales y equipos necesarios para el sistema, según ejemplo

MATERIALES	Cantidad	Valor Neto (\$)	19% IVA (\$)	TOTAL (\$)
Manguera polietileno 1/2 x 100 m	12	94.790	18.010	112.800
Gotero R-70 0-60 l. / hr.	264	17.748	3372	21.120
Micro aspersor Hit.	36	13.916	2.644	16.560
Válvula de polietileno 16.	10	7.227	1.373	8.600
Interruptor de Nivel 3 m	1	8.235	1.565	9.800
Manómetro 0-10 bar.	1	5.143	977	6.120
Filtro Malla 1"	1	4.840	920	5.760
Filtro Anilla 1 1/4"	1	20.540	3.903	24.443
Micro jet 360°	36	2.420	460	2.880
T 1/2 polipropileno	20	1.345	255	1.600
Codo 1/2 polipropileno	20	1.176	224	1.400
Válvula de pie 1"	1	2.773	527	3.300
Válvula de retención 1"	1	2.605	495	3.100
Tubería 32 x 6 m	10	28.143	5.347	33.490
Llave compuerta 1"	1	2.605	495	3.100
Pegamento 250 cc c/pincel	4	6.555	1.245	7.800
Conector mas granmi	66	7.210	1.370	8.580
Sacabocado.	2	6.387	1.213	7.600
Fungicida sulfato de cobre x 25 kg	1	25.210	4.790	30.000
Unión Americana 32	1	1.681	319	2.000
Estanque Aljibe 3.000 litros	1	500.000	95.000	595.000
Bomba CPM 158 1 HP 1"x1" 10 m 120 l/ minuto	1	94.118	17.882	112.000
			<b>TOTAL</b>	<b>\$ 1.017.053</b>

La bomba seleccionada se ajusta a los requerimientos de presión para nuestro sistema ejemplo. Para otras áreas de regadío, en la Tabla N° 3 se entrega un listado de bombas con sus requerimientos de energía, potencia en HP y rendimiento litros/minuto.

Tabla N° 3

**Tipos de bombas, diámetro, potencia y rendimiento .**

Tipo de Bomba	Corriente de Alimentación	Diámetro	Potencia	Rendimiento
Bomba PK60	Monofásico	1" x 1"	0,5 HP	40 litros / minuto
Bomba CPM 158	Monofásico	1" x 1"	1 HP	120 litros / minuto
Bomba Reggio STBJ 150	Monofásico	1 ½" x 1 ¼"	1,5 HP	180 litros / minuto
Bomba Reggio STBJ 200	Monofásico	1 ½" x 1 ¼"	2 HP	240 litros / minuto

**2. Costo total de la inversión**

El costo total de la inversión se obtuvo por la sumatoria de insumos que se desglosan en la siguiente estructura:

2.1 Materiales para la construcción del sistema (Tabla N° 2) \$ 1.017.053

2.2 Materiales para implementar la reforestación:

- ◆ Para nuestro diseño prototipo se plantará un arbusto cada 3 m, lo que quiere decir que por cada 200 metros lineales se plantarán 66 árboles.
- ◆ Por lo tanto, el total de árboles aproximado es de 250; esta cantidad varía según las entradas y salidas del establecimiento.
- ◆ Entonces, para la reforestación y mantención se requieren los siguientes materiales:

Fertilizante líquido 60 l	\$	107.100
Sustrato Orgánico 8 m <sup>3</sup>	\$	119.000
Sustrato Inorgánico 4 m <sup>3</sup>	\$	59.500
Compost 4 m <sup>3</sup>	\$	59.500
<b>TOTAL</b>	<b>\$</b>	<b>345.100</b>

(Este costo es alternativo, ya que puede ser eliminado si el lugar de plantación es con tierra de buena calidad o tierra mejorada con otros elementos, como el compost).

**3. Costo por concepto de instalación**

Asciende a \$ 150.000, equivalente a un mes/hombre. Este costo puede variar según condiciones o dificultades del trabajo.

**4. Costo de coordinación técnica**

La coordinación del proyecto se ha estimado en \$ 420.000, correspondiente a asesorías mediante visitas de implementación y seguimiento del sistema durante seis meses.



## 5. Gastos no previstos

Se consideró un 10% más sobre el total para los gastos de provisión por gastos no previstos como, por ejemplo: flete de materiales, cerámicas rotas, cemento o cualquier otro tipo de insumo.

