



**PROARCA**  
Programa Ambiental Regional para Centroamérica

*Enfoque: Centroamérica*

# Guía para el Manejo de Excretas y Aguas Residuales Municipales

*Por: Doreen Brown Salazar  
PROARCA/SIGMA*

**Coeditores:**

*Víctor Arriaza  
Mario Stanley Cáceres  
Ana Luisa Dueñas  
Joram Gil Laroj  
Carlos Salazar Ortiz  
Elías Rosales Escalante*



**Diciembre 2004**

## ***Agradecimientos***

*Queremos brindar reconocimiento y un agradecimiento especial a las siguientes organizaciones e individuos, los cuales participaron en la revisión de todo o partes de esta guía:*

- *Adán Pocasangre, ERIS (Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria), Guatemala*
- *Alfredo Szarata, INFOM (Instituto de Fomento Municipal), Guatemala*
- *Brad Carr, USAID (United States Agency for International Development), El Salvador*
- *Bruce Henry, US-EPA (United States Environmental Protection Agency), USA*
- *Claudia Pamela Altan, FEMICA (Federación de Municipios del Istmo Centroamericano)*
- *Daniel Ruiz O., CARE Nicaragua*
- *Félix Aldin Aguilar Carrera, ERIS (Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria), Guatemala*
- *Ivette M. Morazan, CARE Nicaragua*
- *John Harkins, US-EPA (United States Environmental Protection Agency), USA*
- *Julio Moscoso, CEPIS (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente), Perú*
- *Kara Nelson, University of California, Berkeley, California*
- *Louis Salguero, US-EPA (United States Environmental Protection Agency)*
- *Selma García, CARE El Salvador*
- *Sergio Rolim Mendonça, CEPIS (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente), Perú*
- *Stewart Oakley, Chico State University, California, USA*

### ***Fotos de portada:***

*Foto1, arriba izquierda: Bocas del Toro, Panamá*

*Ing. Menajem Bessalel*

*Foto 2: La Unión, El Salvador*

*Antonio Arreaga-PROARCA/SIGMA*

*Foto 3: San Juan Talpa, El Salvador*

*Arq. Julián Monje*

*Foto 4: Estelí, Nicaragua*

*Ing. Ivette Morazán*

*Foto 5: Santa Ana del Norte, El Salvador*

*Arq. Julián Monje*

### ***Acerca de esta publicación***

*Esta publicación y el trabajo descrito en ella fueron financiados por la **Agencia de Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID)**, a través de **PROARCA/SIGMA**, en apoyo a la agenda de la **Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD)**, en el contexto de **CONCAUSA**, la declaración Conjunta entre Centroamérica y Estados Unidos (Miami, octubre de 1994) sobre la conservación del ambiente en Centroamérica.*

*Las opiniones e ideas presentadas aquí no son necesariamente respaldadas por **USAID, PROARCA/SIGMA, o CCAD**, ni representan sus políticas oficiales.*

### ***Rol de esta guía y referencia a documentos complementarios***

*¿Como se diferencia esta guía de esas otras guías o materiales ya disponibles sobre el tema del manejo de excretas y aguas residuales? Este no es un manual de diseño para ingenieros; la información técnica se presenta con el propósito de orientar a gerentes municipales de *Centroamérica* y para las personas que los asesoran, o los que contratarán a esos ingenieros. La guía esta orientada para utilizarse cómodamente en zonas urbanas con poblaciones entre 5,000 y 100,000 habitantes.*

*Este es un documento que pretende llenar con información pertinente las “lagunas” del conocimiento que a veces poseen nuestros munícipes y funcionarios no expertos y orientar de mejor manera las decisiones que sobre este tema deban tomarse. En esta guía se presentan muchos temas de forma generalizada, los cuales se pueden complementar con información adicional. En el primer anexo de la guía presentamos algunos documentos breves enfocados a: educación comunitaria, lagunas de estabilización, re-uso de aguas residuales y respuesta a emergencias y desastres.*

# Guía para el manejo de excretas y aguas residuales municipales

## CONTENIDOS

<b>CAPÍTULO 1: Importancia y urgencia de esta guía .....</b>	<b>1</b>
1.1 <i>La situación en Centroamérica .....</i>	1
1.2 <i>Propósito de la guía .....</i>	2
1.3 <i>Hacia una solución.....</i>	3
<b>CAPÍTULO 2: Introducción al manejo de aguas residuales.....</b>	<b>4</b>
2.1 <i>El ciclo hidrológico .....</i>	4
2.2 <i>La contaminación del agua .....</i>	5
2.3 <i>Manejo integrado de los recursos hídricos .....</i>	6
2.4 <i>Implementación de un plan para el manejo de aguas residuales .....</i>	6
2.4.1 <i>Etapa 1: Motivación y planificación .....</i>	7
2.4.2 <i>Etapa 2: Diseño y construcción.....</i>	9
2.4.3 <i>Etapa 3: Operación y evaluación.....</i>	9
<b>CAPÍTULO 3: Aspectos técnicos.....</b>	<b>10</b>
3.1 <i>Introducción al concepto de manejo de excretas y aguas residuales .....</i>	10
3.1.1 <i>Sistemas descentralizados .....</i>	13
3.1.2 <i>Evaluación del impacto ambiental .....</i>	13
3.2 <i>Sistemas individuales .....</i>	14
<i>Fuente: Programa ECOSAN, GTZ.....</i>	14
3.2.1 <i>Opciones de sistemas individuales .....</i>	15
3.2.2 <i>Operación y mantenimiento de sistemas individuales .....</i>	27
3.3 <i>Sistemas de alcantarillado .....</i>	30
3.3.1 <i>Tipos de alcantarillado .....</i>	30
3.3.2 <i>Bombeo .....</i>	33
3.3.3 <i>Operación y mantenimiento de redes .....</i>	33
3.4 <i>Tratamiento de aguas residuales .....</i>	35
3.4.1 <i>Pre-tratamiento .....</i>	36
3.4.2 <i>Tratamiento Primario .....</i>	37
3.4.3 <i>Tratamiento secundario .....</i>	39
3.4.4 <i>Tratamiento terciario .....</i>	43
3.4.5 <i>Desinfección.....</i>	43
3.4.6 <i>Tratamiento y secado de lodos .....</i>	43
3.4.7 <i>Alternativas de solución .....</i>	45
3.4.8 <i>Operación y mantenimiento de plantas de tratamiento .....</i>	51
3.5 <i>Re-uso de remanentes o sub-productos.....</i>	57
3.5.1 <i>Re-uso de agua tratada .....</i>	57
3.5.2 <i>Re-uso de lodos .....</i>	59
3.6 <i>Monitoreo de sistemas de tratamiento de aguas residuales.....</i>	60
3.7 <i>Seguridad para el personal de trabajo.....</i>	62
3.8 <i>Planificación y respuesta ante desastres.....</i>	64

3.9 Costos de planificación, construcción y operación.....	64
<b>CAPÍTULO 4: Aspectos institucionales y legales.....</b>	<b>66</b>
4.1 Arreglos institucionales.....	66
4.2 La normativa ambiental .....	67
4.3 Opciones de prestación de los servicios.....	69
4.4 Opciones y consideraciones para involucrar al sector privado .....	70
4.5 Fortalecimiento de la unidad encargada .....	71
<b>CAPÍTULO 5: Educación comunitaria y participación pública .....</b>	<b>72</b>
5.1 Educación comunitaria .....	72
5.2 Participación pública verdadera.....	74
<b>CAPÍTULO 6: Aspectos financieros.....</b>	<b>76</b>
6.1 Instrumentos para el manejo financiero .....	76
6.2 Opciones de financiamiento para construcción .....	77
6.3 Opciones de financiamiento para la operación de los sistemas .....	80
6.4 Tarifas .....	80
<b>ANEXOS .....</b>	<b>82</b>
1 - Recursos técnicos .....	82
2 - Ejemplos relacionados a proyectos centroamericanos.....	83
3 - Modelo de la carta para el compromiso de los beneficiarios del servicio de agua, para la construcción de una fosa de absorción .....	84
4 - Formulario de auto-evaluación de manejo integral de aguas residuales.....	85
5 - Diccionario de términos relacionados a aguas residuales .....	87

## CAPÍTULO 1: Importancia y urgencia de esta guía

El abastecimiento de agua limpia para la población humana, continuamente en crecimiento, es uno de los problemas más severos que se enfrenta al comienzo del nuevo milenio. El aprovechamiento de nuevas fuentes de agua es cada día más caro. Por otra parte, un alto porcentaje del agua limpia está siendo contaminada por su uso doméstico e industrial y vertida a ríos y lagos sin recibir ningún tipo de tratamiento.



*Este canal de drenaje, en Bocas del Toro, Panamá, tiene conexiones ilícitas de aguas servidas sin tratamiento*

En Centroamérica los recursos invertidos para el tratamiento de aguas residuales han sido bajos en comparación a lo gastado para el abastecimiento de agua. Parece ser que no se ha logrado ubicar en la forma de pensar de los tomadores de decisión, la importancia del tratamiento de las aguas residuales para mejorar la calidad de vida, conservar los ecosistemas, mantener la pesca y para preservar ese recurso fundamental que se valoriza tanto, el agua limpia.

En un lapso tan corto como el de una generación, se ha visto crecer la degradación ingrata de ríos, lagos y bahías, lugares de sitios turísticos con ecosistemas vibrantes, se han transformado en lugares con mal olor, donde incluso se recomienda no nadar. Ya no es recomendable tomar agua directamente del grifo en la mayoría de los países Centroamericanos y en muchos de ellos se tienen altas tasas de diarrea, provocadas por contaminación de las aguas con excremento humano.

*Casi el 50% de las personas que viven en países en vías de desarrollo sufren a diario por enfermedades relacionados a contaminación por excremento humano; estas enfermedades provocan un estimado de 2,2 millones de muertes anuales, a nivel mundial, principalmente de niños de cinco años o menos<sup>1</sup>.*

### 1.1 La situación en Centroamérica

El estado de servicios sanitarios y tratamiento de aguas residuales en Centroamérica se ilustra en el Cuadro 1. Este cuadro, indica que la mayoría de las aguas residuales de toda la región se recolectan y depositan en cuerpos de agua sin ningún tratamiento.

**Cuadro 1: Manejo de aguas residuales domésticos en Centroamérica<sup>2</sup>**

País	Población con acceso a agua Urbana / Rural, %	Población con acceso a letrina o alcantarillado sanitario Urbana / Rural, %	Efluente de alcantarillado sanitario con tratamiento, %
Belice	100 / 81	71 / 25	57
Costa Rica	99,6 / 92	89 / 97	4
El Salvador	92 / 25	86 / 50	2
Guatemala	98,8 / 70	95 / 71	1
Honduras	94 / 70	94 / 50	3
Nicaragua	95 / 34	93 / 56	34
Panamá	88 / 86	99 / 86	18

<sup>1</sup> WSSCC: Water Supply and Sanitation Collaborative Council, <http://www.wsscc.org>, Enero 2003.

<sup>2</sup> Informe regional sobre la evaluación 2000 en la región de las Américas: Agua potable y saneamiento, estado actual y perspectivas. OPS/OMS, HEP.

Estas cifras se ven peor cuando se toma en cuenta la baja eficiencia de una gran parte de los sistemas. Los estudios que se han realizado estiman que la mayoría de las plantas de tratamiento para aguas residuales no operan bien<sup>3</sup>. Sus problemas de operación varían entre problemas de sobrecarga (les llega más de la capacidad para la que se diseñaron) y de abandono completo por mal planificación y por debilidades administrativas de las instituciones a cargo de su operación, mantenimiento, monitoreo y vigilancia.

Decir que los países Centroamericanos no tienen los recursos para planificar una solución a largo plazo no es una respuesta al problema. El costo de no actuar es mayor, en términos humanos, ambientales y económicos. Estos costos incluyen:

- Miles de niños muertos cada año
- Millones de personas enfermas cada día
- El costo de tratar cuerpos de agua contaminados, lo cual es más alto que evitar y dar tratamiento en los puntos de origen.
- El gasto de recursos para construir y operar pozos para abastecimiento de agua evitando con ellos el consumo de agua contaminada de otras fuentes más tradicionales (es mejor gastar estos recursos en prevenir la contaminación)

*Enfermedades relacionadas a excrementos humanos cuestan a los países en vías de desarrollo 5 billones de días de trabajo por año.*

*En un estudio en Karachi (Pakistán), se encontró que personas que viven en lugares sin saneamiento adecuado gastan 6 veces más en servicios médicos que los que sí lo tienen.*

*En Perú, una epidemia de cólera en los 90's costó a la economía nacional un estimado de \$US 1 billón en turismo y exportación de productos agrícolas, en solo 10 semanas.<sup>4</sup>*

## **1.2 Propósito de la guía**

El propósito de esta guía es servir de orientación a líderes que toman decisiones sobre alternativas técnicas, institucionales y financieras relacionadas con el manejo y tratamiento de aguas residuales (individuales y de cascos urbanos) de tamaño pequeño a mediano. Esta guía, está particularmente orientada a gerentes municipales de Centroamérica y *para personas y organizaciones que los asesoran*, hacia soluciones que procuran el mejor manejo de aguas residuales. Con esta guía esperamos ayudar a resolver algunas de las preguntas claves de la gerencia municipal:

- *¿Cómo motivar e involucrar al público en el mejor manejo de aguas residuales?*
- *¿Dónde y cómo se puede empezar con un programa para el mejor manejo de aguas residuales?*
- *¿Cuáles son algunas opciones para el tratamiento de aguas residuales y las experiencias vividas en Centroamérica?*
- *¿Cuáles son las ventajas y desventajas de opciones administrativas institucionales en la gestión?*
- *¿Cómo hacer para adquirir los fondos que se requieren?*

<sup>3</sup> Resultados del Taller Regional Centroamericano de Tratamiento Sostenible de Aguas Residuales, PROARCA/SIGMA y COSUDE, San Pedro Sula, Honduras, Mayo 26-28, 2004

<sup>4</sup> WSSCC: Water Supply and Sanitation Collaborative Council, <http://www.wsscc.org>, Enero 2003.

### 1.3 Hacia una solución

Ahora es el momento de ofrecer un *liderazgo capacitado* para mejorar el manejo de aguas residuales. Por ello, el camino hacia la solución correcta debe incluir<sup>5</sup>:

- educación y motivación; por no haberse dado antes la prioridad demandada por este problema, es necesaria una intensa labor informativa y de concienciación, dirigida a todos niveles, sobre la importancia del buen manejo del agua y del tratamiento de las aguas residuales;
- vínculo con agua potable; nunca falta interés por el tema del agua potable. Es muy recomendable ligar el servicio de tratamiento para las aguas residuales con la provisión de agua potable, especialmente en las fases de 1) planificación y 2) cobro de servicios. Este vínculo facilita asegurar que la provisión de agua potable no crea nuevos problemas ambientales y que los que utilizarán el agua también se responsabilizarán por su disposición adecuada;
- planificación; es importante hacer un plan de acción participativo; considerando aspectos técnicos, institucionales y financieros. Este plan debe incluir las acciones a tomar: a corto, mediano, y largo plazo;
- ejecución del plan de acción

*Voluntad política y soluciones económicas son dos pre-requisitos para el manejo adecuado de aguas residuales.*

Las futuras generaciones dependen del liderazgo de hoy comprometido en eliminar los riesgos e impedir enfermedades como ascaríasis y cólera, con acciones que permitan ofrecer agua que ellos podrán consumir y donde ríos y lagos serán ecosistemas vibrantes, en los cuales podrán nadar y pescar sin temores.

---

<sup>5</sup> Guidance on Municipal Wastewater, UNEP, borrador, octubre 2001, <http://www.gpa.unep.org>

## CAPÍTULO 2: Introducción al manejo de aguas residuales

Este capítulo, inicia con los conceptos del ciclo hidrológico y los impactos que ocasiona la interacción de los humanos en el ambiente y la salud. Luego presenta un esquema de los elementos a incluir en el camino de la planificación y ejecución de programas relacionados al manejo de aguas residuales.

*Nota:*

*En esta guía “aguas residuales” se refiere a aguas provenientes de usos domésticos en su mayoría, sin incluir sustancias industriales potencialmente tóxicas, las cuales no se deben permitir como descargas, sin tratamiento previo en alcantarillados públicos municipales.*

### 2.1 El ciclo hidrológico

*El agua al precipitarse en forma de lluvia, llega primero al follaje de los árboles; a medida que continúa lloviendo, el agua comienza a escurrirse por las ramas y troncos de los árboles hasta llegar al suelo. Una vez ahí, el agua es retenida temporalmente por la hojarasca y las raíces, permitiendo que una porción de agua se infiltre por varias capas llegando a la profundidad donde se ubica el agua subterránea. De ese almacenamiento se alimentan permanentemente los ríos, lagos, embalses y manantiales. Otra porción del agua que cayó corre sobre la superficie del terreno, hacia los ríos, lagos, embalses y finalmente al océano. Al evaporarse el agua del follaje, de la tierra, de los ríos, de lagos y del océano, se cierra el ciclo hidrológico.*

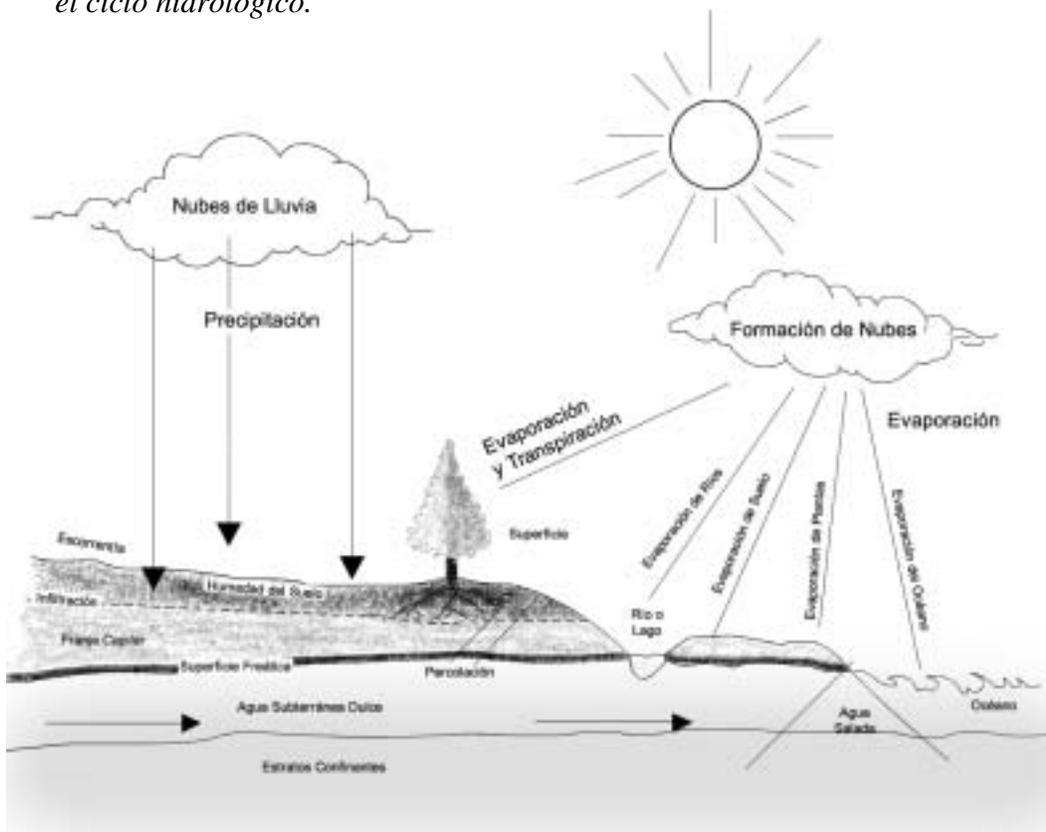


Figura 1: El ciclo hidrológico

## 2.2 La contaminación del agua

El ser humano contamina el suelo con sus excretas y con malas prácticas para la disposición de desechos líquidos y desechos sólidos domésticos, comerciales e industriales. Esta contaminación se infiltra al suelo o es llevada por la lluvia hacia cuerpos de agua. El ser humano también contamina directamente los cuerpos de agua con efluentes de sus alcantarillados sin tratamiento.

Las excretas humanas depositadas al aire libre y las aguas residuales domésticas crudas (sin tratamiento), tienen mal olor y son un *riesgo para la salud*. Las infecciones por nemátodos (gusanos), se dan principalmente por el contacto directo de manos sucias (que han estado en contacto con excremento depositado en el suelo) con la boca; estas infecciones todavía abundan en Centroamérica y se pueden evitar fácilmente. Las graves enfermedades gastrointestinales, entre ellas: el cólera, la tifoidea, la paratifoidea, la disentería, la diarrea, la hepatitis y otras, ocasionadas por el consumo de alimentos o bebidas contaminadas, afectan diariamente a millones de personas en Centroamérica. Una enfermedad que pudo haberse evitado, le ocasiona inconvenientes al pequeño agricultor y a su familia al no poder atender satisfactoriamente sus labores cotidianas. Destacándose en esos casos el daño y consecuencias en los niños menores de 5 años, los más vulnerables a enfermedades.

Los excrementos, fertilizantes y detergentes también son un *riesgo para el ambiente*. Estos elementos “comunes” contienen sólidos, material orgánico disuelto, nitrógeno, fósforo, aceites, grasas y en algunos de ellos elementos tóxicos. Los desechos que contienen compuestos de nitrógeno y fósforo se conocen como nutrientes. El impacto ambiental de estos químicos varía desde un olor desagradable, a la provocación del crecimiento acelerado de algas y otras plantas acuáticas y la reducción de oxígeno disuelto en el agua, quedando muy poco para los otros seres vivos acuáticos, principalmente para los peces, y, en casos extremos, la muerte de peces y aves.

En Centroamérica, existe una creciente y alarmante contaminación de las aguas en ríos, lagos, embalses, aguas subterráneas y de aguas marinas costeras al convertirlos en colectores y sitios para el vertido de aguas residuales sin tratar. Cada país tiene un ejemplo de estas graves contaminaciones; ese es el caso del Río Acelhuate, en El Salvador.

El Río Acelhuate en El Salvador, es considerado como una cloaca abierta. En este río, se vierten directamente todos los desechos líquidos y sólidos procedentes de las diferentes actividades humanas de las ciudades de San Salvador, Mejicanos, Ayutuxtepeque, Cuscatancingo y Ciudad Delgado. Este río desemboca en el Embalse Cerrón Grande, contaminando el cuerpo de agua fresca más grande del país.

### **2.3 Manejo integrado de los recursos hídricos**

En reconocimiento a la interconexión de todos los recursos hídricos, y de los actos humanos de uso, manejo e interdependencia con ellos, existe un movimiento internacional que promueve, el *manejo integrado de los recursos hídricos*, a nivel de cuenca o de sub-cuencas que desembocan en un mismo cuerpo receptor de agua. El manejo integrado de los recursos hídricos considera:

- los impactos de cualquier decisión en la cuenca arriba, en la cuenca media, en la cuenca baja, en el agua subterránea y en los recursos costeros;
- la eficiencia y mejor aprovechamiento del agua, así como las acciones de re-uso de aguas residuales aprovechando de mejor manera su carga orgánica y de nutrientes;
- el involucramiento de los sectores interesados en el uso de agua (abastecimiento, riego, energía, etc.);
- las políticas, reglamentos y arreglos institucionales necesarios para promover el uso equitativo y eficiente del agua, así como la calidad de la misma.

Cuando se piensa poner en ejecución un proyecto para abastecimiento de agua potable, es importante definir medidas a tomar para el manejo de las aguas residuales que ese mismo proyecto producirá. Cuando una familia dispone de un recurso domiciliario y confiable de agua, la tendencia es de producir un significativo aumento en aguas residuales (tanto por los usos al cocinar, lavar ropa y bañarse, como por los inodoros). En este punto es necesario resaltar que si bien la finalidad de un proyecto para abastecimiento de agua potable es mejorar la calidad de vida de la población, ese proyecto cumple solamente con una parte de dicha finalidad, porque si no se ha previsto el manejo correcto de las aguas residuales que se generarán a partir del funcionamiento del nuevo sistema, se tendrá una comunidad con estancamientos de agua sucia en sus calles y patios, maloliente y severamente contaminada, constituyéndose en una seria amenaza para la salud de la población y ocasionando un severo deterioro del ambiente.

### **2.4 Implementación de un plan para el manejo de aguas residuales**

La limitación de recursos económicos no debe ser una justificación para no tener una visión global, si no una motivación para tener un plan de manejo comprensivo. Los planes de manejo que incorporen a toda la comunidad, área urbana o cuenca, son importantes porque:

- **los beneficios en salud y ambiente no se realizan a pequeña escala;** por ejemplo, estudios realizados sobre proyectos rurales de agua y saneamiento han demostrado que si solamente una parte de la comunidad adopta prácticas de saneamiento, el beneficio integral de salud se pierde,

*Un plan de manejo que incluye toda la comunidad es importante porque los beneficios en salud y ambiente no se realizan a pequeña escala y porque las soluciones aisladas no maximizan la eficiencia del uso de recursos.*

- **las soluciones aisladas no maximizan la eficiencia del uso de recursos;** por ejemplo, la construcción de una serie de sistemas aislados de recolección y plantas de tratamiento para aguas residuales en cada nueva urbanización puede no representar una planificación integral y podría costar más que soluciones de mayor cobertura en toda la misma región.

Es importante realizar una planificación holística, integral, incluyendo todos los actores clave, con representantes de todos los niveles socio-económicos y considerando aspectos de sustentabilidad técnica, económica e institucionales. El plan debe incluir acciones a ejecutar a corto y mediano plazo. Este tipo de plan se debe actualizar aproximadamente cada cinco años.

Elementos que se pueden incluir en las etapas de planificación, diseño/construcción y monitoreo de un plan de manejo para aguas residuales son:

#### **2.4.1 Etapas 1: Motivación y planificación**

El proceso para un buen manejo de las aguas residuales requiere un alto nivel de participación de la ciudadanía, de planificación, y de tiempo para ejecutarlo con éxito. La voluntad política de las autoridades y el apoyo sincero de los miembros de la comunidad son requerimientos básicos para poner en marcha un sistema de aguas residuales.

Esta fase debe incluir al menos los siguientes componentes:

- Diagnóstico. El tiempo a invertir para hacer el diagnóstico de las condiciones existentes en una comunidad o lugares de una misma región se estima entre 1 y 2 meses. Es importante destacar que el diagnóstico considera las condiciones demográficas y topográficas del municipio, así como datos de producción y calidad de aguas residuales, si los hubiera.
- Determinación de metas para el programa a corto y a largo plazo; es importante determinar los usos del agua cuenca abajo (por ejemplo si hay posibilidades de re-uso) y definir con claridad los parámetros de calidad del agua tratada que se requiera obtener.
- Inicio de un programa de educación comunitaria; educación y capacitación en temas básicos de higiene y tratamiento de aguas residuales de las autoridades y de los actores claves de la comunidad es importante para que se entienda la prioridad del tema en términos de salud y ambiente.
- Evaluación del marco institucional; es importante determinar la institución o las instituciones que serán responsables del nuevo sistema. Y si fuese necesario, planificar la formación de una nueva institución.
- Inicio de un programa de participación pública; es importante discutir con grupos interesados el problema y las varias opciones posibles para su solución.

- Análisis preliminar de alternativas tecnológicas. La evaluación técnica debe incluir costos posibles para el usuario y considerar la sustentabilidad económica potencial de las opciones a presentar. Se pueden evaluar opciones con soluciones centralizadas y descentralizadas, y opciones con diferentes tecnologías de tratamiento.
- Análisis de alternativas sobre los sitios para la(s) planta(s) de tratamiento. Las posibilidades ideales serán económica y socialmente aceptables y protegerán el ambiente. Las alternativas ideales también aprovecharán las pendientes naturales del terreno para evitar, si la topografía lo permite, la necesidad de sistemas con bombeo hacia la(s) planta(s) y entre las unidades o etapas de tratamiento en la(s) planta(s).
- Decisión sobre la acción a tomar.
- Establecimiento del plan de acción; se preparan planes y se establecen prioridades, pasos a seguir y responsabilidades para lograr mejoramientos en el manejo de carácter técnico, institucional, legal, económico, social, ambiental y administrativo.

**Cuadro 2: Plan de manejo integrado de aguas residuales – Ejemplo.**

ASPECTOS	ETAPAS															
	Motivación y planificación					Diseño y construcción							Operación y evaluación			
meses	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
<u>Técnico</u>																
- diagnóstico	■															
- busca de sitio para planta o plantas	■	■	■													
- diseño preliminar de redes de recolección y planta(s)		■	■													
- cálculo de costos de capital y de operación		■	■													
- diseño final				■	■	■										
- realización de estudio de impacto ambiental o formulario ambiental		■			■	■										
- construcción									■	■	■					
- operación y monitoreo														■	■	■
<u>Participación pública</u>																
- diseño de programa de educación y participación pública	■	■														
- implementación de programa de educación y participación pública		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<u>Financiero</u>																
- optimización de manejo financiero		■														
- cálculo de tarifas		■														
- compra de terreno(s)				■												
- buen manejo financiero					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<u>Administrativo y legal</u>																
- definición de tipo de servicio y admin.	■	■														
- revisión de ordenanzas		■														
- capacitación de personal			■										■	■		
- actualización, ordenanzas y tarifas								■	■							
- escritura del terreno				■												
- obtención de permiso ambiental							■	■								
- administración del sistema													■	■	■	■

### **2.4.2 Etapa 2: Diseño y construcción**

Esta fase podría incluir los siguientes componentes:

- Continuación del programa de participación pública
- Continuación del programa de educación comunitaria
- Selección del (o de los) sitio(s) para la planta(s) de tratamiento
- Gestión para compra de terreno(s) para la(s) planta(s) de tratamiento
- Diseño final
- Establecimiento de nuevas tarifas
- Establecimiento de nueva ordenanza
- Finalización del estudio de impacto ambiental y su gerencia
- Establecimiento de nuevos arreglos institucionales
- Construcción de la primera fase del programa

### **2.4.3 Etapa 3: Operación y evaluación**

Esta fase podría incluir los siguientes componentes:

- Continuación del programa de participación pública
- Continuación del programa de educación comunitaria
- Operación y mantenimiento del sistema
- Monitoreo mensual o trimestral de calidad del agua entrando y saliendo de la planta de tratamiento y del cuerpo receptor del vertido de efluentes
- Evaluaciones periódicas del funcionamiento del sistema
- Cobro por el servicio

## CAPÍTULO 3: Aspectos técnicos

La falta de buen manejo de excretas y de aguas residuales en Centroamérica se debe, en parte, a la falta de conocimiento y experiencia con el uso de diferentes tecnologías que existen y están disponibles en el mercado. El propósito de este capítulo es proporcionar suficiente información sobre conceptos básicos y opciones técnicas requeridos de sistemas para el manejo de aguas residuales para guiar un mejor proceso de planificación y ejecución de soluciones correctas.

Este capítulo se divide en las siguientes secciones:

- Introducción al concepto de manejo de excretas y aguas residuales
- Sistemas individuales
- Sistemas de alcantarillado
- Tratamiento de aguas residuales
- Re-uso de remanentes o sub-productos
- Monitoreo de sistemas de tratamiento
- Seguridad para el personal de trabajo
- Planificación y respuesta a desastres
- Costos de planificación, construcción y operación

### 3.1 Introducción al concepto de manejo de excretas y aguas residuales

Los procesos para el manejo de excretas y aguas residuales deben ser escogidos con el objetivo de minimizar los riesgos para la salud humana y para el ambiente, considerando las particularidades de cada sitio.

Lo más importante, es *eliminar el riesgo a la salud de infección por organismos patógenos*. Ese riesgo se evita por medio de:

- 1) buenos hábitos de higiene (al no defecar al aire libre, al preparar la comida, al lavarse las manos antes de comer, etc.), lo cual significa una muy buena educación sanitaria en la comunidad;
- 2) manejo adecuado de excretas y aguas residuales, sea por medio de sistemas individuales o compartidos. Es de notar que las heces fecales de los niños, son más contaminantes que las de los adultos porque ellos tienen más tendencia a ser víctimas de las enfermedades de infección fecal-oral.<sup>7</sup>

*Estudios han demostrado que se reduce la diarrea en niños:<sup>6</sup>*

- de un 15% a un 20% al mejorar la calidad del agua
- en 35% al seguir mejores prácticas de higiene y
- en casi 40% al disponer en forma adecuada los excrementos de los mismos niños.

La cantidad de aguas residuales que genera una persona depende 1) de sus posibilidades que tenga para el suministro de agua, y 2) de los hábitos de uso y desperdicio de agua que se hayan adoptado. En los Estados Unidos, apro-

<sup>6</sup> WSSCC – Water Supply and Sanitation Collaborative Council, <http://www.wsscc.org>, Enero 2003.

<sup>7</sup> EHP - Environmental Health Project, Mejoramiento el saneamiento en las ciudades pequeñas de América Latina y el Caribe; Metodología práctica para diseñar un plan de saneamiento sostenible, USAID, Washington DC, 2002

ximadamente el 30% de las aguas residuales vienen de los inodoros, el 30% de las duchas, el 35% del lavado de ropa, manos y de los platos, y el 5% de fugas. En ese mismo país, el promedio de agua doméstica residual que se genera está entre 170-340 litros por persona, por día<sup>8</sup>, mientras que los datos utilizados para diseño en Centroamérica varían entre 100 y 200 litros por persona, por día. El caudal que se produce varía a lo largo del día, siendo el más bajo a las 5 de la mañana, y el más alto al medio día.

Para minimizar la contaminación del agua, se puede optar por:

- sistemas individuales que evitan la descarga de excretas y aguas grises en cuerpos de agua,
- sistemas individuales con una o varias etapas para el tratamiento de aguas residuales, e infiltrando las aguas tratadas al suelo, o
- sistemas de alcantarillado para la recolección, y tratamiento de aguas residuales antes de su vertido en cuerpos de agua.

Los factores más importantes que influyen la selección de la tecnología de saneamiento a utilizar son:

- identificación o conciencia sobre aspectos ambientales
- cantidad de agua disponible
- disponibilidad de espacio
- costos de construcción y acceso a financiamiento
- costos de operación, así como capacidad para cubrir esos costos
- aceptabilidad cultural, y
- capacidad para manejar el sistema que se adopte

Los principales elementos de contaminación que se encuentran en las excretas y en las aguas residuales que provocan un impacto negativo a la salud y el ambiente son: patógenos (microorganismos causantes de enfermedades), sólidos suspendidos, materia orgánica disuelta, nutrientes y elementos tóxicos. En el Cuadro 3, se resumen para cada elemento contaminante, sus fuentes potenciales, impactos negativos y diferentes opciones para su manejo.

Los procesos para reducir contaminación por *patógenos (microorganismos)*, y el riesgo consecuente de las aguas residuales incluyen tratamiento de líquidos en sistemas con largos tiempos de retención (lagunas), desinfección (por ejemplo cloración o con rayos ultravioletas), o realizando una aplicación de las aguas a suelos. En adición al tratamiento adecuado de líquidos, es importante el manejo y tratamiento adecuado de los lodos, donde se concentran los patógenos, por medio de digestión o secado de los mismos.

---

<sup>8</sup> Tchobanoglous, George y Burton, Franklin, Wastewater Engineering, Metcalf & Eddy, Third Edition, McGraw Hill Inc., 1991

**Cuadro 3: Opciones de manejo de excretas y aguas residuales**

<i>Elemento contaminante</i>	<i>Fuente típica</i>	<i>Impacto Potencial</i>	<i>Opciones de manejo</i>
Patógenos: - nematodos - hongos - bacterias - amebas - virus	▪ <u>Excretas</u> , aguas grises domésticas	▪ Salud: transmisión de enfermedad.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Buena higiene y adecuada disposición de excreta.</li> <li>▪ Manejo adecuado de lodos</li> <li>▪ En caso de inodoros con fosas sépticas, infiltración de efluente al suelo (sin estar cerca de agua subterránea o superficial)</li> <li>▪ En caso de alcantarillado, uso de lagunas u otro tipo de desinfección, o infiltración de efluente a suelos</li> </ul>
Sólidos suspendidos	▪ Varias	▪ Degradación de cuencas: acumulación de lodos, impacto en vida acuática.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Si no están mezclados con excretas: sumidero o zanjas de absorción</li> <li>▪ Si están mezclados con excretas: fosa o zanja de absorción o planta de tratamiento</li> </ul>
Elementos orgánicos disueltos	▪ Varias	▪ Olores, calidad de agua, impacto en sobrevivencia de vida acuática (peces y otros).	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ No descargar aguas residuales o lodos a cuerpos acuáticos superficiales (letrinas o plantas de tratamiento con re-uso), o</li> <li>▪ Tratar aguas residuales a nivel secundario</li> </ul>
Nutrientes (nitrógeno, fósforo)	▪ Varias, incluyendo aguas de lluvia que corren por áreas agrícolas (fertilizantes)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Olores, calidad de agua, crecimiento de algas y plantas invasoras</li> <li>▪ Eutroficación del cuerpo receptor.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ No descargar aguas residuales o lodos a cuerpos acuáticos superficiales (letrinas o plantas de tratamiento con irrigación o infiltración), o</li> <li>▪ Tratar aguas residuales a nivel terciario</li> </ul>
Elementos tóxicos (metales, plaguicidas, etc.)	▪ Procesos industriales	▪ Vida silvestre: acuática, y de animales que se alimentan de estas.	▪ Reducir su uso o pre-tratarlos si es un proceso industrial.