En resumen y de acuerdo a lo indicado en la tabla N° 4, el costo total de implementación del sistema de utilización de aguas grises, según el presente ejercicio, asciende a la suma de \$ 2.125.368. Si bien el costo de la inversión puede resultar alto para algunos establecimientos educativos, se debe considerar que:

- Es recuperable en el corto plazo, mediante la disminución del valor de la factura por concepto de consumo de agua. El plazo de recuperación va a depender de las tarifas de agua potable en las distintas regiones del país y del consumo promedio del establecimiento.
- Los beneficios esperados son educativos y ambientalmente regenerativos al incorporar flora en lugares intervenidos antropológica o naturalmente.
- Es una oportunidad para la implementación y desarrollo de los Objetivos Fundamentales Transversales en el accionar de la unidad educativa el tema ambiental a través del uso racional del recurso hídrico, incluyendo el ámbito pedagógico, la gestión ambiental y la relación con el entorno de la escuela o colegio.
- El trabajar este tema brinda la oportunidad de “certificar ambientalmente” al establecimiento, de acuerdo a los requisitos que exige el Sistema Nacional de Certificación.([www.conama.cl/certificacion](http://www.conama.cl/certificacion)).

Tabla N° 4

Costo total de la inversión, en pesos de febrero de 2006

	Valor neto (\$)	19% IVA (\$)	TOTAL (\$)
Materiales para la construcción del sistema de recuperación de aguas.	854.667	162.386	1.017.053
Materiales para implementar la reforestación.	290.000	55.100	345.100
Instalación del sistema de recuperación de aguas.	150.000		150.000
Coordinación técnica.	420.000		420.000
TOTAL			1.932.153
10% del monto de provisión por gastos no previstos			193.215
<b>COSTO TOTAL DE LA INVERSIÓN</b>			<b>2.125.368</b>

## ANEXO 3. PROBLEMAS PRÁCTICOS BÁSICOS DE DISEÑOS HIDRÁULICOS

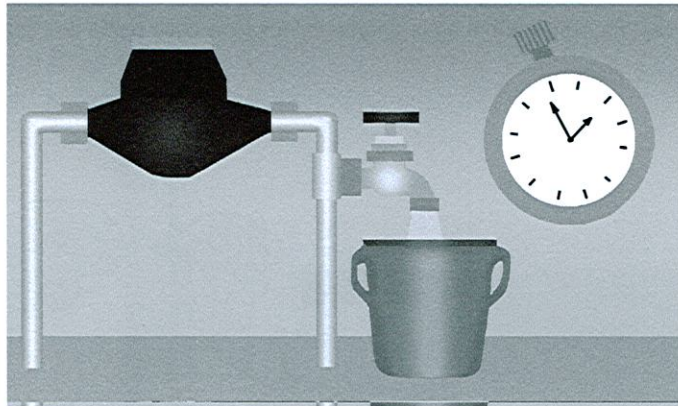
### 1. ¿Cómo calculo el caudal que llega hasta mi casa o colegio?

Materiales:

- Un balde con capacidad conocida.
- Reloj o cronómetro digital para obtener una lectura lo más exacta posible.
- Lápiz.
- Calculadora.

Antes de empezar su medición, cierre todas las llaves de agua de la casa o colegio.

Calcule el caudal utilizando el siguiente método:



- Abra totalmente una llave. La más cercana al medidor de agua potable.
- Deje escurrir el agua dentro del balde y tome el tiempo que demora en llenarse.
- Divida el contenido del balde (en litros) por el tiempo tomado en llenarse (en segundos) y obtendrá el caudal de agua que entrega la red, expresado en litros por segundo (l/seg).

$$\frac{\text{Litros contenidos en el balde (volumen en litros)}}{\text{Segundos de llenado (tiempo en segundos)}} = \text{Caudal (l/seg.)}$$

Por ejemplo:

Un balde de 10 litros que demora 12 segundos en llenarse, recibe un caudal de: 10 litros dividido por 12 segundos = 0,833 l/seg.

- Para averiguar la cantidad de litros por minuto se multiplica esa cantidad por 60.  
En el ejemplo:  $0,833 \times 60 = 50$  l/min.
- Para expresar el resultado en galones por minuto (GPM), divida los litros por 3,785.  
En el ejemplo:  $50$  dividido por  $3,785 = 13,21$  GPM.