Los procesos dentro del tratamiento de aguas residuales que procuran remover *sólidos suspendidos* sencillamente son los de sedimentación. Esto es el tratamiento primario, donde el agua contaminada se retiene en un tanque por tiempo suficiente como para que las partículas bajen por gravedad, hasta el fondo.

El proceso de tratamiento para remover *materia orgánica disuelta* se conoce como tratamiento secundario, el cual se logra al permitir un ambiente donde las bacterias tienen la oportunidad de alimentarse de esa materia orgánica.

El tratamiento de aguas para la remoción de *nutrientes* es más difícil. Este proceso se conoce como tratamiento terciario. El concepto básico en esta etapa es el de la incorporación de estos elementos en los ciclos metabólicos y como alimento de organismos biológicos.

El tratamiento de aguas para la remoción de elementos *tóxicos* y *persistentes*, como metales disueltos, producidos por procesos industriales o provenientes

de plaguicidas, es más complicado. Estos procesos son muy costosos, casi prohibitivos para la gran mayoría de municipalidades, incluso aquellas en países con altas posibilidades en recursos económicos. Por esta razón, es importante aplicar los criterios de prevención para evitar la contaminación de nuestras aguas por estos elementos. Por ello, se procede reduciendo su uso, y demandando procesos de pre-tratamiento en industrias o en las actividades agro-industriales que los generan.

### **3.1.1 Sistemas descentralizados**

Para minimizar costos de construcción, operación y mantenimiento, tomando en cuenta la densidad de casas y las pendientes naturales del terreno, un sistema de recolección de aguas residuales para toda una población urbana no siempre es la mejor opción. En muchos casos, es aconsejable planificar un sistema descentralizado, formado por varias plantas de tratamiento y a veces, incluir sistemas individuales como parte de la solución global para el tratamiento de aguas residuales de toda una zona urbana. Por otra parte, al minimizarse el número de plantas de tratamiento y de fosas sépticas individuales, normalmente se reduce la complejidad del sistema y los costos de operación y mantenimiento. Es importante considerar varias posibilidades y, cuando sea factible, programar la puesta en marcha del proyecto por etapas, siempre con la visión final de lograr el tratamiento de todas las aguas residuales.

### **3.1.2 Evaluación del impacto ambiental**

Durante la etapa del análisis de opciones para definir las obras de infraestructura, es importante considerar los impactos al ambiente y a la calidad de vida de la comunidad. Una vez que se hayan determinado las opciones preferidas, es importante gestionar el estudio de impacto ambiental que corresponda, cumpliendo con los requerimientos de cada país. Estos estudios son una herramienta importante para garantizar que se hayan considerado, dentro de las etapas de planificación, construcción y operación, factores como:

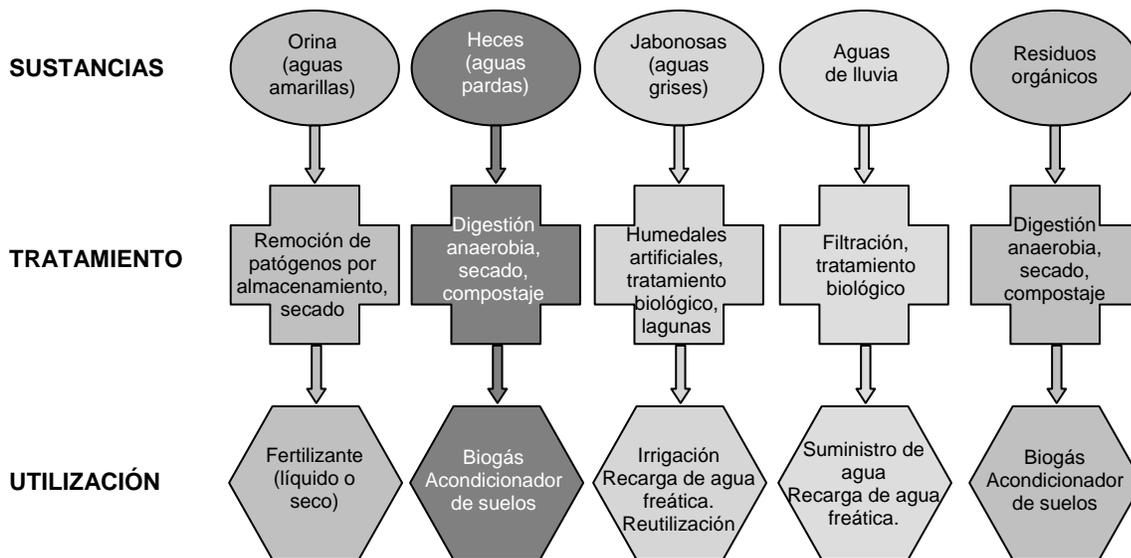
- selección de sitio(s) para la construcción de obras
- protección del ambiente durante la construcción,
- medidas a tomar para mitigar las acciones con un potencial impacto negativo al ambiente (por ejemplo, siembra de árboles, construcción de humedales, etc.),
- controles durante la operación y el mantenimiento normal, incluyendo protecciones del personal de trabajo,
- manejo apropiado de lodos (frecuentemente olvidado) y otros desechos,
- manejo de contingencias (por ejemplo, pérdida de electricidad),
- proximidad de casas (y medidas de control sobre la construcción de futuras casas cercanas a la planta), y
- un plan para monitorear los impactos al ambiente con el funcionamiento normal del sistema, con frecuencia determinada de monitoreo y asignación de responsabilidades.

### 3.2 Sistemas individuales

Los sistemas individuales son la mejor opción para el tratamiento de excretas y aguas residuales en zonas rurales, en comunidades de baja densidad y a veces también, para partes de zonas urbanas, dependiendo en estos casos de factores como la topografía del lugar. Estos sistemas no deberían ser considerados como soluciones de segunda categoría, pues bien manejados protegen la salud de las personas y al ambiente. Sistemas individuales se utilizan en casi el 25% de los hogares de los Estados Unidos<sup>9</sup>.

Adicionalmente, se puede anotar que existe un movimiento fuerte, a nivel mundial, llamado **ecosaneamiento**, lo cual promueve el manejo individual de orina y excrementos como la mejor opción, incluso en áreas urbanas de densa población, así siempre evitando la necesidad de inodoros con agua y alcantarillados con el fin de: 1) minimizar el uso del recurso del agua, 2) minimizar la contaminación del ambiente, y 3) aprovechar recursos de fertilizantes y agua de riego localmente. Se promueve considerar los orines, el excremento, las aguas “grises” o jabonosas, los desechos orgánicos y las aguas de lluvia como recursos que pueden ser aprovechados (ver figura). Normalmente se separa la orina de los heces para facilitar su manejo. La separación de la orina permite reducir los malos olores generados por los sólidos, y el tratamiento de los sólidos con mayor eficiencia. La separación de la orina también simplifica su manejo porque la orina, por lo general, no contiene micro-organismos patógenos en cantidades significantes.<sup>10</sup>

#### LA ESTRATEGIA DEL ECOSANEAMIENTO ES LA SEPARACIÓN DE:



Fuente: Programa ECOSAN, GTZ

<sup>9</sup> “Entonces ... ahora usted tiene un sistema séptico”, National Small Flows Clearinghouse, West Virginia University, 2000

<sup>10</sup> [http://www.thewaterpage.com/ecosan\\_health.htm](http://www.thewaterpage.com/ecosan_health.htm), Water Policy International

Siempre al desarrollar programas de letrización y de saneamiento en general, y particularmente en zonas rurales y para el caso de ecosaneamiento, es importante dedicar recursos no solo a la construcción, si no que también al proceso participativo, educativo y orientador para que las comunidades se familiaricen con el funcionamiento de esa tecnología y tomen el proyecto como suyo. La población necesita adquirir conocimiento sobre la importancia de los correctos hábitos para la disposición de excretas y para evitar enfermedades por contacto directo o indirecto con las mismas. Es importante, dedicar los programas de educación y orientación no solamente a la población adulta, sino también a los niños y a los jóvenes.

*Un programa de letrización bien planificado y llevado a cabo junto **con las comunidades**, mediante un buen programa de participación pública y educación comunitaria es un excelente paso para mejorar las condiciones de salud y del ambiente.*

### 3.2.1 Opciones de sistemas individuales

En el Cuadro 4 se resume las opciones de sistemas individuales que se detallan en esta sección. Se inicia con sistemas de tratamiento de excrementos sin mezclarlos con orina, seguido por sistemas de tratamiento de excrementos con orina, con orina y agua, y finalmente aguas residuales mezclados. Cualquiera de estos sistemas individuales para el manejo de excretas se puede utilizar con o sin separación de orina y también con ellos, y llevar a cabo el manejo de aguas grises por aparte para su aprovechamiento. Por eso al final, se incluye opciones para tratamiento de aguas grises (separados los excrementos).

Los factores a considerar para la selección y diseño de sistemas para el saneamiento individual, son los siguientes:

- Nivel y uso de aguas subterráneas (riesgos de contaminación)
- Características del suelo (capacidad de infiltración, capacidad del terreno para soportar pesos, capacidad de las fosas para sostenerse por sí mismas sin derrumbarse, profundidad de excavación posible).
- Disponibilidad de espacio físico
- Preferencias de los usuarios; factores que influyen la tendencia al uso adecuado de las letrinas: tipo de estructura (caseta), tipo de bacinete, y estructuras individuales o comunales, entre otros.

En todo caso, se recomienda tomar como referencia la profundidad del agua en los pozos existentes en la comunidad.

**Cuadro 4: Comparación de sistemas individuales para manejo de excretas**

<i>Tipo de sistema individual</i>	<i>Insumo</i>	<i>Condiciones y consideraciones en su uso</i>	<i>Operación y mantenimiento</i>
1. Letrina abonera seca familiar (LASF) o inodoro abonero (sanitario seco)	Excreta seca (no orina)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Para todas condiciones, incluyendo manto freático alto</li> <li>▪ Se debe separar la orina</li> </ul>	<p><u>LASF:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Echar ceniza o cal después de cada uso.</li> <li>▪ Revolver o mezclar cada 8 días.</li> <li>▪ Cambiar de compartimiento, secar y sacar excremento digerido como abono cada 6 meses</li> </ul> <p><u>Inodoro Abonero:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Concepto similar a LASF, pero varía dependiendo de diseño.</li> </ul>
2. Letrina abonera solar	Excreta seca o con orina	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Para manto freático bajo y suelos permeables</li> <li>▪ Es altamente recomendable separar la orina</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Echar ceniza o cal cada 8 días</li> <li>▪ Mover las excretas cada 8 días</li> </ul>
3. Letrinas de fosa ventilada	Excreta y orina	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Para manto freático bajo y suelos permeables</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Sellar fosa cuando se llena, y construir otra en un nuevo lugar.</li> </ul>
4. Letrina con sello hidráulico <sup>11</sup>	Excreta, orina, y agua de limpieza de balde	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Para manto freático bajo o mediano y</li> <li>▪ Suelos permeables</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Vaciar los lodos cada 3-5 años.</li> <li>▪ Alternar de fosa cada 3-5 años (si se construyeron dos)</li> <li>▪ Tratar los lodos de una forma adecuada</li> </ul>
5. Inodoro con tanque séptico y fosa o campo de absorción	Aguas residuales mezclados	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Para 1 - 300 familias</li> <li>▪ Para manto freático bajo o mediano y</li> <li>▪ Suelos permeables</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Medir lodos cada 6 meses</li> <li>▪ Vaciar los lodos cada 3-5 años.</li> <li>▪ Tratar los lodos de una forma adecuada</li> </ul>
6. Inodoro con tanque séptico + FAFA o humedal + sumidero o zanja	Aguas residuales mezclados	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Para condiciones donde el suelo sea impermeable o los niveles freáticos sean altos.</li> </ul>	<p><u>FAFA:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Revisar nivel de agua de entrada y salida</li> <li>▪ Vaciar lodos y limpiar material filtrante cada año</li> </ul> <p><u>Humedal:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Se deben cosechar periódicamente las plantas en el humedal.</li> </ul>
7. Sistemas de tratamiento “paquete”	Aguas residuales mezclados	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Para 10-1000 familias</li> <li>▪ Para lugares con escaso espacio y con personal técnico disponible (hotel)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Requiere gastos en energía y personal de mantenimiento técnico.</li> </ul>
8. Sumideros o zanjas para aguas grises	Aguas grises	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Dimensionar dependiendo de características de zona</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Revisar que agua este filtrando</li> <li>▪ Construir otro sumidero o destapar zanja cuando necesario</li> </ul>
9. Humedales (biofiltros)	Aguas grises o pretratados	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Dimensionar dependiendo de características de zona</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Se deben cosechar periódicamente las plantas en el humedal.</li> <li>▪ Las aguas <u>grises</u> tratadas adicionalmente en el humedal pueden utilizarse para riego.</li> </ul>

<sup>11</sup> Mara, Duncan, *Low-Cost Urban Sanitation*, John Wiley & Sons, 1996

### 3.2.1.1 Letrina abonera seca familiar (LASF), o inodoro abonero

La letrina tipo LASF ha funcionado especialmente en las zonas costeras y en general donde el manto freático se encuentra a poca profundidad del nivel de terreno natural, ya que por su construcción superficial y funcionamiento, asegura que el agua subterránea no será contaminada.

La letrina abonera se construye directamente sobre el terreno y consta de las siguientes partes:

- Una recámara doble, sobre una base de concreto.
- Una plancha de concreto (losa de entepiso) que contiene dos agujeros, sobre los cuales se colocan sendas tazas y dos agujeros más pequeños para los tubos PVC que conducirán al exterior los gases de cada recámara.
- De cada taza sale un *poliducto (tubo de plástico) para conducir la orina en forma separada* hacia un pequeño foso ubicado al lado de cada recámara.

Con esta letrina se utiliza alternadamente cada una de las recámaras: cuando la primera se ha llenado, aproximadamente en 6 meses, la taza correspondiente se sella, abriéndose la segunda para comenzar a ser utilizada. En este período, en la recámara sellada se realiza el proceso de degradación de las heces hasta que los microorganismos patógenos son eliminados.

### LETRINA ABONERA SECA VENTILADA (LASV)



1. Cada vez que se use debe echarse en la cámara un puño de ceniza o cal.

2. Cada semana debe moverse las excretas con la ceniza para mejorar la mezcla entre ambas. Cuando se remueva y se observe cierta humedad, agregar más cenizas.



3. Al echar ceniza procurar que no caiga sobre el depósito de la orina para que éste no se tape.

4. La plancha y taza al igual que toda la letrina debe limpiarse una vez por semana y permanecer tapada y cerrada.



Recomendaciones para la utilización de la orina recolectada:

Como **abono** mezclar 1 galón de orina con 3 galones de agua.

Como **insecticida** (evitar pulgones) mezclar ½ litro de orina con 4 galones de agua.

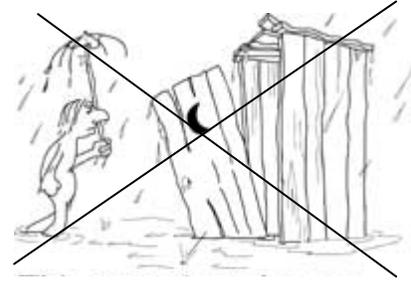
Como **fungicida** (evitar enfermedades como el orjeño) mezclar 1 galón de orina con 4 galones de agua.

UTILIZACIÓN DE LAS EXCRETAS SECAS:

Cada vez que se llene una de las cámaras, cerrarla y utilizar la otra.

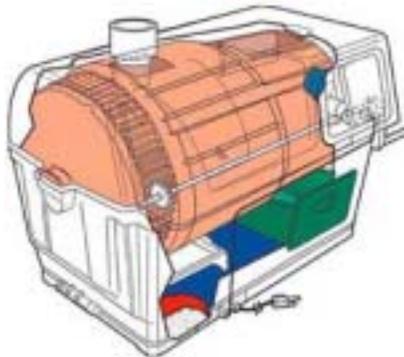
Esperar 9 meses para que sequen las excretas y luego utilizar como abono orgánico.

Similar en concepto a la letrina abonera familiar, pero lo cual se ha aplicado dentro de casas (sin estructura independiente - ver figura a la derecha), son los inodoros aboneros “composting toilets” pre-fabricados (sanitarios secos), promovidos por el movimiento de ecosaneamiento.



Fuente: Ecotech,  
<http://www.ecotechusa.com/toiletstools.html>

Normalmente se separa la orina, pero a veces se utiliza cantidades mínimas de agua para dirigir los heces de uno o varios inodoros hacia la compostera. Algunos modelos de inodoro y composteras pre-fabricados se ilustran abajo.



**1: Inodoro con separación de orina, 2: compostera, 3: combinación inodoro / compostera**

Fuentes: <http://www.sun-mar.com/2003/cottageusers.htm>,  
<http://www.sun-mar.com/2003/cottagemodels.htm>, <http://www.biolet.com/>

Para más información sobre ecosaneamiento, el programa ecosanres es una buena fuente: <http://www.ecosanres.org/>.

### 3.2.1.2 Letrina abonera solar

Es parecida a la letrina abonera familiar, con las siguientes modificaciones:

- Uso de una plancha de fibra de vidrio como colector solar, acelerando el secado del excremento (abono).
- Tiene solo una cámara, no dos, así que ocupa menos espacio

Semestralmente se produce abono orgánico sólido, sanitariamente seguro que mejora los suelos por la adición de materia orgánica y micro nutrientes contenidos en los excrementos, ceniza y orina.