Ejemplos:

- Una cubeta de 3 galones tarda 15 segundos en llenarse.  
 $3 \div 15 = 0.2$   
 $0.2 \times 60 = 12 \text{ GPM}$       o       $12 \times 60 = 720 \text{ GPH.}$
- Una cubeta de 4 galones tarda 30 segundos en llenarse.  
 $4 \div 30 = 0.13$   
 $0.13 \times 60 = 7.8 \text{ GPM}$       o       $7,8 \times 60 = 468 \text{ GPH.}$

Haga varias mediciones, a diferentes horas del día. Si hay variaciones en el resultado, use la cifra menor para sus cálculos porque es la más representativa.

## 2. ¿Cómo puedo determinar los diámetros de la cañería principal y del medidor?

Si no conoce el diámetro de la cañería principal del agua (la que va desde la calle hasta su casa o colegio), coloque un cordel alrededor de ella y mida el largo resultante:



- Si el cordel mide 7 cm y el tubo es de cobre, su diámetro es 20 mm ( $\frac{3}{4}$ ").
- Si mide 9 cm y el tubo es de cobre, su diámetro es 25 mm (1").
- Si mide 11 cm y el tubo es de cobre, su diámetro es 32 mm (1  $\frac{1}{4}$ ").
- Si mide 8,25 cm y el tubo es de fierro galvanizado o PVC hidráulico, su diámetro es 20 mm ( $\frac{3}{4}$ ").
- Si mide 10 cm y el tubo es de fierro galvanizado o PVC hidráulico, su diámetro es 25 mm (1").
- Si mide 12,7 cm y el tubo es de fierro galvanizado o PVC hidráulico, su diámetro es 32 mm (1  $\frac{1}{4}$ ").

## TABLA DE CONVERSIONES

- 1 Centímetro = 10000 Micrones (micras).
- 1 Centímetro = 10 Milímetros.
- 1 Centímetro = 0.01 Metros.
- 1 Centímetro = 0,03281 Pies.
- 1 Centímetro = 0,3937 Pulgadas.
- 1 Metro = 1000 Milímetros.
- 1 Metro = 100 Centímetros.
- 1 Metro = 3,28 Pies.
- 1 Metro = 39,37 Pulgadas.
- 1 Metro = 1,0936 Yardas.
- 1 Pulgada = 2,54 Centímetros.
- 1 Pulgada = 0,0254 Metros
- 1 Pulgada = 0,08333 Pies.
- 1 Pie = 30,48 Centímetros.
- 1 Pie = 12 Pulgadas.
- 1 Centímetro cúbico = 0,001 Litros.
- 1 Centímetro cúbico =  $3,5315 \times 10^{-5}$  Pies cúbicos.
- 1 Litro = 1000 Centímetros cúbicos.
- 1 Litro = 0,2642 Galones (fluido USA).
- 1 Litro = 0,001 Metros cúbicos.
- 1 Litro = 0,03532 Pies cúbicos.
- 1 Litro = 61,025 Pulgadas cúbicas.
- 1 Metro cúbico = 264, 17 Galones (fluidos USA).
- 1 Metro cúbico = 1000 Litros.
- 1 Metro cúbico = 35,315 Pies cúbicos.
- 1 Metro cúbico = 61024 Pulgadas cúbicas.
- 1 Pie cúbico = 28317 Centímetros cúbicos.
- 1 Pie cúbico = 28,316 Litros.
- 1 Pie cúbico = 0,02832 Metros cúbicos.

## **ANEXO 4. DATOS NECESARIOS PARA DESARROLLAR Y/O SUPERVISAR EL TRABAJO CON CAÑERÍAS Y OTROS ARTEFACTOS**

En este anexo se presenta una serie de datos prácticos destinados a facilitar una adecuada implementación del sistema descrito.