## LETRINA DE COLECTOR SOLAR



### Utilización de las excretas secas:

Cada vez que se llene una de las cámaras cerrar la y utilizar la otra.

Esperar 9 meses y cuando las excretas estén secas utilizar como abono orgánico.

## MANTENIMIENTO

1. Echar ceniza dentro del cajón cada vez que se use.

2. Lavar la taza con detergente o ceniza cada 8 días.



3. Cada 8 días deben moverse las excretas con ceniza jalándolas con un azadón hacia la parte de atrás.

4. Mantener tapada la taza.



5. Mantener limpia la caseta y cerrada la puerta.

6. La caída de agua del techo de la caseta debe ser al lado contrario del recolector.

Figura de "Tecnologías de disposición de excretas" Ministerio de Salud Pública, Guatemala, 2002

### 3.2.1.3 Letrinas de fosa ventilada

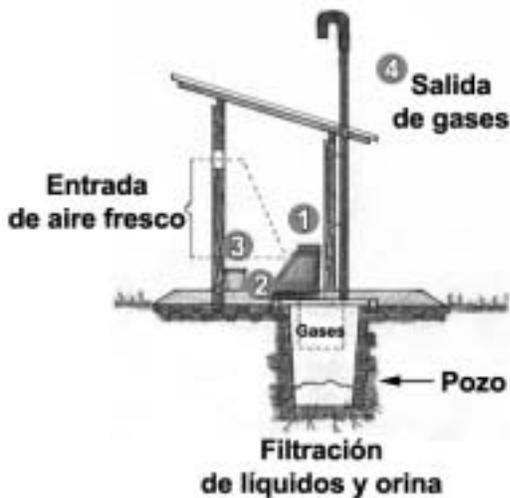
Para la implementación de este tipo de letrina, debe tomarse muy en cuenta los criterios de:

- el nivel freático debe estar bajo, (se recomienda a 2 metros de profundidad o mas)<sup>12</sup>
- suelos permeables
- distancia al pozo para abastecimiento de agua; (la distancia recomendada entre la letrina y cualquier pozo debe ser de 10 metros mínimo, y preferiblemente 30 metros).

<sup>12</sup> Duncan Mara, Low-Cost Urban Sanitation, John Wiley & Sons, West Sussex, 1996

Para la disposición de las excretas se utilizan las letrinas; éstas son de diferentes clases. Depende de las características de cada comunidad, el modelo a construir.

## LETRINAS DE POZO VENTILADO



1. Una vez a la semana lavar la plancha y taza con jabón o desinfectante, evitando que éste caiga dentro del pozo.
2. Rellenar cualquier agujero que se observe alrededor de la plancha.



3. Cada 8 días echar ceniza para cubrir las excretas y eliminar los malos olores y moscas.

4. Revisar que la malla que cubre la chimenea no tenga obstrucciones ni esté rota.

Al llenarse el pozo sellar con una plancha de concreto para evitar accidentes y trasladar la letrina a otro lugar.

Figura de "Tecnologías de disposición de excretas" Ministerio de Salud Pública, Guatemala, 2002

La fosa se recubre con una plancha de cemento que tiene un agujero sobre el cual se instala una taza. La caseta se puede construir con materiales del lugar.

Igual que en la letrina abonera, a este modelo se le puede incorporar una taza con separación de orina, para reducir la producción de malos olores al mezclarse con las heces. Cuando la fosa se ha llenado, habrá que sellarla y proceder a la excavación de una fosa nueva en otro lugar del terreno.

### 3.2.1.4 Letrinas con sello hidráulico

En este caso, la letrina se limpia con un balde de 2-3 litros de agua cada vez que se utiliza. La letrina está conectada, por medio de una tubería de diámetro pequeño (75 mm = 3 pulgadas), a una fosa de absorción. Este tipo de letrina muchas veces se construye con una caja repartidora y dos fosas de absorción que se pueden alternar (cada 2-4 años) y de esa manera permitir el tiempo suficiente para que la materia orgánica se degrade y los patógenos se mueran antes de vaciar una de esas fosas.

De acuerdo con algunos estudios, existe muy poco riesgo de contaminación de las aguas subterráneas cuando hay, por lo menos, 2 metros de suelo entre el fondo de una fosa de absorción y el manto freático, siempre y cuando la

aplicación de aguas residuales no sea mayor a 50 milímetros diarios, o sea 50 litros diarios por metro cuadrado<sup>13</sup>.

En lugares de alto nivel freático se puede utilizar este tipo de letrina conectándolas a un sistema de recolección con alcantarillado de diámetro pequeño (se transportan principalmente líquidos solo con materia disuelta, los sólidos más pesados se quedaron en las fosas de sedimentación) y llevando esos efluentes hasta unidades para el tratamiento adicional del agua residual.



*Letrina en losa sanitaria con sello de agua. Conectada a fosa séptica. Fotografía tomada por Ing. Elías Rosales*

*Fosa séptica y tubería de ventilación para letrina que funciona con 2 o 3 litros de agua por descarga. Fotografía tomada por Ing. Elías Rosales*



Este tipo de letrina tiene un sello de agua que detiene los gases que producen los olores e impide el acceso de insectos a los excrementos. En algunos estudios se ha demostrado una preferencia social por esta letrina, en comparación con las letrinas secas. Tiene la ventaja sobre los inodoros accionados con tanques propios de agua que reduce el uso del recurso agua y en consecuencia genera menos aguas residuales.

### 3.2.1.5 Inodoro con agua, tanque séptico y fosa de absorción o campo de infiltración

Cuando se utiliza un inodoro con un tanque de agua para limpiar y formar un sello contra olores, es necesario entonces montar un plan para el adecuado manejo de volúmenes más grandes del agua residual que ahora se genera. Para manejar adecuadamente esas aguas residuales se debe estar conectado a una red de alcantarillado sanitario o a una tanque séptico donde ésta a su vez, debe estar conectada a una fosa de absorción o a un campo de infiltración.

Las fosas sépticas normalmente son utilizadas en viviendas ubicadas en lugares donde no existe una red de alcantarillado sanitario. También pueden

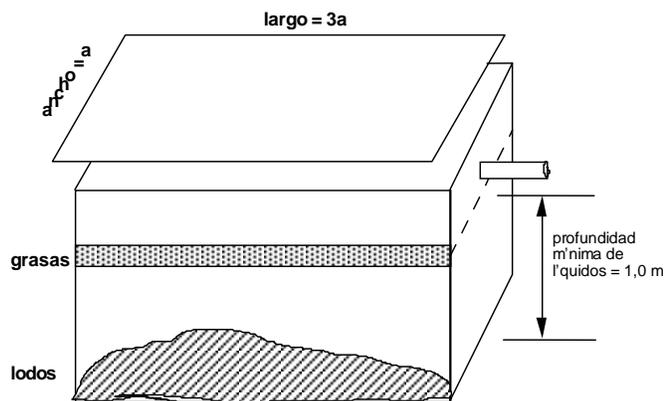
<sup>13</sup> Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, Unidad de Salud Mercedes Umaña, *Fosas resumideros: Para la sana eliminación de las aguas servidas*, El Salvador, 2001

ser utilizadas en escuelas rurales, campos o zonas de recreo, hoteles y restaurantes campestres; pueden servir para tratar agua de hasta 300 habitantes.

La técnica sanitaria de la tanque séptico se debe utilizar siempre que el suelo tenga capacidad de infiltración y los niveles freáticos no estén muy cerca del fondo de las zanjas o de las fosas de absorción. Ante condiciones de suelos difíciles, esta técnica de la tanque séptico puede ampliar su uso por medio de la adición de otras unidades de tratamiento; refiérase a sección 3.2.1.6.

Las fosas sépticas normalmente se diseñan con dos cámaras. En el primer compartimiento se efectúa la sedimentación, digestión de lodos y su almacenamiento. La segunda cámara mejora el proceso, reduciendo la posibilidad que los sólidos sean arrastrados con el efluente. La descarga de las fosas no se debe dirigir a un cuerpo de agua, si no que a una fosa o campo de absorción.

Lo correcto es que la entrada de aguas en una tanque séptico se haga por un extremo y la salida por el extremo opuesto. Es muy conveniente que la sección de estos tanques sea rectangular, manteniendo una relación entre el ancho y el largo de 1 a 3, así como, se establezca que la profundidad mínima de líquidos sea de 1,0 m. Con estas indicaciones se logra un proceso de sedimentación y una interacción adecuada de las bacterias. Entre más "largo" sea el recorrido del agua, se aumentan las posibilidades para la caída de la mayor cantidad de partículas. Y con ese espacio vertical de un metro, se definen de mejor manera cada uno de los estratos internos, dándose de esa forma la biodegradación de la materia orgánica, al pasar el agua por capas donde se ubican bacterias activas.



*Parámetros de diseño críticos para fosas sépticas  
Figura: Elías Rosales E.*

Si se piensa utilizar tanques prefabricados, es importante tomar en cuenta el tipo de suelo. Experiencias han mostrado la tendencia de unidades prefabricados en plástico o fibra de vidrio, a colapsarse cuando se instalan bajo el nivel del manto freático o en suelos muy arcillosos. El llenar los tanques de agua, antes de instalarlos y el reforzamiento adecuado en las esquinas o pliegues puede evitar el problema. También es apropiado el uso de tanques prefabricados en concreto o construirlos de ese material en sitio; protegiéndolos internamente con pinturas epóxicas o bituminosas, de la acción degradante al cemento como consecuencia de los procesos de descomposición de la materia que ahí se dan.

Es recomendable, al utilizarse esta técnica en restaurantes o lugares con cocinas grandes, anteponerles una trampa de grasas, especialmente por el agua del lava trastos.

Para construir una fosa de absorción, debe tomarse en cuenta, por medio de una prueba de campo, la capacidad de infiltración que tiene el terreno. Es decir, el tipo de suelo influye en dicha capacidad. Por ejemplo, la arcilla no permite fácilmente la infiltración de las aguas residuales tratadas, mientras que suelos como la grava y la arena, así como algunas areniscas, desaguan fácilmente. Adicionalmente, de ser posible dependiendo de las características de la zona, es apropiado prever facilidades de rebalse al final de las líneas de drenaje, dado excedentes ocasionales por sobresaturación en época de lluvia.

### 3.2.1.6 Inodoro con tanque séptico + FAFA o humedal + sumidero o zanja

Al contarse con suelos donde no sea efectiva la infiltración del agua, la técnica de las fosas sépticas tiende a no ser apropiada, porque el efluente de la fosa séptica, con solo tratamiento primario y sin filtración por el suelo, puede contaminar fuentes de agua potable, de recreación, o de recursos bióticos. Sin embargo, es posible darle un tratamiento adicional a los efluentes de las fosas sépticas, antes de que estos entren en contacto con el suelo o que sean vertidos en otro lugar.

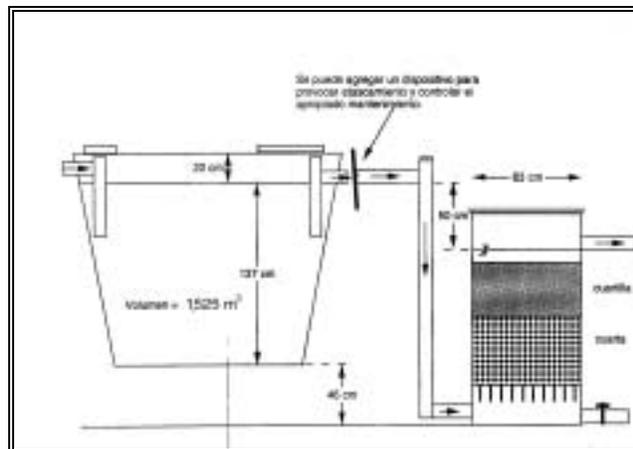
En este caso se instala **dos** unidades de tratamiento, en cada una de las viviendas, antes de la infiltración del agua tratada en los mismos patios, trabajando ambas unidades en forma consecutiva o en serie, provocando efluentes de mejor calidad y de menor riesgo contaminante. Dos opciones son: tanque séptico mas humedal o tanque séptico mas filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA).

El sistema entonces se compone de:

- una tanque séptico en cada casa,
- un pequeño humedal o FAFA en cada casa,
- drenaje en la longitud apropiada y que corresponda a cada lote

En ambos casos, debe estar claro que ambas unidades de tratamiento requieren de mantenimiento. En el caso del FAFA, es necesario considerar que para el funcionamiento del filtro se debe proveer la carga hidráulica del caso (diferencia apropiada entre alturas de la salida de la tanque séptico y salida del FAFA como se muestra en esquema.

En lugares donde el nivel freático es alto o el suelo es arcilloso, una opción que se ha utilizado en Costa Rica es la de colocar, luego de las fosas, filtros anaerobios de flujo ascendente para casas individuales. Un modelo de filtro pre-fabricado ha sido diseñado por el Instituto Tecnológico de Costa Rica.



**Fosa séptica con FAFA**  
**Figura: Elías Rosales E.**

### 3.2.1.7 Sistemas de tratamiento “paquete”

Estos sistemas de tratamiento tipo “paquete”, que se venden comercialmente, son mini plantas de tratamiento diseñadas y construidas para casos muy específicos. La compañía vendedora provee los servicios de adaptar los diseños e instalar sus modelos a cada caso que se les presente. Normalmente también ofrecen contratos para la operación o de apoyo técnico. Estos sistemas son apropiados para servir al equivalente de 50 - 5000 familias.



*Planta Durman Esquivel en urbanización Atlántida, Limón, Costa Rica. Fotografía tomada por unidad Aguas residuales del AyA, Costa Rica*

Estos sistemas, por lo general siguen la técnica del tratamiento por lodos activados, pero es posible encontrar algunos vendedores ofreciendo sistemas más sencillos. Las ventajas de estos sistemas es que son compactos y ocupan poco espacio físico y con ellos se ahorran los costos por diseño y construcción. Las desventajas que presentan al ser de lodos activados, son sus requerimientos en operación y mantenimiento, los cuales son más complejos y costosos que otras opciones. También por su diseño compacto normalmente son menos flexibles a cambios que otras opciones.

### 3.2.1.8 Sumidero o zanja para aguas grises

Las aguas grises son aguas residuales provenientes del uso doméstico (lavado de ropa, cocina, etc.), excluyendo de ellas las aguas de los inodoros, con las heces. Las aguas grises no presentan riesgos tan graves para la salud, como las aguas que contienen excretas, por lo que luego de darles tratamiento pueden ser más fácilmente reutilizadas.

Las aguas grises pueden ser dirigidas a una zanja de absorción o dirigidas a un sumidero (fosa de absorción). Es importante, colocar una trampa de grasas entre la cocina y la fosa o zanja de absorción para que la grasa no obstruya el flujo del agua. Sin la trampa de grasas, una fosa de infiltración puede quedar obstruida en pocos meses.

## SUMIDEROS

Se conoce como **aguas grises** a todas aquellas que son producto del lavado de ropa y trastos, así como de las regaderas.



Para evitar problemas de contaminación en la comunidad y poner en riesgo la salud de las personas es necesario eliminar los criaderos de zancudos y mosquitos, para evitar la trasmisión de enfermedades.

Esto se logra canalizando adecuadamente las aguas grises o servidas hacia pozos de absorción o sumideros, dependiendo de la capacidad de filtración del suelo.

El **sumidero** es un hoyo cuadrado que varía de 50 centímetros a 1 metro por lado, dependiendo del tipo de suelo, éste está lleno con piedras grandes y pequeñas, procurando que quede espacio suficiente para que se filtre el agua y no se rebalse el hoyo.

El único **mantenimiento** que hay que hacerle al **sumidero** es revisar que el agua se esté filtrando en la tierra, si éste se rebalsa sellar con una tapadera de concreto y construir otro.

*Figura de “Tecnologías de disposición de excretas” Ministerio de Salud Pública, Guatemala, 2002*

### 3.2.1.9 Humedales (biofiltros)

Ante las nuevas corrientes filosóficas para atender de mejor manera los procesos de contaminación y reducir sus efectos negativos, en “ecosaneamiento” se trabaja en acciones que impulsan criterios claros para la separación de las aguas utilizadas en una vivienda, en lo que se refiere a transporte, tratamiento y disposición de las mismas.

Una de esas acciones es la construcción de humedales (o biofiltros artificiales) para conducir hacia ellos, todas las aguas que puedan contener nutrientes (compuestos de nitrógeno y fósforo), con las que es posible alimentar diferentes tipos de plantas. Las plantas que comúnmente se han utilizado son “gramíneas” (pastos) y algunos tipos de “platanillos” o lirios de zonas húmedas tropicales.

Las aguas que se conducen a estos humedales artificiales no tienen partículas gruesas, solo contienen materia orgánica y nutrientes disueltos, porque son aguas que salen de algún paso previo de tratamiento. El tratamiento previo a aplicar para las aguas “grises” saliendo de cocinas, lavado de ropa, lavamanos o regaderas de los baños, consiste en pequeñas etapas de rendimentación y flotación. El propósito es dejar grasas y partículas pesadas (sobrantes de comida, hilos, pelos, etc.) en un depósito, para que esas partículas no interfieran con el proceso que se realiza en el biofiltro. El tratamiento que requieren las aguas provenientes de los inodoros consiste en etapas semejan-

tes, de sedimentación o separación de sólidos, tal y como suceden en una fosa séptica.

El agua saliendo de un biofiltro debe conducirse a un destino final, el cual puede ser la infiltración, la utilización en riego o el vertido en cuerpos de agua.

En la figura que sigue se indica una técnica de construcción de biofiltro que reduce el volumen de excavación y no necesita revestimiento de concreto en los taludes. El espejo del agua está 10 cm por debajo de la superficie de la grava, por lo que no hay acceso para los mosquitos y no hay generación de malos olores. Ausencia de algas en el efluente, lo que disminuye la materia orgánica que se vierte. El proceso no requiere de sol para la producción de oxígeno, por lo que se obtiene igual eficiencia de purificación en verano e invierno. Se logra fijación de fósforo en el lecho filtrante y fijación del nitrógeno en las hojas de las plantas. En consecuencia se obtiene remoción de nutrientes.

**Figura: Secuencia fotográfica de la construcción de un biofiltro**



*Tratamiento preliminar. Trampa de grasas y partículas gruesas*



*Excavación del sitio donde se colocará el biofiltro*



*Colocación de materiales impermeabilizantes en fondo de*



*Preparación de materiales a utilizar como filtro*



*Colocación de materiales a utilizar como filtro*



*Plantas colocadas sobre el lecho filtrante*

*Este biofiltro trata aguas jabonosas (aguas grises) en un colegio de secundaria en Monteverde, Puntarenas, Costa Rica. Se utilizó piedra cuarta y botellas plásticas troceadas para el material de filtro.*

*Fotografías suministradas por funcionarias del programa Pequeñas donaciones del PNUD.*

### 3.2.2 Operación y mantenimiento de sistemas individuales

Es importante que los usuarios y operadores de los sistemas individuales tengan los conocimientos y se mantengan vigilantes al operar esos sistemas adecuadamente. Se debe planificar el monitoreo y la educación periódica para asegurar que los usuarios entienden y apliquen las prácticas correctas para el buen manejo de sus sistemas. Aspectos importantes de la operación y mantenimiento de los sistemas anteriormente mencionados se resumen abajo:

#### 3.2.2.1 Letrina abonera seca familiar (LASF) o inodoro abonero

LASF:

- 1) Cada vez que se usa, echar ceniza producto de la estufa, o tierra seca mezclada con cal, como desecante y esterilizante de patógenos.
- 2) Cada ocho días, lavar la taza con detergente o ceniza.
- 3) Cada ocho días mover las excretas con ceniza, para mejorar la mezcla de estos materiales.
- 4) Cada 6 meses aproximadamente (cuando una recámara se ha llenado), se debe alternar recámaras: la taza correspondiente se sella, abriéndose la segunda para comenzar a ser utilizada. Mezclar bien el contenido de la recámara llena y esperar un mes dando tiempo para la reducción de patógenos con la acción de la cal y por desecación. Se procede a vaciar la cámara llena, se seca su contenido por 9 meses y luego, se le puede utilizar como abono de apropiada calidad.

Inodoro abonero:<sup>14</sup>

- 1) Es posible que haya la necesidad de añadir componentes orgánicos como aserrín, hojas, o ceniza, para proveer carbón para las bacterias, minimizar olores, y mantener circulación de aire en el material.
- 2) Mezclar periódicamente.
- 3) En climas fríos, puede ser posible la necesidad de calentar el material.
- 4) Remover el producto final periódicamente (entre 3 meses y 2 años).

#### 3.2.2.2 Letrina abonera solar

- 1) Cada vez que se usa, echar ceniza producto de la estufa (cocina de leña) o tierra seca mezclada con cal, como desecante y esterilizante de patógenos.
- 2) Cada ocho días, lavar la taza con detergente o ceniza.
- 3) Cada ocho días jalar las excretas hacia la parte de atrás para que se sequen.
- 4) Cada 3 meses (aproximadamente), vaciar los lodos secos de la parte de atrás, secar su contenido por 9 meses adicionales, y luego se le puede utilizar como abono de apropiada calidad.

---

<sup>14</sup> National Small Flows Clearinghouse: <http://www.septic-info.com/doc/display/14.html>

### 3.2.2.3 Letrinas de fosa ventilada

- 1) Una vez a la semana, echar ceniza a las excretas.
- 2) Cuando la fosa se ha llenado (cada 3-5 años), sellarla y proceder a la excavación de una fosa nueva en otro lugar del terreno.

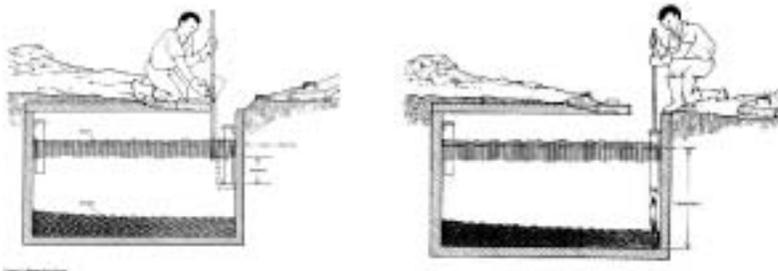
### 3.2.2.4 Letrinas con sello hidráulico

- 1) En caso de sistemas con dos fosas, cuando una fosa se ha llenado (cada 2-4 años), esperar un mínimo de 1 año a que se mueren los patógenos y se procede a vaciar la cámara llena, se seca su contenido por varios meses (dependiendo de condiciones locales) y luego se le puede utilizar como abono de muy apropiada calidad.
- 2) En caso de sistemas con una fosa, se procede a vaciarla con equipo mecanizado, tomando precauciones para el manejo de esos lodos con patógenos vivos.

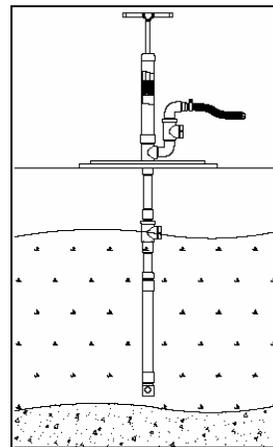
### 3.2.2.5 Inodoro con tanque séptico y fosa de absorción o campo de infiltración

El mantenimiento de la fosa o tanque séptico es relativamente sencillo. Consiste en:

- 1) Limpiar la trampa de grasas frecuentemente
- 2) En el tanque o fosa, al menos cada 6 meses medir:
  - a) el nivel de la capa de grasas en la parte superior del tanque, y
  - b) el nivel de la capa de lodos en la parte inferior del tanque



- 3) Cada 1 a 5 años: extraer los lodos (con equipo mecanizado si hay disponible, o se puede utilizar una bomba manual), tomando precauciones al manejar lodos con patógenos vivos. Estas limpiezas se realizan dependiendo del volumen de almacenamiento y la cantidad de personas utilizando el tanque. Podrían ser una vez al año, pero no es aconsejable en períodos mayores a 5 años. No se debe extraer el 100% del contenido de una fosa séptica, para dejar allí bacterias que siguen digiriendo los elementos orgánicos.



*Bomba manual para la extracción de lodos de una fosa séptica. Unidad de apoyo técnico para el saneamiento básico rural.*



- 4) Tratar los lodos de una forma adecuada (refiérase a la sección sobre tratamiento de lodos, más adelante).
- 5) Cada 6 meses: revisar que el agua se esté filtrando en la tierra.

#### 3.2.2.6 Filtro anaerobio de flujo ascendente

- 1) Revisión de niveles de agua: Debe revisarse periódicamente la diferencia de niveles del agua de entrada y de salida. La diferencia de esos niveles no puede ser mayor a 50 cm. Al llegarse a una medida cercana con ese valor se procederá a realizar las labores de limpieza.
- 2) Limpieza. El período máximo entre limpiezas es un año.

Lodos: Un procedimiento a aplicar para remoción de lodos, es introducirá por la entrada una manguera de succión de una bomba que se utilice y se extraerán los lodos acumulados. Alternativamente, esos líquidos y lodos se deben recoger, en cada uno de los pozos para evacuación de ellos, construidos al lado de los FAFAs. Esos lodos deberán ser recogidos con mangueras y bombas, en forma semejante a como se recogerán los lodos del tanque séptico.

Lavado de materia filtrante: Cuando se remueven los lodos también es posible practicar un retrolavado en procura de limpiar o descongestionar moderadamente el material filtrante. Esto se logra echando agua por la parte superior y permitiendo que esa agua por gravedad se mueva hacia abajo, dirigiéndose hacia el mismo punto inferior preparado para evacuar lodos. Esta agua al llegar al punto de evacuación, no se debe tirar, sino que podría ser bombeada hasta el tanque séptico, porque arrastrará "pelotas" de material bacteriano, desarrollado en el medio filtrante. Alternativamente esa agua también podrá llevarse al sitio definido para el tratamiento posterior o de maduración final que se debe llevar a cabo para los lodos previamente evacuados. El retrolavado debe ser moderado, porque no se quiere limpiar completamente al material filtrante.

- 3) Ante posibles fallas en los filtros o necesidades de mantenimiento total, una previsión a considerar es que la instalación de FAFAs esté provista de líneas alternas de evacuación directa, mismas que son conocidas como conductos "by-pass"; formados por válvulas y tubos adicionales.

#### 3.2.2.7 Sistemas de tratamiento "paquete"

Cuando estos sistemas son de lodos activados, necesitan vigilancia diaria bajo responsabilidad de personal calificado. Requiere en forma permanente de gastos en energía y de personal de mantenimiento tecnificado. Es preferible que el proveedor del paquete provea este servicio, o, como mínimo, un manual de operación y mantenimiento. Cuando el sistema que se tiene no es de lodos activados, lo correcto es conocer claramente las características y requerimientos particulares de ese sistema, refiérase entonces a la sección correspondiente.

#### 3.2.2.8 Sumidero o zanja de absorción para aguas grises

- 1) Cada 6 meses: revisar que el agua se esté filtrando en la tierra.
- 2) En caso de sumidero, si se está rebalsando, sellarlo y construir otro. En caso de zanja, destapar la zanja y remover las grasas u otros obstáculos que pueden tapar el flujo del agua.

#### 3.2.2.9 Humedales (biofiltros)

- 1) La unidad para el tratamiento preliminar donde se detienen las partículas gruesas y grasas, deben ser inspeccionadas frecuentemente. Esa frecuencia depende del tamaño del proyecto.
- 2) Las grasas y los materiales sedimentados se remueven y reciben tratamiento, previo a su vertido o utilización posterior.
- 3) Es fundamental que al humedal lleguen solo aguas con materia orgánica y nutrientes disueltos, no así material grueso. Es posible que llegue a taponarse dada la obstrucción que puedan provocar los materiales que está llevando el agua, como por la densidad de las mismas raíces. Por ello, es apropiado observar las líneas de flujo y detectar zonas del lecho que pudieran estar secando. De darse esta situación es necesario “quitar las plantas y sacar el material filtrante utilizado”, limpiarlo y colocarlo nuevamente. Los puntos de observación pueden ser tuberías perforadas colocadas en forma vertical, con tapas móviles de registro.

### **3.3 Sistemas de alcantarillado**

Cuando se ha determinado que la aplicación de sistemas individuales no son aptas para controlar la contaminación del ambiente y el peligro para la salud, se utilizan sistemas de alcantarillado. Unos de ellos son para conducir las aguas de lluvia hacia cuerpos de agua y otros son para transportar las aguas residuales de las viviendas, establecimientos comerciales e industrias, hacia plantas de tratamiento (en un mundo ideal) y después hacer la descarga de efluentes tratados en un cuerpo receptor o proceder a dar el re-uso adecuado del agua.

#### **3.3.1 Tipos de alcantarillado**

Varios tipos de alcantarillado se resumen en el cuadro 5.

##### 3.3.1.1 Alcantarillado pluvial

Los sistemas de alcantarillado pluvial sirven específicamente para transportar agua de lluvia, proveniente también del lavado de calles y otras aguas superficiales hasta los puntos de disposición. Para introducir el agua de lluvia al sistema de alcantarillado pluvial se utilizan los sistemas de tragantes (de rejilla en las calles o en las aceras).

**Cuadro 5: Comparación de varios tipos de alcantarillado**

<i>Tipo de alcantarillado</i>	<i>Tipo de agua que lleva</i>	<i>Diámetros de tubería</i>	<i>Tratamiento requerido</i>
Alcantarillado pluvial	Agua de lluvia, lavado de calles	12" - 72"	Para esta agua no se exige en Centroamérica, pero si fuese posible es apropiado retener esas aguas y filtrarlas por una capa de grava o grama.
Alcantarillado sanitario sin arrastre de sólidos (de flujo decantado o de pequeño diámetro)	Aguas efluentes de fosas sépticas, de origen doméstico, comercial e industrial.	2" - 10"	Tratamiento para reducir patógenos (microorganismos), sedimentos y material disuelto (los sólidos se remueven antes de la descarga en el alcantarillado).
Alcantarillado sanitario, simplificado (condominial)	Aguas residuales domésticas, comerciales e industriales, una porción de infiltración	4" - 10"	Tratamiento para remover sólidos, reducir patógenos, sedimentos y material disuelto.
Alcantarillado sanitario convencional	Aguas residuales domésticas, comerciales e industriales, una porción de infiltración	6" - 200"	Tratamiento para remover sólidos, reducir patógenos, sedimentos y material disuelto.
Alcantarillado combinado	Agua lluvia y aguas residuales	12" - 200"	Tratamiento para reducir patógenos, sedimentos y material disuelto. Se complica y encarece el tratamiento por el mayor volumen de caudal.

3.3.1.2 Alcantarillado sanitario sin arrastre de sólidos

El alcantarillado sin arrastre de sólidos (también conocido como alcantarillado de pequeño diámetro o alcantarillado de flujo decantado) puede considerarse una combinación de un sistema de eliminación individual y un sistema de alcantarillado tradicional para transportar el agua residual. Este sistema esta conformado por una tanque séptico en cada vivienda y luego un sistema de tubería que conduce las aguas pre-tratadas a un sistema para el tratamiento secundario de esos efluentes domiciliarios.

La principal ventaja de este sistema es que puede ahorrar costos significativos en el proceso de construcción del sistema de alcantarillado y del tratamiento de las aguas residuales. Particularmente, esto se logra en áreas planas y donde ya existen algunas fosas sépticas. Este alcantarillado requiere poca pendiente porque el agua viaja sin sólidos, así que las excavaciones requeridas son menos profundas que para el alcantarillado convencional y se reduce la necesidad de bombeo.

*El alcantarillado sin arrastre de sólidos y el alcantarillado simplificado, reducen los costos de construcción de los sistemas de evacuación.*

La principal desventaja de este tipo de sistemas es la clara dependencia de una operación eficiente de los tanques sépticos en cada casa y su control permanente. Los usuarios deben extraer los lodos en forma periódica y depositarlos en sitios adecuados para su tratamiento y disposición posterior.

La falta de mantenimiento en las fosas sépticas puede provocar problemas de obstrucción en las tuberías de este alcantarillado. Otro problema que se ha experimentado en la práctica, es por las conexiones ilegales y que no respetan los criterios básicos para este sistema; las plantas de tratamiento al final de este alcantarillado no están diseñadas para manejar aguas residuales con sólidos.

### 3.3.1.3 Alcantarillado simplificado (o condominial)

El alcantarillado simplificado, o condominial, utiliza tubería de pequeño diámetro, a gradientes bajos (alrededor del 0,5%), pero manejando aguas residuales municipales sin pre-tratamiento, normalmente en sitios de alta densidad poblacional. Utiliza cajas de revisión o registros simplificados. La tubería se instala bajo las veredas (aceras) en vez de la calle, para reducir costos.<sup>15</sup> Este tipo de alcantarillado ha sido muy utilizado en Brasil. *Precaución: estos sistemas deben ser diseñados por ingenieros, preferiblemente con experiencia en esta técnica, lo cual es escaso en Centroamérica.*

La principal ventaja de este tipo de sistema es que puede ahorrar de un 20% a un 60% los costos de construcción del sistema de alcantarillado<sup>16</sup>. Otra ventaja es que se tiende a cubrir un mayor porcentaje de la población, con la filosofía de dar cobertura al 100%, en comparación con el 20% de cobertura que solo dan algunos sistemas de alcantarillado convencional.

La principal desventaja de este tipo de sistemas es que demanda cuidado permanente de los usuarios y una atención respecto a operación y mantenimiento más fuerte que con el alcantarillado sanitario tradicional. En el concepto original de estos sistemas, los usuarios se encargaban de todas las acciones para la operación y el mantenimiento, pero la experiencia ha demostrado que al pagar a operadores particulares los resultados son más eficaces<sup>17</sup>.

### 3.3.1.4 Alcantarillado sanitario convencional

Las redes de alcantarillado sanitario conducen principalmente las aguas residuales domésticas. Pueden recibir algunos desechos industriales; pero no esta diseñada para transportar las aguas de lluvia. Dentro de un sistema de alcantarillado sanitario se debe tratar de unificar las descargas de las aguas residuales en el menor número posible de líneas, dirigiendo esos efluentes a su complemento final: el tratamiento o limpieza de las aguas residuales, con lo que se pretende proteger la salud y el ambiente.

---

<sup>15</sup> OPS Colombia <http://www.col.ops-oms.org/saludambiente/Acueductos/condo5condo.asp>

<sup>16</sup> Simplified Sewerage, School of Civil Engineering, University of Leeds, UK, January 2001; also "Case Study: The Construction of Low-Cost Sewerage Systems in Tegucigalpa, A Feasible Solution of the Urban Poor, June, 1998  
<http://www.efm.leeds.ac.uk/CIVE/Sewerage/articles/honduras.pdf>

<sup>17</sup> "Introduction to Low Cost Sanitation", Leeds University, <http://www.sanicon.net/titles>

### 3.3.1.5 Alcantarillado combinado

Los alcantarillados combinados conducen tanto las aguas residuales como el agua de lluvia. El costo de construir este tipo de sistemas es mucho menor que el de construir dos sistemas por separado. Su dificultad radica en lo complicado y costoso del sistema de tratamiento para todas esas aguas. Las sobrecargas para los sistemas de tratamiento en las épocas de lluvia, en nuestro medio Centroamericano, son a veces exageradas.

Es por esta razón que no se recomienda la construcción de un sistema de alcantarillado combinado. Este tipo de sistema ya no es utilizado para nuevos proyectos.

### **3.3.2 Bombeo**

En sistemas de alcantarillado sanitario, siempre es mejor evitar el bombeo. Por ello, se trabaja planificando la ubicación del tratamiento y su relación con las redes del sistema para aprovechar las pendientes naturales. Sin embargo, a veces es necesario una estación de bombeo para trasladar el agua residual de un punto bajo a otro más alto.

Aspectos importantes a tomar en cuenta con un sistema de bombeo para aguas residuales:

- El equipo de bombeo debe tener un recubrimiento especial para evitar la rápida corrosión de las piezas de metal.
- Necesidad de construir un tanque de almacenamiento (estación de bombeo); estos son necesarios para el funcionamiento eficiente de las bombas pero, debido al tiempo que pasa el agua estancada, se inicia el proceso de descomposición del agua, provocándose malos olores.
- Considerar el costo adicional por limpieza del tanque de almacenamiento debido al proceso de sedimentación que ahí por lo general se da.
- El costo de operación y mantenimiento del sistema es sumamente alto con relación a un sistema que funcione solo por gravedad.
- Contemplar dentro del proyecto equipo de bombeo adicional para emergencias, para el caso de que la bomba principal sufra algún daño. De igual forma, contemplar sistemas auxiliares de energía.