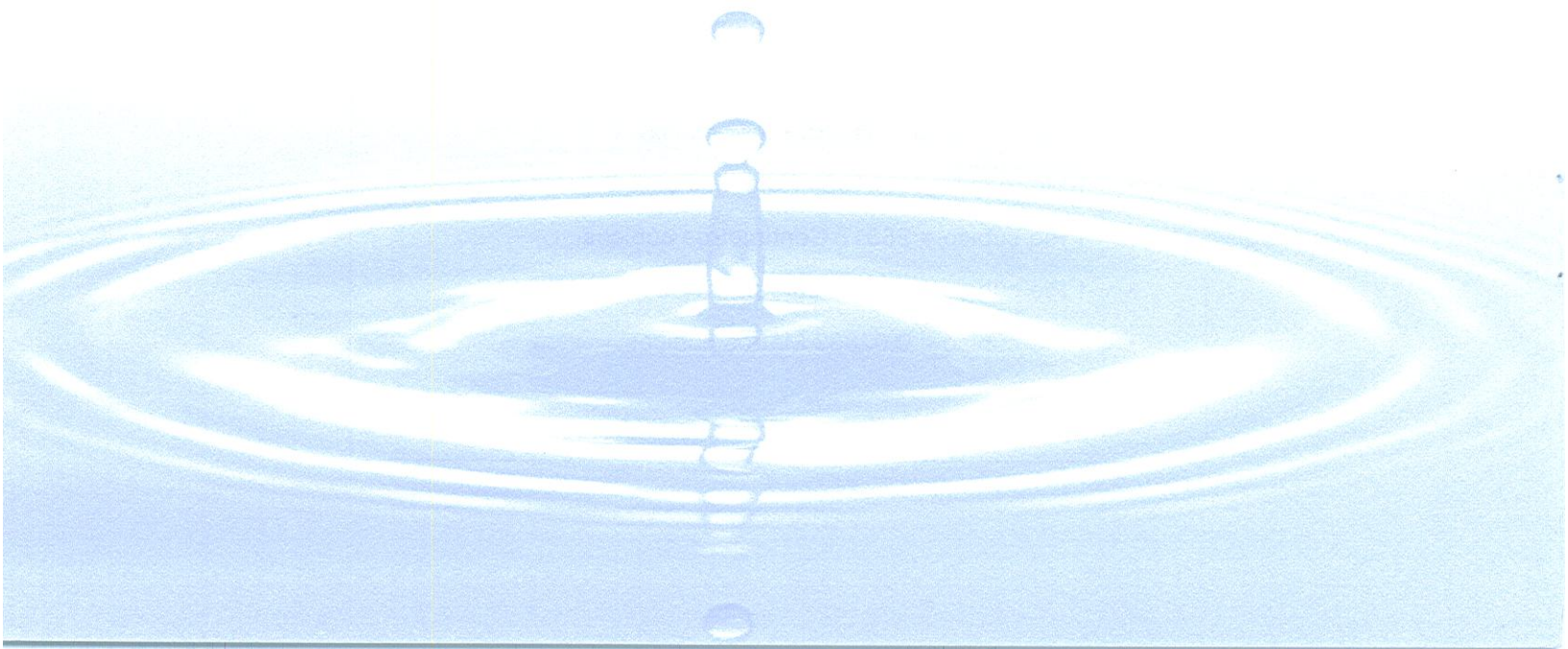
### **1. ¿Cómo trabajar con cañerías de plástico rígido?**

Piezas típicas:

- Uniones en T.
- Codos de 90°.
- Curvas.
- Coplas.
- Reductores.
- Terminales con hilo.

### **2. ¿Cuáles son los códigos de color para cañerías y fittings?**

• Desagüe:	azul
• Riego automático:	azul
• Canaletas verticales para aguas lluvia:	gris
• Conductos eléctricos:	naranja



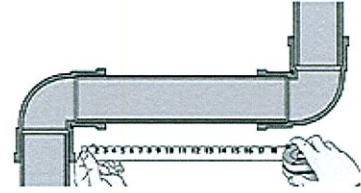
### 3. Para trabajar con cañerías de PVC siga las siguientes instrucciones:

#### 3.1. Tome la Medida.

Para medir el largo de un tubo, hágalo desde el interior del fitting de un extremo hasta el interior del fitting del otro lado.

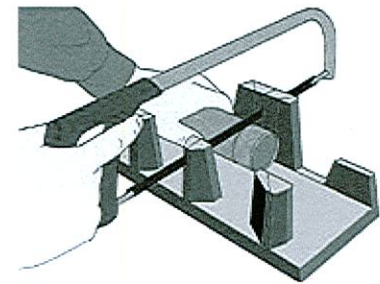
Pruebe primero en seco.