### **3.3.3 Operación y mantenimiento de redes**

Si no se da un mantenimiento adecuado a las redes de alcantarillado (sanitario y pluvial), pueden fallar y causar inundaciones. Cada proyecto de alcantarillado debe traer su propio manual de operación y mantenimiento, el cual debe de ser elaborado por un profesional experto en la materia (ingeniero sanitario o ingeniero civil con experiencia en proyectos de este tipo).

Para lograr que la actividad de operación y mantenimiento sea permanente, la municipalidad debe asignar fondos específicos para la realización de este

trabajo. Estos fondos deben contemplar, como mínimo, los siguientes renglones:

Pago y capacitación de personal operativo; como mínimo en una municipalidad de tamaño mediano, se requiere una cuadrilla de 4 peones, más el encargado.

- Pago de personal administrativo, de apoyo.
- Equipo de protección para el personal; como mínimo: casco protector, botas y guantes de hule, mascarillas protectoras.
- Materiales y herramientas necesarias.

El mantenimiento del sistema significa realizar todas aquellas actividades que permitan al sistema construido, funcionar en forma correcta. El mantenimiento lo podemos dividir en dos partes, detalladas en el Cuadro 6: mantenimiento preventivo (antes de que las fallas ocurran) y mantenimiento correctivo (reparación o cambio).

Para la cuadrilla de mantenimiento, es importante tener *mapas* (planos) actualizados del sistema para poder localizar los pozos de acceso, saber el tamaño y material de las tuberías, determinar la dirección del flujo, conocer la profundidad de los pozos de acceso y el fondo de las alcantarillas. Con ello se facilitan las reparaciones, se registra lo realizado y se planifican acciones correctivas para líneas que dan problemas con frecuencia.

Para el equipo de trabajo de los sistemas de alcantarillado, la seguridad es sumamente importante. Refiérase a la sección sobre seguridad, al final de este capítulo.

**Cuadro 6: Actividades de mantenimiento de alcantarillado sanitario**

<i>Problema</i>	<i>Acciones preventivas</i>	<i>Acciones correctivos</i>
Descarga excesiva de aguas de lluvia (ilícita o accidental)	Localizar y desconectar o requerir la desconexión de esas descargas de agua de lluvia al sistema de alcantarillado sanitario.	
Obstrucción de la línea con grasa	Instalar o requerir la instalación de trampas de grasa en establecimientos tales como restaurantes, lavanderías y garajes. Limpiar las trampas regularmente.	Limpiar registros y líneas mecánicamente (con sondas, aire a presión, etc.) o con químicos.
Obstrucción de la línea con arena	Instalar o requerir instalación de trampas de arena en establecimientos tales como gasolineras y lavadoras de carros. Limpiar las trampas regularmente.	Limpiar registros y líneas.
Falla en la línea	Buena vigilancia sobre nuevas instalaciones.	Reparar la falla
Obstrucción de la línea con hojas, ramas u otros objetos	Localizar y desconectar o requerir la desconexión de descargas de aguas lluvia al sistema de alcantarillado sanitario. Limpiar registros y líneas antes del inicio de la época lluviosa.	Limpiar registros y líneas.

### 3.4 Tratamiento de aguas residuales

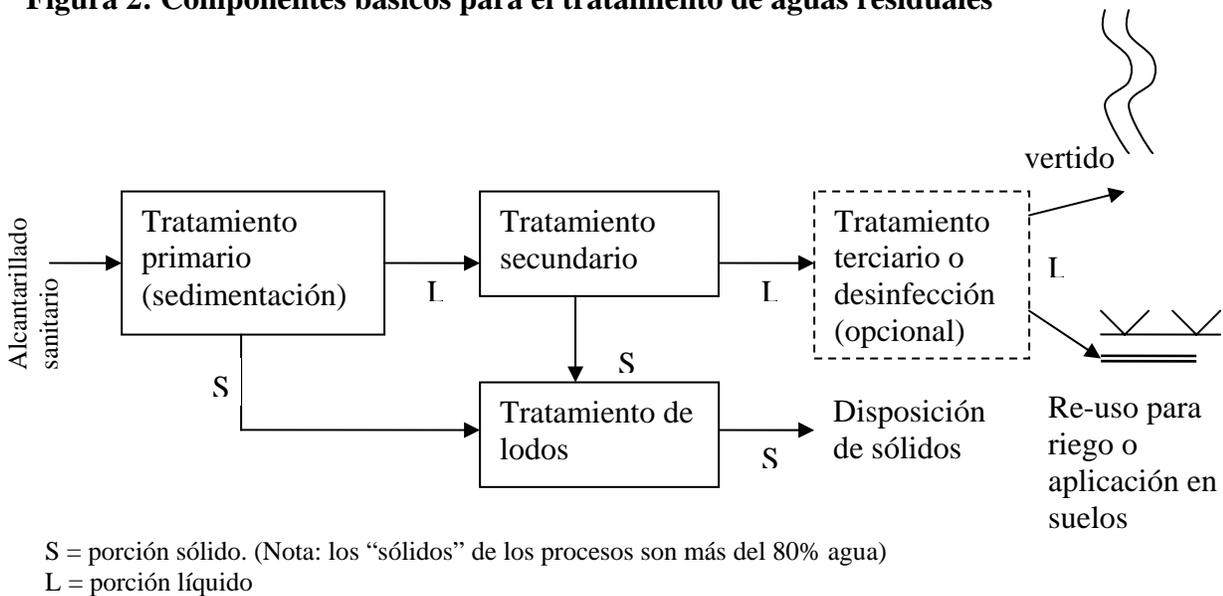
Al final del alcantarillado sanitario, es importante ubicar una planta de tratamiento. Para escoger el tipo de tratamiento, es importante considerar:

- Las leyes nacionales.
- Las metas establecidas para la protección de *la salud* y el ambiente (podrían ir más allá que la misma ley)
- Factores económicos; recuperación de los costos de construcción y de operación
- Terrenos disponibles / valor de los terrenos
- Capacidades para la operación y el mantenimiento

*En el Lago Izabal, Guatemala, la invasión de una planta acuática, la Hydrilla verticillata, se volvió amenaza pública a mediados de 2002. Esta planta es alimentada por nutrientes provenientes de residuos municipales y del sector productivo.*

Una clasificación para diferentes tipos de tratamiento se resume en el Cuadro 7. El nivel de tratamiento recomendable dependerá del uso final deseado de las aguas tratadas, de la calidad requerida al verter en cuerpos de agua y también se relacionará con la economía. Por ejemplo, si el agua tratada se utilizará para riego, los nutrientes (nitrógeno y fósforo) son un beneficio y es mejor no removerlos. Es recomendable considerar y planificar con el proceso del diseño incluir espacio físico suficiente como para ampliaciones de la planta de tratamiento y acomodar incrementos en el caudal o en el nivel de tratamiento a realizar en el futuro.

**Figura 2: Componentes básicos para el tratamiento de aguas residuales**



**Cuadro 7: Clasificación acostumbrada sobre el tratamiento de aguas residuales**

<i>Clasificación</i>	<i>Descripción</i>
Tratamiento preliminar o pre-tratamiento	Es el conjunto de unidades que tienen como finalidad eliminar materiales gruesos, que podrían perjudicar el sistema de conducción en la planta. Las principales unidades son las rejas y el desarenador.
Tratamiento primario	La finalidad de este es remover sólidos suspendidos por medio de sedimentación, filtración, flotación y precipitación.
Tratamiento secundario	La finalidad de este, es remover material orgánico en suspensión. Se utilizan procesos biológicos, aprovechando la acción de micro-organismos, que en su proceso de alimentación degradan la materia orgánica. La presencia o ausencia de oxígeno disuelto en el agua residual, define dos grandes grupos o procesos de actividad biológica, los aeróbicos (en presencia de oxígeno) y los anaeróbicos (en ausencia de oxígeno).
Tratamiento terciario	Es el grado de tratamiento necesario para alcanzar una calidad físico-química y biológica alta adecuada para cuerpos receptores sensitivos o para ciertos tipos de re-uso. Normalmente, se trata de remover nutrientes (nitrógeno y fósforo) del agua, porque estos estimulan el crecimiento desmedido de plantas acuáticas.
Desinfección	Es el tratamiento adicional para remover patógenos (microorganismos).
Tratamiento de lodos	Es el tratamiento de la porción “sólida” (más del 80% es agua) removida del agua contaminada. La finalidad del proceso es secar y tratar esa materia con una combinación de tiempo y temperatura para eliminar los patógenos.

**3.4.1 Pre-tratamiento**

**3.4.1.1 Canal de rejas (pre-tratamiento)**

Tiene como objetivo la remoción de los materiales gruesos, los cuales podrían perjudicar el flujo de líquidos en el sistema de conducción de la planta. Esta unidad está formada por barras metálicas separadas entre sí en claros libres de 1,0 a 5,0 centímetros (comúnmente 2,5 centímetros), colocadas en un ángulo de 30 a 60 grados respecto al plano horizontal. Los sólidos separados por este sistema se dispone de ellos enterrándolos o incinerándolos.

**3.4.1.2 Desarenador (pre-tratamiento)**

El sistema más utilizado para extraer la arena que va dentro de las aguas residuales es el desarenador rectangular de flujo horizontal. Los sólidos inorgánicos como arenas, cenizas y grava, a los que se les denomina como “arenas” varían en cantidad, dependiendo de factores como geología o si la red de alcantarillado es solo sanitaria o combinada (la combinada contiene más arena y grava). Las arenas pueden causar serias dificultades en el funcionamiento de los tanques de sedimentación y en la digestión de materia orgánica, al acumularse alrededor de las tuberías de entrada, causando obstrucciones.



*Pre-tratamiento (rejas y desarenador), Santa Ana del Norte, El Salvador; foto cortesía de Julián Monje.*

El desarenador está formado por una caja o canal, donde las partículas se separan del líquido por acción de la gravedad (caen por su peso). Normalmente se construyen dos canales en forma paralela, con la intención de dejar funcionando un canal mientras el otro se limpia.

### 3.4.1.3 Trampas de grasa (pre-tratamiento)

Acumulación de grasas puede causar problemas tanto en sistemas de alcantarillado como en unidades de tratamiento posteriores. Lo mejor es colocarlos a nivel individual para evitar problemas en el alcantarillado, pero también es recomendable construir una unidad para remover grasas a la entrada de la planta de tratamiento.

Las trampas de grasas individuales idealmente serán obligatorios para el acondicionamiento de las descargas de los lavanderías, lavaplatos u otros aparatos sanitarios instalados en restaurantes, cocinas de hoteles, hospitales y similares. Las trampas de grasas individuales deberán ubicarse próximas a los aparatos sanitarios que descarguen desechos grasosos, y por ningún motivo deberán ingresar aguas residuales provenientes de los servicios higiénicos.



*Desarenador y trampa de grasas a la entrada del Biofiltro en Masaya, Nicaragua. Fotografía tomada por unidad Aguas residuales del AyA, Costa Rica*

### 3.4.1.4 Medición de caudal (pre-tratamiento)

Para un adecuado control de un sistema de tratamiento, es necesario conocer el caudal (cantidad de agua por día) que ingresa a la planta. Existen varias opciones para la medición de los caudales, incluyendo:

- 1) equipo eléctrico que trabaja por medio de sensores: puede registrar automáticamente y en forma constante las variaciones de caudal.
- 2) vertederos en canales; como el vertedero Sutro, el canal Palmer Bowlus o el Parshall. La ventaja de este tipo de sistemas es que no utilizan energía para su funcionamiento y solamente dependen de la lectura periódica que haga el operador del sistema. En el caso de canal Parshall, es importante supervisar su instalación, pues estudios han encontrado un buen número de estos mal instalados en Honduras, y por ende, inútiles.

### 3.4.1.5 Bombeo

Igual que para los sistemas de alcantarillado sanitario, siempre es mejor evitar el bombeo dentro de una planta de tratamiento, aprovechando por ello las pendientes naturales que puedan existir. Sin embargo, a veces es necesaria una estación de bombeo; lo más común es la necesidad de elevar el agua a la entrada de la planta (idealmente después de las rejillas y el desarenador para proteger las bombas) o a la salida de la planta al realizar la descarga final.



*Medición de caudal con vertedero de pared delgada. Suchitoto, El Salvador  
Foto cortesía de Doreen Salazar*

### 3.4.2 Tratamiento Primario

#### 3.4.2.1 Tanque séptico (tratamiento primario)

Estos dispositivos combinan los procesos de sedimentación y de digestión anaerobia de la materia orgánica; en ocasiones los tanques se diseñan con dos o más cámaras que operan en serie. En el primer compartimiento se efectúa la sedimentación, biodigestión y el almacenamiento de los lodos. Debido a que con la descomposición anaerobia se producen gases, mismos que suspenden sólidos sedimentados en la primera cámara, se requiere de una segunda cámara para mejorar el proceso de remoción, evitando que los sólidos sean arrastrados con el efluente, fuera del tanque. Dicho efluente se encuentra en condiciones sépticas (anaerobias, sin oxígeno) y aún lleva consigo un importante contenido de materia orgánica disuelta y suspendida, por lo que se requiere siempre de un tratamiento posterior.

#### 3.4.2.2 Tanques Imhoff (tratamiento primario)

Es una unidad de confinamiento donde la sedimentación se da en dos niveles. Se le utiliza como estanque de sedimentación y cámara de digestión. El Tanque Imhoff es una unidad compacta, cuyo estanque de sedimentación está ubicado sobre una cámara de digestión. El material que se sedimenta se desvía por paredes internas inclinadas para que pueda deslizarse directamente hacia la región de digestión. El dispositivo de retención, en la superficie de deslizamiento, impide que el gas ascienda y altere el proceso de sedimentación. Los Tanques Imhoff se construyen en secciones transversales circulares o cuadradas.

Para comunidades de 5000 habitantes o menos, los Tanques Imhoff ofrecen ventajas para el tratamiento de las aguas residuales domésticas; tienen una operación muy simple y no requieren de partes mecánicas; sin embargo, para su uso correcto se requiere que las aguas residuales pasen por el proceso de cribado y remoción de arena. Funcionan muy bien en climas calurosos, pues esto facilita la digestión de la materia orgánica. En la selección de esta unidad de tratamiento se debe considerar que los Tanques Imhoff también pueden producir olores desagradables.

#### 3.4.2.3 Sedimentadores primarios (primario o primario avanzado)

A diferencia de la tanque séptico y los Tanques Imhoff, en estas unidades no se almacenan los lodos, por lo que éstos se extraen continuamente y necesitan de tratamiento adicional. Estas unidades pueden ser circulares o rectangulares y tienen como función la reducción de los sólidos suspendidos, grasas y aceites en las aguas residuales. Las eficiencias esperadas son del 55% en la remoción de los sólidos.

Cuando se utilizan coagulantes (químicos que agrupan por atracción a las partículas finas para hacerlas más pesadas), por ejemplo sulfato de aluminio,

cloruro férrico o sulfato férrico, para aumentar la eficiencia del sistema, es lo que se considera tratamiento primario avanzado.

#### 3.4.2.4 Reactor anaerobio de flujo ascendente o RAFA (primario avanzado)

Este reactor es de flujo ascendente y en la parte superior cuenta con un sistema de separación gas-líquido-sólido, el cual evita la salida de los sólidos suspendidos en el efluente y favorece la evacuación del gas. Estas unidades son cerradas para facilitar la recolección del gas que se genera con este proceso anaerobio. Los puntos débiles son: lentitud del proceso de arranque del reactor, necesidad de uniformar el caudal, necesidad continua de corregir el pH y que necesita más cuidado para su buena operación que algunas otras posibilidades.

### **3.4.3 Tratamiento secundario**

#### 3.4.3.1 Filtro anaerobio de flujo ascendente, o FAFA (secundario)

Consiste en un reactor de flujo ascendente donde el material filtrante lo forman soportes plásticos o piedras de 3 a 5 centímetros de diámetro promedio. El agua pre-tratada ingresa por la parte inferior (por abajo) de la unidad y sube a través del material filtrante. En el medio filtrante se acumulan bacterias que al paso del agua, van removiendo materia orgánica disuelta. En ese proceso, también se producen gases.

Desafortunadamente, los modelos que se han utilizado con frecuencia en Centroamérica tienden a resultar en una distribución desordenada del material filtrante o de soporte, por lo que las purgas (o limpiezas por retrolavado del filtro) no son efectivas. Las limpiezas se deben realizar porque se ha provocado una acumulación lenta, pero constante de biomasa, que con el tiempo va creando problemas de taponamiento. En cambio en Brasil estos filtros han funcionado muy bien y el Instituto Tecnológico de Costa Rica ha comprobado que filtros de este tipo, prefabricados, son muy apropiados para complementar soluciones sanitarias en casas individuales (incluido en sección sobre soluciones individuales).

#### 3.4.3.2 Filtros percoladores (primario avanzado o secundario)

Consiste de un tanque rectangular o “redondo”, lleno con un medio filtrante (piedras u otro material); el agua es distribuida sobre el medio y baja por gravedad a través de él. Una sustancia viscosa y gelatinosa, conteniendo bacterias y otro tipo de microorganismos se forma en la superficie del medio, una vez que el filtro se encuentra operando; esta capa de microorganismos es



*Reactor anaerobio de flujo ascendente. Urbanización Bosques de Santa Ana, San José, Costa Rica. Fotografía tomada por unidad Aguas residuales del AyA, Costa Rica*

la que actúa para remover sustancias orgánicas del agua. Este es un sistema aerobio por lo que se induce la entrada de aire por aberturas ubicadas en la parte inferior de la estructura, para que el aire suba y también pase a través de todo el medio filtrante.