Corte, mida, y ensamble todos los tubos y fittings sin pegamento.



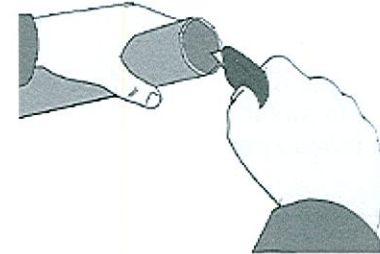
#### 3.2. Haga Cortes Rectos.

Corte el tubo de PVC con una sierra metálica en una caja de ingletes o contra un borde para mantener el tubo firme.



#### 3.3. Limpie las Rebarbas Interiores.

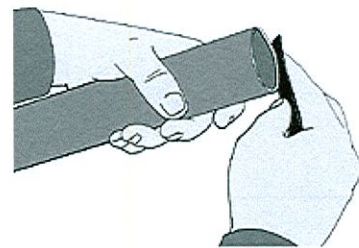
Use un cuchillo cartonero para raspar la rebarba en el interior de los tubos.



#### 3.4. Lije el Borde Externo.

Lije la punta de la cañería para sacar rebarbas exteriores.

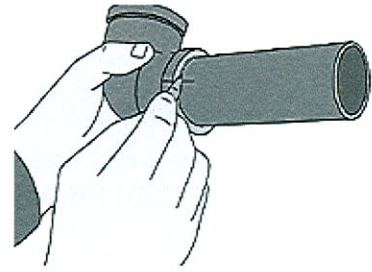
Limpie todo el polvo. La cañería y la unión deben estar muy limpias.



**3.5. Marque la Alineación Horizontal.**

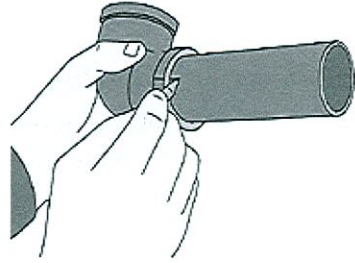
Inserte el tubo en la pieza de unión hasta que toque en el borde interno.

Marque esta alineación horizontal con un plumón.

**3.6. Marque la Profundidad.**

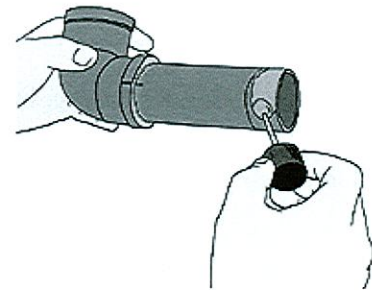
Marque la profundidad de la unión con una línea vertical alrededor del tubo. Esta será la guía para aplicar el adhesivo.

Cuando haya marcado, cortado y ensamblado todas las piezas, y esté seguro de que todas ensamblan bien, comience a pegar.

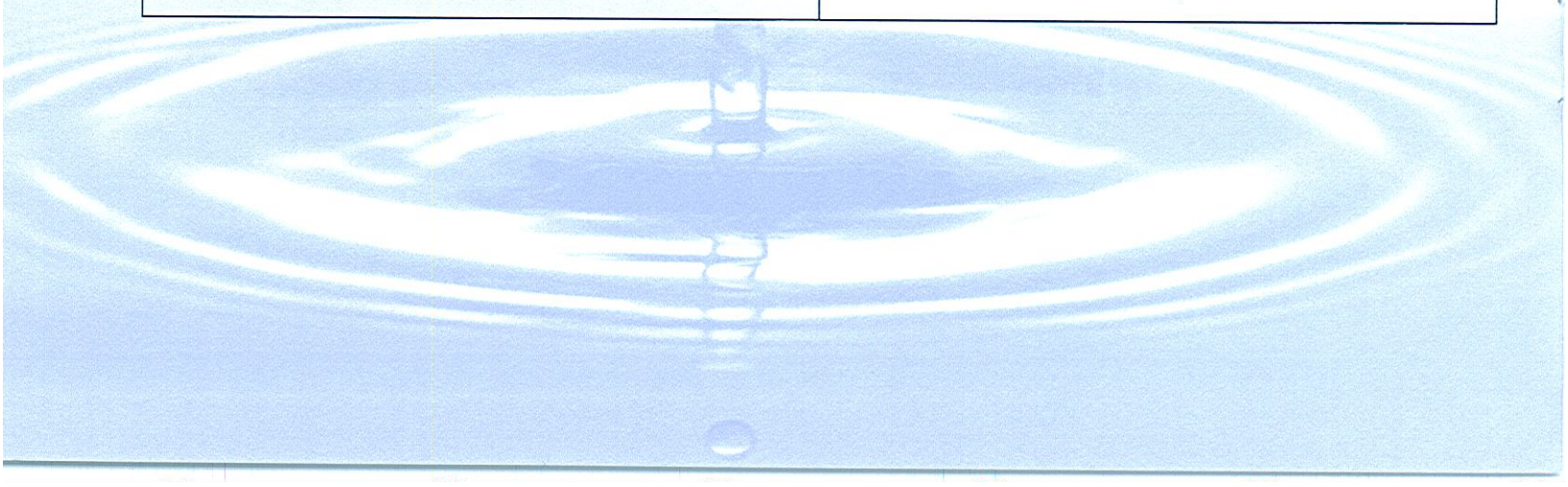
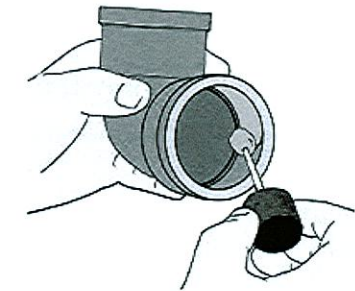
**3.7. Aplique el Pegamento por Fuera.**