El efluente del filtro deberá pasar a través de un clarificador secundario para colectar la biomasa desprendida. La sedimentación primaria es necesaria, antes de los filtros, para minimizar los problemas de obstrucción. Los filtros usados en Centroamérica se pueden dividir en dos categorías:

- *Bajo volumen, de piedra; estos son los filtros más comunes en Centroamérica. No hay recirculación del agua y si está ubicado en un terreno con pendiente, las plantas que se construyen operan por gravedad.*
- *Alto volumen, de grava o plástico; Estos, normalmente incluyen recirculación (de una a cuatro veces el caudal de entrada). Las ventajas de estos sobre los de bajo volumen son que ocupan menos espacio físico, tienen un nivel de tratamiento del agua más alto, tienen más flexibilidad de operación, y tienen menos tendencia a invasión de moscas que los de piedra. La desventaja es que requieren electricidad y bombeo.*

*Buenos ejemplos de filtros de piedra están en Suchitoto y San Juan Talpa, en El Salvador. Buenos ejemplos de filtros de alto volumen están en Puerto Barrios, Guatemala y en La Unión, El Salvador.*



*Diagrama de filtro de Arena de alto volumen utilizado en Puerto Barrios, Guatemala, Cortesía de Orenco Systems, Oregon, EEUU*

### 3.4.3.3 Lagunas de estabilización (primario, secundario, y terciario)

Se conoce con este término cualquier laguna o estanque o grupo de ellos, proyectado para llevar a cabo un tratamiento primario, secundario, remoción de patógenos, y a veces nutrientes (tratamiento terciario). Existen diversos tipos de lagunas, dependiendo de sus características pueden ser:

- *Lagunas anaerobias; generalmente se usan como una primera depuración o pre-tratamiento. Se pueden considerar como un digestor, ya que se le aplican cantidades de materia orgánica o carga orgánica por unidad de volumen de manera tal que prevalezcan las condiciones anaerobias, es decir la ausencia de oxígeno. Una desventaja de este tipo de lagunas es que pueden producir*



*Laguna anaerobia utilizada en granja porcina, Jiménez de Guápiles, Costa Rica. Fotografía tomada por Ing. Elías Rosales*

malos olores esporádicamente, principalmente debido a variaciones bruscas de temperatura, lo cual impide su ubicación en lugares cercanos (500 m) de zonas habitadas. Generalmente son estanques profundos de 3 a 5 metros de profundidad. Si el afluente tiene alto contenido de sulfatos, los olores pueden ser fuertes y se recomienda evitar el uso de lagunas anaerobias para el tratamiento de aguas residuales domésticas.

- **Lagunas facultativas;** es una combinación de áreas en el mismo estanque con y sin oxígeno. Se diseñan con una profundidad variando normalmente entre 1,5 a 2,0 metros y una cantidad de materia orgánica o carga orgánica por unidad de volumen que permita el crecimiento de organismos aeróbicos y facultativos (estos últimos pueden reproducirse tanto en presencia, como en ausencia de oxígeno). Es el tipo de lagunas más usado por su flexibilidad; requieren menos terreno que las aerobias y no producen los olores de las anaerobias. Como en todos los procesos biológicos, un factor que afecta su eficiencia es la temperatura.
- **Lagunas aerobias;** como su nombre lo indica, son lagunas que operan en presencia de aire. Son de poca profundidad, no más de 80 cm., lo que propicia la proliferación de algas, que suministran una buena parte del oxígeno necesario. No pueden ser utilizadas para aguas residuales crudas porque estas tienen un  $DBO_5$  demasiado alto; requieren un pretratamiento primario. Se logran eficiencias de remoción del  $DBO_5$  del 65% al 75%. Su desventaja principal es la cantidad de terreno que requieren. Se pueden cubrir estas lagunas con plantas acuáticas, las cuales sustituyen las algas en proveer oxígeno al ambiente, pero es necesario entonces tener un programa de cosecha (recolección, tratamiento y disposición) de las plantas o las mismas pueden crear un problema por sobrepoblación.
- **Lagunas de maduración;** estas lagunas son usadas para efluentes de lagunas facultativas o aerobias con la principal finalidad de reducir coliformes fecales, huevos de helmintos y quistes de protozoarios. En ellas, la acción del sol y sus rayos ultravioleta es fundamental.



**Laguna de maduración en granja porcina. Jiménez de Guápiles, Costa Rica. Fotografía tomada por Ing. Elías Rosales**

**La eficiencia de las lagunas en eliminar patógenos y nutrientes, a bajo costo, es una importantísima razón para escoger lagunas como las aplicaciones para el tratamiento de aguas residuales en Centroamérica, cuando las condiciones lo permitan.**

#### 3.4.3.4 Humedales o “biofiltros” (secundario y terciario)

Estos son una adaptación de los principios de las lagunas, usando plantas acuáticas en vez de algas para proveer oxígeno a las bacterias. Para evitar el problema potencial de que al colocarse las plantas y formar los humedales éstas puedan servir como eje indeseable donde los mosquitos se reproduzcan, es posible lograrlo al colocar piedras dentro del tanque y manteniendo el nivel del agua 10 centímetros bajo la superficie de estas piedras. Hay que tomar en cuenta que es necesario cosechar las plantas periódicamente, así este sistema requiere más atención que las lagunas. Es mejor si se encuentra un uso comercial para las plantas “sembradas” en estos humedales (por ejemplo, como alimento para animales).

Ventajas de este sistema en comparación con las lagunas:

- Menos olores (se puede reducir la distancia a la población).
- Menos área requerida (costos asociados a la adquisición de terreno y a la excavación necesaria).
- No algas en el efluente y muy buenas posibilidades para la remoción de nutrientes.



*Biofiltro o humedal en Masaya, Nicaragua. Fotografía tomada por unidad Aguas residuales del AyA, Costa Rica*

#### 3.4.3.5 Lodos activados (secundario)

Este proceso es el más utilizado en plantas de tratamiento grandes, en países económicamente avanzados. Es un proceso que requiere grandes cantidades de energía y un alto nivel de control, para su buena operación. El nombre de este proceso proviene de la producción de una masa “activada” (viva), formada por microorganismos, capaz de estabilizar materia orgánica vía procesos aerobios. El proceso consiste en introducir el residuo orgánico en un reactor, donde se mantiene un cultivo bacteriano aerobio, en suspensión (mezcla líquida). El ambiente aerobio en el reactor se consigue mediante la inyección de aire por medio del uso de difusores o de aireadores mecánicos que también sirven para mantener la mezcla líquida en estado homogéneo, en todo el tanque.

Después del reactor aerobio sigue un sedimentador secundario, el cual remueve sólidos y bacterias. Una parte de las células sedimentadas se recirculan para mantener en el



*Unidades de lodos activados. Urbanización Lagos de Lindora, San José, Costa Rica. Fotografía tomada por unidad Aguas residuales del AyA, Costa Rica*

reactor la concentración de células deseadas, mientras que la otra parte se purga del sistema llevándola hasta el proceso para el tratamiento de lodos, de la misma planta.

### 3.4.4 Tratamiento terciario

Es el grado de tratamiento necesario para alcanzar una alta calidad físico-química y biológica. Son procesos por los cuales se le da un pulimento alto al agua. Las metas de tratamiento varían de acuerdo al reuso que se le pretenda dar a las aguas. Normalmente el tratamiento terciario es para remover nutrientes (N, P) del agua. Se pueden usar lagunas con plantas acuáticas para esta función (ref. sección 3.4.3.4.).

Generalmente no se utiliza el tratamiento terciario para aguas residuales municipales, a menos que el reuso de las aguas tenga alguna aplicación en la industria y en algunos casos, porque interesa la protección de un área ecológicamente sensitiva.

### 3.4.5 Desinfección

Cuando se descargan aguas residuales crudas o tratadas en cuerpos que van a utilizarse como fuentes de abastecimiento público o para propósitos recreativos, se requiere de un tratamiento adicional para destruir los elementos patógenos que en ellas de seguro aún quedan. Esto se realiza con el propósito de que sean mínimos los riesgos para la salud debido a la contaminación de dichas aguas. Este paso de tratamiento se conoce como desinfección.

Existen varios métodos de desinfección:

- Físicos: filtración, ebullición, rayos ultravioleta.
- Químicos: por la aplicación de cloro, bromo, ozono, etc.

Las formas de desinfección en aguas residuales más aplicadas en Centroamérica ha sido por medio de lagunas de maduración (tiempo, más rayos ultravioleta del sol) y por la aplicación directa de cloro.



*Cámara de contacto y desinfección por cloro. Urbanización Bosques de Santa Ana, San José, Costa Rica. Fotografía tomada por unidad Aguas residuales del AyA, Costa Rica*

### 3.4.6 Tratamiento y secado de lodos

Los lodos que se extraen de los procesos de pre-tratamiento, tratamiento primario y secundario, son constituidos del 80 al 99% de agua, por peso. Los lodos son una masa acuosa, con materia que aún es posible seguir descomponiendo, donde se concentran los patógenos (microorganismos), por lo que se necesita tratamiento adicional para lograr su “estabilización”.

Se pretende entonces:

- reducir patógenos
- eliminar la posibilidad de olores ofensivos
- remover agua del material

El tratamiento para lodos consiste en aplicar químicos o una combinación de tiempo/temperatura que asegure la remoción de los patógenos y la transformación de los componentes orgánicos aún presentes que pudieran causar malos olores. Los Tanques Imhoff y los RAFA incluyen en su diseño el tratamiento anaerobio de los lodos, los cuales salen ya “estabilizados”. Una vez tratados (estabilizados), normalmente se utiliza un proceso adicional para eliminar el agua excesiva que contienen los lodos. Esto se hace para facilitar el re-uso o disposición final.

Esta sección incluye cuatro opciones para tratamiento de lodos:

#### 3.4.6.1 Digestión anaerobia

La digestión anaerobia es un proceso de descomposición de la materia en ausencia de oxígeno molecular. Para el caso de los lodos, éstos se introducen en un tanque cerrado para llevar a cabo esa descomposición y en la que se libera gas (primariamente metano). En algunos casos, el lodo se calienta por medio de un intercambiador de calor externo, normalmente utilizando como combustible el metano producido por el mismo proceso.



***Biodigestor para lodos en planta para el tratamiento de aguas residuales en Urb. Bosques de Santa Ana, San José, Costa Rica. Fotografía tomada por unidad Aguas residuales del AyA, Costa Rica***

#### 3.4.6.2 Tratamiento con cal

Si el volumen de los lodos es poco y no se cuenta con espacio para colocar lechos de secado o el sitio de trabajo está muy cerca de una zona urbana, se puede optar por la técnica de esterilización con alteración del pH, aplicando cal. Se trata de elevar el pH de los lodos a 12, por 30 minutos.<sup>18</sup>

#### 3.4.6.3 Compostaje, particularmente co-compostaje con residuos orgánicos

Si se mezclan los lodos con basuras orgánicas en proceso de compostaje, la acción exotérmica (70°C) de las bacterias “pasteuriza” los lodos, liberándolos de los agentes patógenos.

#### 3.4.6.4 Patio de secar (lechos de secado)

Esta es la forma más sencilla para el tratamiento de lodos. El lodo tiene bastante contenido líquido. Se coloca el lodo en una plataforma de ladrillo. La base de esta plataforma de ladrillo es conformada por diferentes tipos de materiales cuya función es filtrar el residuo líquido de los lodos. Al fondo de estos materiales se coloca un sistema de drenaje que recolecta los fluidos y los conduce hacia un punto de descarga o de infiltración. Después, por medio



***Lechos para el secado de lodos en planta para el tratamiento de aguas residuales en Urb. Bosques de Santa Ana, San José, Costa Rica. Fotografía tomada por unidad Aguas residuales del AyA, Costa Rica***

<sup>18</sup> Tchobanoglous, George y Burton, Franklin, Wastewater Engineering, Metcalf & Eddy, Third Edition, McGraw Hill Inc., 1991

de radiación solar, se deshidratan los lodos hasta dejarlos en forma sólida. Dependiendo del clima (temperatura solar, razón de evaporación, intensidad de lluvia, humedad de los suelos, etc.) donde esté ubicado el sistema de tratamiento, el período de secado en un patio de lodos varía de 1 a 6 meses.

### 3.4.7 Alternativas de solución

La preocupación por el deterioro de los recursos hídricos y el tratamiento de las aguas residuales no es nueva en Latinoamérica. Durante la primera mitad del siglo veinte se trató de emular la tecnología sanitaria de los países desarrollados, con plantas especializadas realizando tratamiento primario, tratamiento secundario, utilizando técnicas con filtros, lodos activados y desinfección con cloro.

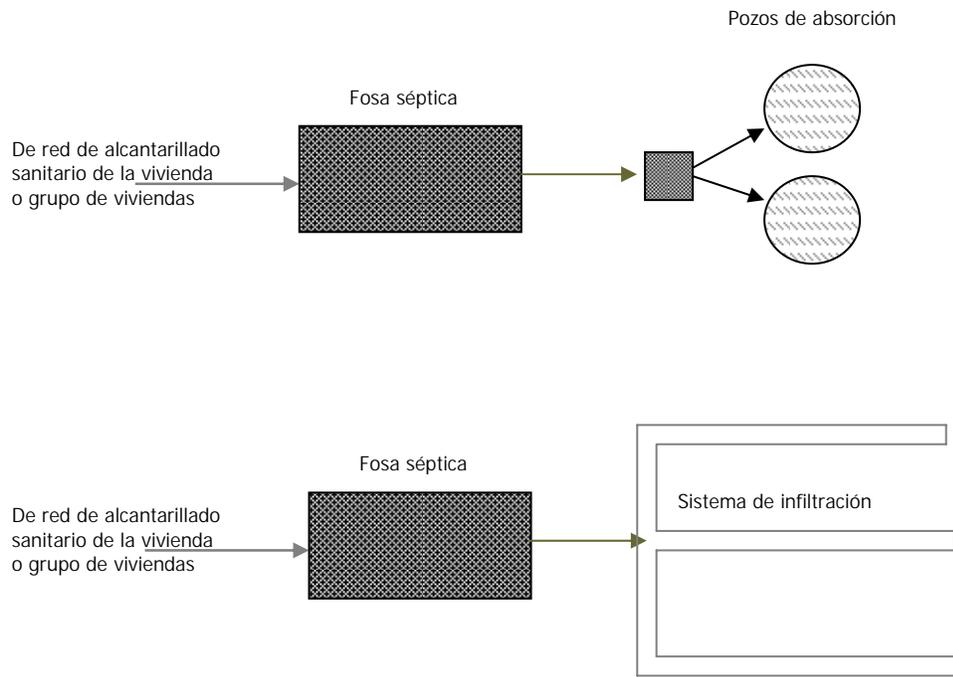
Esas emulaciones sobre tecnologías de países desarrollados, particularmente procesos de lodos activados y cloración, no han funcionado bien para los municipios de Centroamérica. La mayoría de plantas con estas tecnologías operaron sólo por períodos limitados y casi nunca se realizó correctamente la cloración de los efluentes. El manejo de los lodos se hizo mal y con mucha frecuencia esos lodos sin tratar fueron descargados en los cuerpos de agua que se quería proteger. Muchas plantas de tratamiento terminaron por abandonarse.

El fracaso, en el medio Centroamericano, de las tecnologías utilizadas por los países desarrollados se debe básicamente a razones sociales y económicas. Por esto, ahora los expertos de la región recomiendan el uso de tecnologías alternativas y apropiadas a las condiciones prevalecientes. Es necesario cambiar nuestra visión sobre las soluciones al problema: *lo primero en resolverse son los problemas de patógenos* (es decir el problema que afecta directamente la salud), lo cual no se logra solo por medio de cloración, si no que también por medio de la retención de las aguas en lagunas (forma de tratamiento, muy apropiada cuando hay terreno disponible). Como las lagunas de estabilización demandan extensiones muy grandes, no siempre se dispone del terreno necesario. Por ello, otra posibilidad que también se tiene para atacar el problema es el combinar tecnologías como el uso de lagunas facultativas con lagunas anaerobias o con reactores anaeróbicos de flujo ascendente (RAFA), reduciéndose el requerimiento de terrenos extensos.

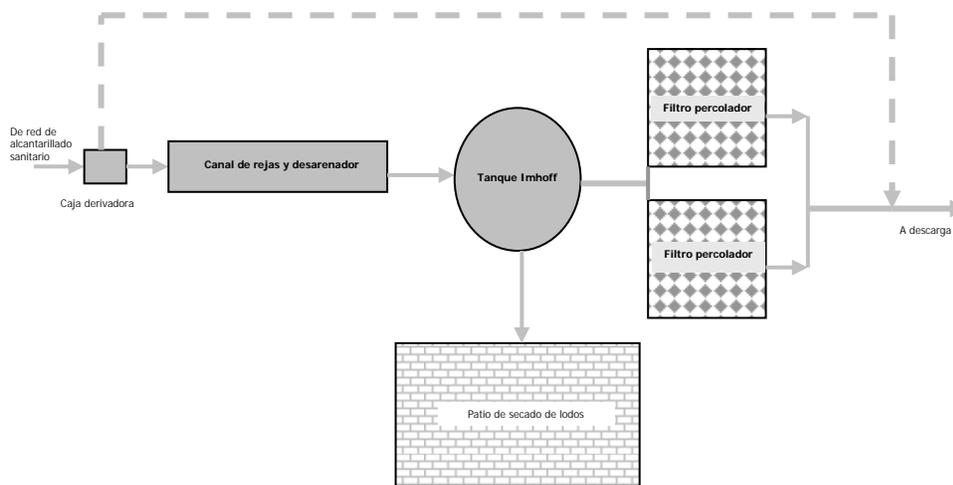
Una planta de tratamiento de aguas residuales normalmente consiste de varias unidades en conjunto. El cuadro 8 resume las consideraciones de las unidades de tratamiento más apropiadas para incluir en plantas para el tratamiento de aguas residuales en la región. Las figuras siguientes representan esquemáticamente la combinación de unidades de tratamiento que han sido más aplicadas con éxito en Centroamérica. Los cuadros 9 y 10 resumen las ventajas y desventajas de estas combinaciones.