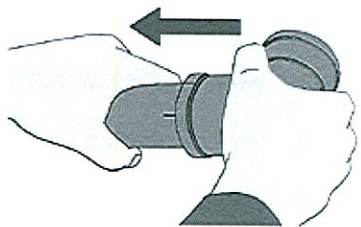
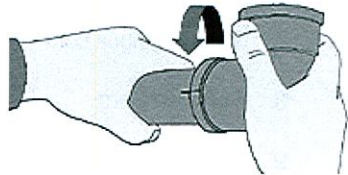
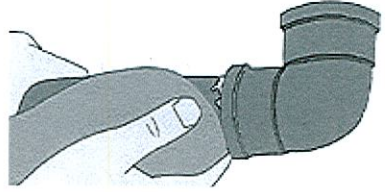
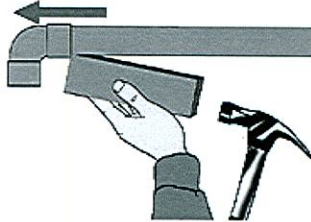
Aplique una gruesa capa de pegamento al exterior de la cañería (sólo hasta donde indica la línea). Use el aplicador que viene con la tapa o un cepillo pequeño.

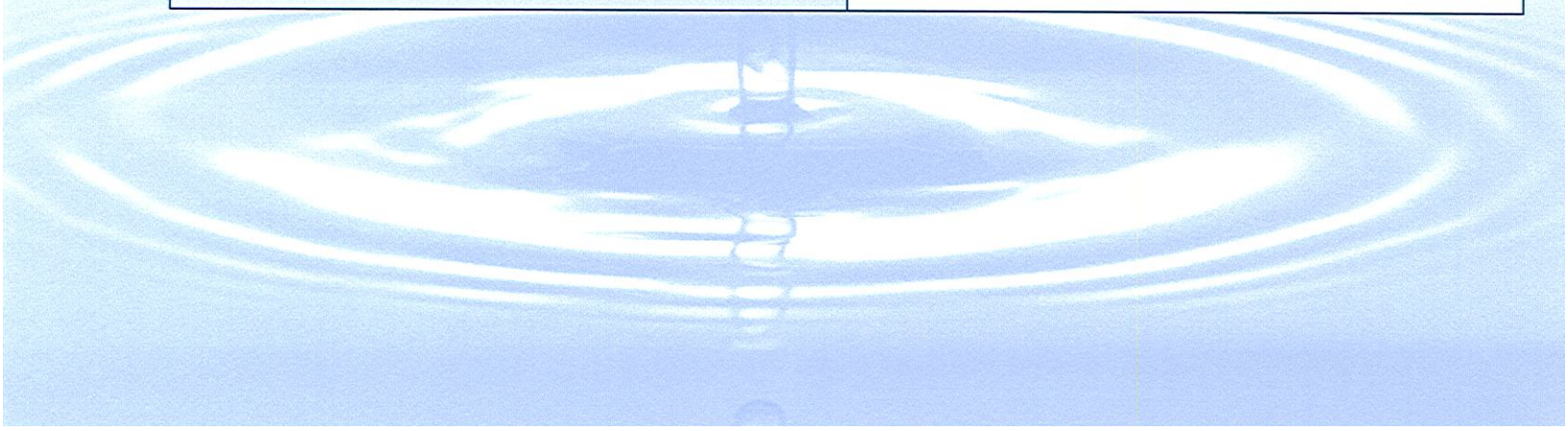
Agregue una capa delgada de pegamento en el interior del fitting hasta el borde interno. Espárzalo en todo el perímetro.

**3.8. Aplique Pegamento por Dentro.**

Trabaje rápido porque el pegamento se seca en 30 segundos.



<p><b>3.9. Ensamble de Piezas.</b></p> <p>Ensamble la cañería y el fitting de manera que las marcas de alineación estén separadas 2 cm.</p> <p>Después introduzca con fuerza la cañería en el fitting hasta que toque en el borde interior.</p>	
<p><b>3.10. Alinee las Marcas de las Piezas.</b></p> <p>Inmediatamente gire la cañería para esparcir el pegamento hasta que las marcas horizontales queden alineadas.</p> <p>Mantenga en el lugar por 30 segundos para evitar que se mueva. No trate de mover el fitting otra vez.</p>	
<p><b>3.11 Limpie el Exceso de Pegamento.</b></p> <p>Limpie el exceso de pegamento con un paño.</p> <p>En aproximadamente una hora las cañerías estarán listas para su uso.</p>	
<p><b>3.12. Consejo.</b></p> <p>Si al presentar las piezas en seco no puede volver a sacarlas, golpee suavemente con un martillo y un bloque de madera para separarlas.</p>	

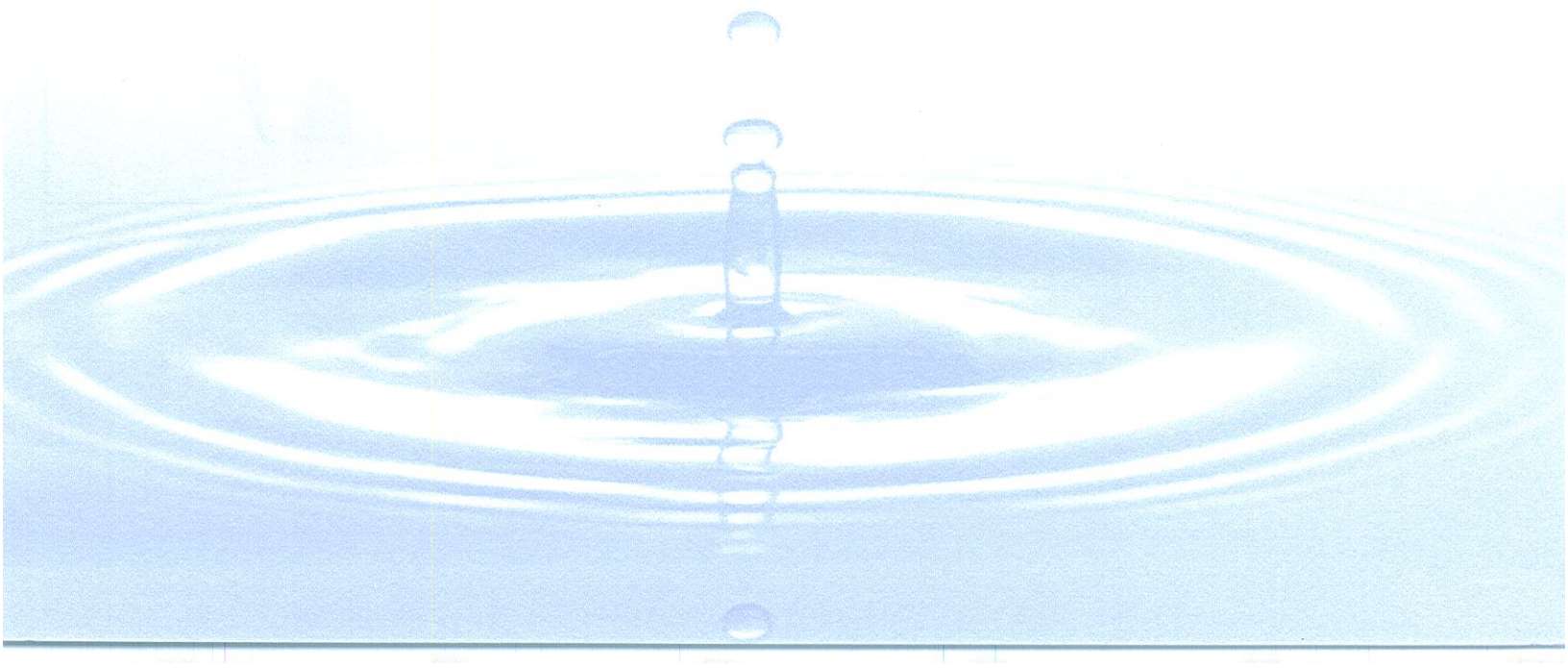




## VÍNCULOS WEB PARA PROFUNDIZAR

---

1. [www.jaenclima.com/articulos/images/08.gif](http://www.jaenclima.com/articulos/images/08.gif)
2. [www.centrovirtual.com/uh/prod\\_imag](http://www.centrovirtual.com/uh/prod_imag)
3. [www.sodimac.cl](http://www.sodimac.cl)
4. [www.lowes.com](http://www.lowes.com)
5. [www.raindrip.com](http://www.raindrip.com)
6. [www.gardena.com](http://www.gardena.com)
7. [www.ecoaigua.com](http://www.ecoaigua.com)
8. [www.terra.org](http://www.terra.org)
9. [www.enbuenasmanos.com](http://www.enbuenasmanos.com)
10. [www.ecoinnova.com](http://www.ecoinnova.com)
11. [www.ecodes.org](http://www.ecodes.org)
12. [www.soliclima.com](http://www.soliclima.com)
13. [www.eraecologica.org](http://www.eraecologica.org)
14. [www.ecodes.org](http://www.ecodes.org)
15. [www.tucsonaz.gov](http://www.tucsonaz.gov)
16. [www.sarar-t.org](http://www.sarar-t.org)
17. [www.tierramor.org](http://www.tierramor.org)



## OTROS CONSEJOS PARA EL USO EFICIENTE DEL AGUA EN LA ESCUELA

---

- **Revisa junto a la dirección de la escuela las llaves en mal estado.** El goteo más insignificante puede derrochar hasta 75 litros de agua al día: Un grifo en mal estado puede causar el gasto innecesario de 35 mil litros de agua al año.
- **No descargues innecesariamente el inodoro.** Cada vez que tiras la cadena del WC se utilizan 20 litros de agua. No uses tu baño como papelerero.
- **No utilices cantidades excesivas de productos de limpieza.** Fíjate que no sean agresivos con el medio ambiente. Recuerda que un uso correcto de los detergentes y productos de limpieza hace que el consumo de agua necesaria para su eliminación también se vea reducido.
- **No malgastes el agua para regar áreas verdes.** Utiliza sistemas de riego eficientes como el riego por aspersión, riego localizado por goteo y microaspersión y el riego manual. Es conveniente regar en las horas de menos calor; así se perderá menos agua por evaporación.
- **Prefiere tecnologías eficientes el gasto de agua.** Existen sistemas para baños, llaves, duchas y sistemas de cisternas que ayudan a ahorrar una gran cantidad de agua en baños, duchas y cocinas.
- **Difunde consejos en la comunidad escolar.** La adopción de sencillos hábitos de consumo puede reducir de forma notable el gasto de agua, pero generalmente es preciso informar a los alumnos, personal administrativo, profesores padres y apoderados sobre las posibilidades de ahorro, de forma que se involucren en los cambios. Lidera una campaña dentro de tu escuela colocando mensajes en los principales puntos consumidores de agua con información específica para ese uso en concreto. Algunas frases que puedes incluir:

**En el baño:** El agua es vida, utiliza sólo la que necesites. Cierra el grifo mientras te enjabonas, el medio ambiente te lo agradecerá. Recuerda: El inodoro no es un basurero

**En la cocina:** No descongelar alimentos bajo el chorro de agua. Utiliza el basurero. Así evitarás atascos y los lavaplatos estarán en buenas condiciones. Evita mantener el grifo abierto mientras friegas los platos.