**Cuadro 8: Unidades para el tratamiento de aguas residuales**

<i>Unidad de tratamiento</i>	<i>Tipo</i>	<i>Descripción</i>	<i>Consideraciones</i>
Fosas sépticas	Primario avanzado	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Proceso de sedimentación y descomposición anaerobia. Los lodos se remueven parcialmente estabilizados y digeridos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Debe de ir seguido por un tratamiento secundario o infiltración del efluente.</li> </ul>
Tanque Imhoff	Primario avanzado	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Proceso de sedimentación y descomposición anaerobia.</li> <li>▪ Los lodos salen estabilizados y digeridos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Debe de ir seguido por un tratamiento secundario.</li> </ul>
Sedimentador primario	Primario	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Lodos no salen estabilizados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Debe de ser antecedido de una unidad desarenadota.</li> </ul>
Reactor anaerobio de flujo ascendente (RAFA)	Primario avanzado	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Proceso de sedimentación y descomposición anaerobia.</li> <li>▪ Produce lodos estabilizados y digeridos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Debe de ir seguido por un tratamiento secundario por ejemplo, lagunas, filtros percoladores (lo que ha sido más aplicado en Centroamérica) o filtros anaerobios de flujo ascendente.</li> </ul>
Filtros percoladores	Secundario	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Funcionamiento por gravedad.</li> <li>▪ Proceso aerobio generando un comensalismo bacteriano.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Va antecedido por sistema de sedimentación.</li> <li>▪ Si no existe un sitio con suficiente pendiente, el bombeo es necesario</li> </ul>
Lagunas de estabilización	Primario, secundario y terciario	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Trabajan de forma anaerobia o facultativa, de acuerdo a sus dimensiones.</li> <li>▪ Producen lodo estabilizado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Pueden ser utilizadas como unidades individuales de tratamiento o como un solo sistema.</li> </ul>



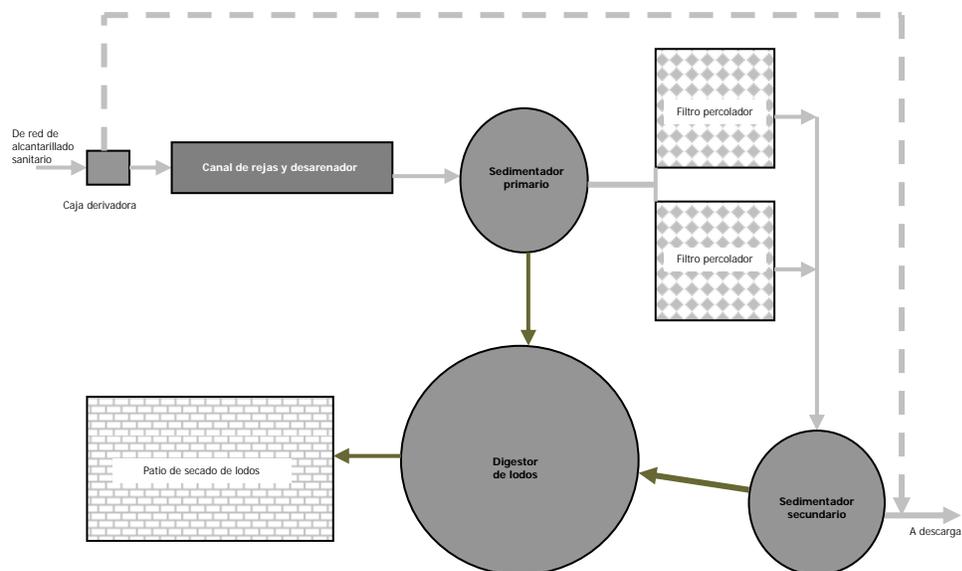
**Figura 3 - Tanques séptico.** Sistema de absorción e infiltración



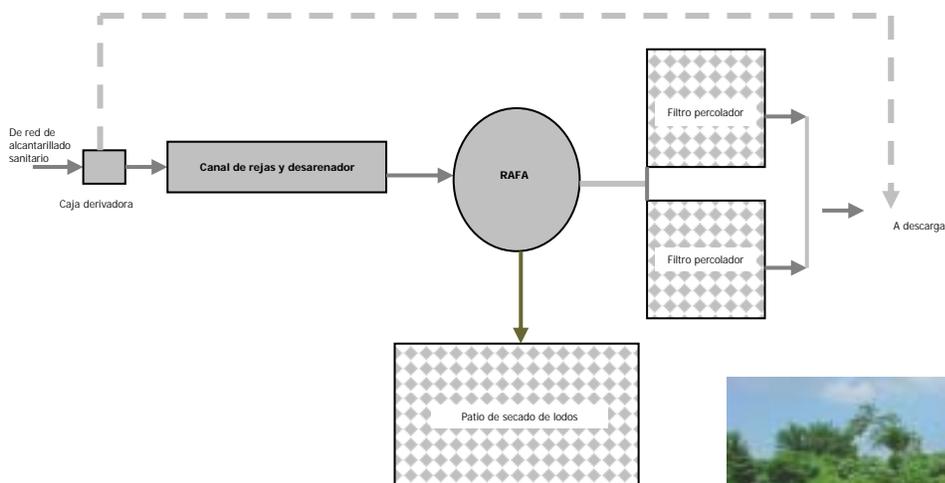
**Figura 4 -** Caja derivadora -  
Canal de rejillas - Canal desarenador -  
**Tanque Imhoff - Filtros percoladores -**  
Sedimentador secundario - Patio de secado de lodos



*San Juan Talpa, El Salvador  
Foto cortesía de Julián Monje*



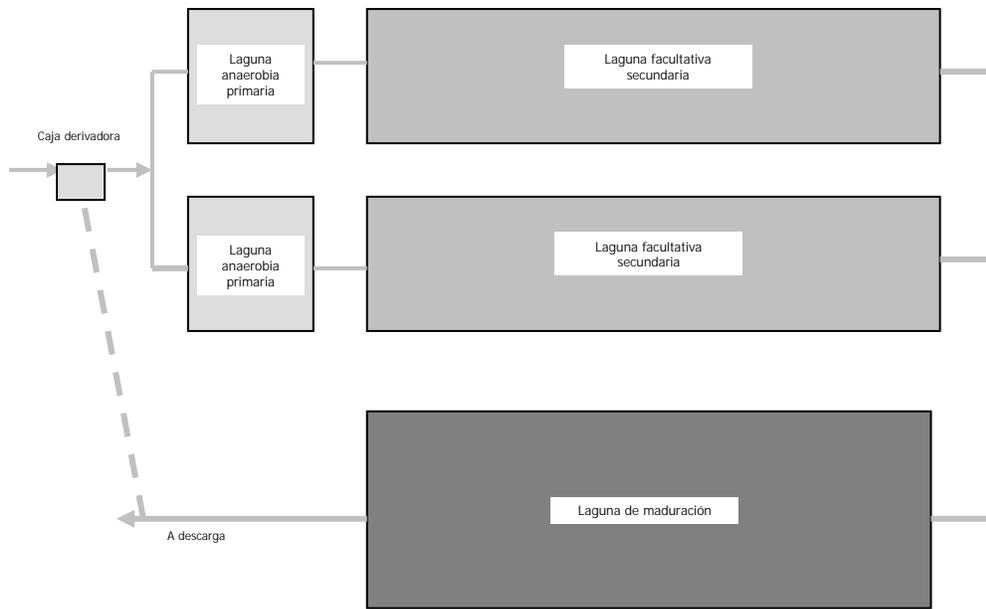
**Figura 5** - Caja derivadora  
 Canal de rejillas. Canal desarenador  
 Sedimentador primario. **Filtros percoladores.** Sedimentador secundario  
**Digestor de lodos.** Patio de secado de lodos



**Figura 6** - Caja derivadora  
 Canal de rejillas. Canal desarenador  
**RAFA.** **Filtros percoladores**  
 Patio de secado de lodos

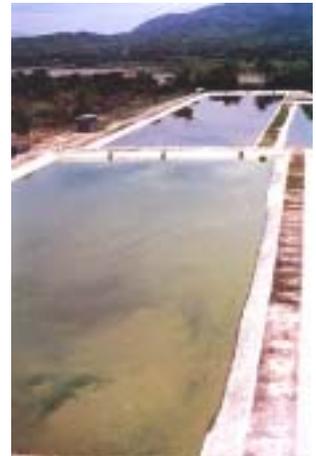


*Campos Verdes, El Salvador  
 Foto cortesía de Julián Monie*



**Figura 7 - Lagunas anaerobias primarias**

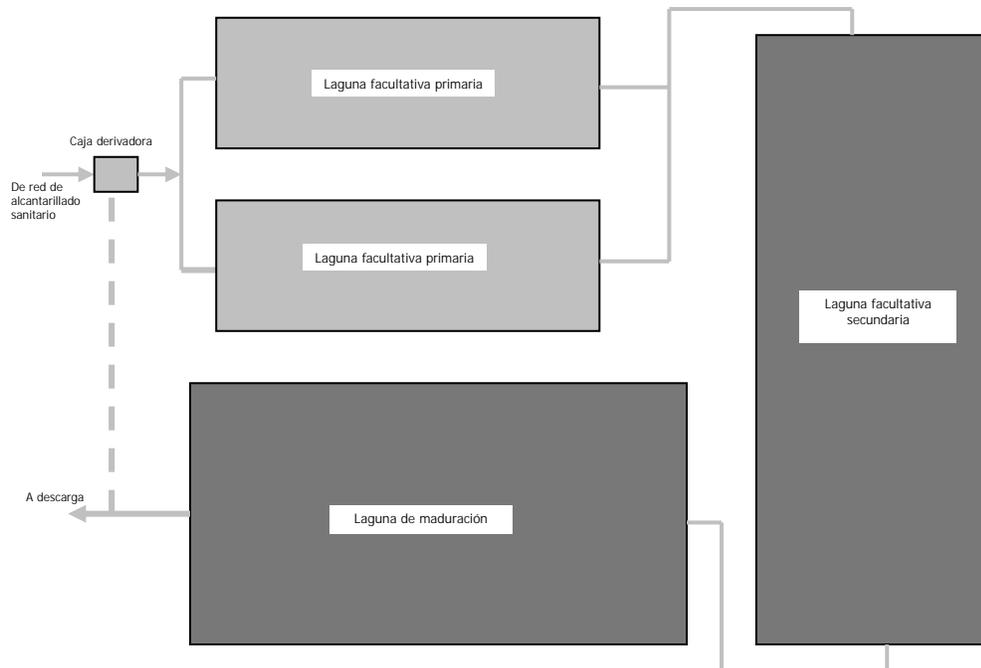
Laguna facultativa secundaria  
Laguna de maduración



**Figura 8 - Laguna facultativa primaria**

Laguna facultativa secundaria  
Laguna de maduración

*Estanzuela, Guatemala,  
Lagunas facultativas  
Foto cortesía de Víctor Arriaza*



**Cuadro 9: Consideraciones de sistemas de tratamiento de aguas residuales más utilizados en Centroamérica<sup>19</sup>**

<i>Sistema de tratamiento</i>	<i>Ventajas</i>	<i>Desventajas o consideraciones</i>	<i>Población</i>	<i>Eficiencia</i>
<b>Fosa séptica</b> Sistema de absorción	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ No contamina cuerpo de agua debido a que se infiltra el efluente.</li> <li>▪ Requiere muy poca área para su construcción.</li> <li>▪ Por estar enterrada, se puede colocar en área verde.</li> <li>▪ No requiere energía para su funcionamiento.</li> <li>▪ Su construcción se puede realizar en terrenos planos o quebrados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Limpieza de la fosa muy costosa</li> <li>▪ Produce malos olores</li> <li>▪ Lodos no estabilizados</li> <li>▪ Saturación del área de absorción por falta de mantenimiento.</li> <li>▪ Depende de la calidad del suelo, el área requerida para infiltración.</li> <li>▪ Requiere equipo especial para su limpieza.</li> <li>▪ El efluente de la tanque séptico lleva un alto nivel de contaminación.</li> </ul>	5 a 300 hab/máx.  Área requerida aprox. 0,10-0,25m <sup>2</sup> / hab	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ S.S.: 95 - 100%</li> <li>▪ DBO: 95%</li> <li>▪ Patógenos: 50–99%</li> </ul>
Caja derivadora Canal de rejas Canal desarenador <b>Tanque Imhoff</b> <b>Filtros percoladores</b> Sedimentador secundario Patio de secado de lodos	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ El proceso de sedimentación y digestión se realiza en la misma unidad.</li> <li>▪ Se debe de construir en terreno quebrado.</li> <li>▪ Produce un efluente clarificado</li> <li>▪ Bajo costo de operación y mantenimiento.</li> <li>▪ Producto final inodoro.</li> <li>▪ se puede realizar la recolección de gas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Costo de construcción elevado</li> <li>▪ Su construcción se debe de realizar en terrenos quebrados para evitar el uso de energía.</li> <li>▪ Producción de vectores (mosquitos) en el área de filtros.</li> <li>▪ Problemas de infestaciones de moscas es común y afecta eficiencia del tratamiento.</li> </ul>	300 – 5 000 hab/máx.  Área requerida Aprox. 0.25-0.75m <sup>2</sup> / hab	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ S.S.: 95 - 100%</li> <li>▪ DBO: 95%</li> <li>▪ Patógenos: 30–4 %</li> </ul>
Caja derivadora Canal de rejas Canal desarenador Sedimentador primario <b>Filtros percoladores</b> Sedimentador secundario <b>Digestor de lodos</b> Patio de secado de lodos	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Produce un efluente clarificado</li> <li>▪ Bajo costo de operación y mantenimiento.</li> <li>▪ Producto final inodoro.</li> <li>▪ Su construcción se debe de realizar en terrenos quebrados para evitar el uso de energía.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Costo de construcción elevado</li> <li>▪ Producción de vectores (mosquitos) en el área de filtros.</li> <li>▪ El proceso de sedimentación se realiza en diferentes unidades por lo que requiere mayor área</li> <li>▪ Su construcción se debe de realizar en terrenos quebrados para evitar el uso de energía.</li> </ul>	300 hab. en adelante  Área requerida Aprox. 0.35-0.75m <sup>2</sup> /hab	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ S.S.: 95 - 100%</li> <li>▪ DBO: 95%</li> <li>▪ Patógenos: 30– 40%</li> </ul>
Caja derivadora Canal de rejas Canal desarenador <b>RAFA</b> <b>Filtros percoladores</b> Patio de secado de lodos	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ El proceso de sedimentación y digestión se realiza en la misma unidad.</li> <li>▪ Se debe de construir en terreno quebrado.</li> <li>▪ Produce un efluente clarificado</li> <li>▪ Producto final inodoro.</li> <li>▪ Se puede realizar la recolección de gas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Costo de construcción elevado</li> <li>▪ Producción de vectores (mosquitos) en el área de filtros.</li> <li>▪ Altos costos de operación y mantenimiento.</li> <li>▪ Sensible a cambios de carga (hidráulica u orgánica)</li> <li>▪ Requiere de energía para su operación</li> <li>▪ Su construcción se debe de realizar en terrenos quebrados para evitar el uso de energía.</li> </ul>	1000 hab. En adelante  Área requerida aprox. 0.75 - 1.5 m <sup>2</sup> /hab	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ S.S.: 95 - 100%</li> <li>▪ DBO: 95%</li> <li>▪ Patógenos: 30– 40%</li> </ul>
<b>Laguna anaerobia primaria</b> Laguna facultativa secundaria Laguna de maduración	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Alto índice de remoción de patógenos</li> <li>▪ Permite el reuso de subproductos</li> <li>▪ Bajo costo de operación y mantenimiento</li> <li>▪ Bajo costo de construcción</li> <li>▪ No requiere de energía para su operación</li> <li>▪ No requiere equipo especial para su operación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Requiere de grandes áreas para su construcción.</li> <li>▪ Puede provocar malos olores la laguna primaria.</li> </ul>	1000 hab. En adelante  Área requerida aprox. 1.5–7.00 m <sup>2</sup> /hab	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ S.S.: 95 - 100%</li> <li>▪ DBO: 95%</li> <li>▪ Patógenos: 95–99,9%</li> </ul>
<b>Laguna facultativa primaria</b> Laguna facultativa secundaria Laguna de maduración	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Alto índice de remoción de patógenos</li> <li>▪ Permite el reuso de subproductos</li> <li>▪ Bajo costo de operación y mantenimiento</li> <li>▪ Bajo costo de construcción</li> <li>▪ No requiere equipo especial para su operación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Requiere de grandes áreas para su construcción.</li> </ul>	1000 hab. En adelante  Área requerida aprox. 1.5–7.00 m <sup>2</sup> /hab	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ S.S.: 95 - 100%</li> <li>▪ DBO 95%</li> <li>▪ Patógenos: 95–99,9%</li> <li>▪ Quistes de protozoarios y huevos de helmintos 100%</li> </ul>

La eficiencia de cada sistema de tratamiento varía de acuerdo a su dimensión, operación y mantenimiento, condiciones del clima, calidad del afluente, etc.

<sup>19</sup> Tratamiento de cloacales para poblaciones de bajos recursos tecnológicos, Asociación Guatemalteca de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (AGISA), 25 Julio 1997

**Cuadro 10: Comparación simple de sistemas de tratamiento de aguas residuales más utilizados en Centroamérica**

<i>Sistema de tratamiento</i>	<i>Nivel de tratamiento</i>	<i>Área requerida</i>	<i>Costo de construcción (sin terreno)</i>	<i>Costo de operación</i>	<i>Malos olores<sup>b</sup></i>	<i>Tendencia a problemas operativos<sup>a</sup></i>
<b>Fosa séptica</b> Sistema de absorción	Primario	Bajo	Bajo	Bajo	Mediano	Bajo
Caja derivadora Canal de rejillas Canal desarenador <b>Tanque Imhoff</b> <b>Filtros percoladores</b> Sedimentador secundario Patio de secado de lodos	Secundario	Bajo	Mediano	Mediano	Mínimo: sólidos	Mediano
Caja derivadora Canal de rejillas Canal desarenador <b>Sedimentador primario</b> <b>Filtros percoladores</b> Sedimentador secundario <b>Digestor de lodos</b> Patio de secado de lodos	Secundario	Bajo	Mediano	Mediano	Mínimo: sólidos	Mediano
Caja derivadora Canal de rejillas Canal desarenador <b>RAFA</b> <b>Filtros percoladores</b> Patio de secado de lodos	Secundario	Bajo	Mediano	Mediano	Mínimo: sólidos	Alto
<b>Laguna anaerobias primarias</b> Laguna facultativa secundaria Laguna de maduración	Secundario o terciario; elimina patógenos	Alto	Bajo	Bajo	Mínimo: en condiciones normales	Bajo
<b>Laguna facultativa primaria</b> Laguna facultativa secundaria Laguna de maduración	Secundario o terciario; elimina patógenos	Alto	Bajo	Bajo	Mínimo	Bajo

<sup>a</sup> Incluyendo sensibilidad a fluctuaciones en caudal, concentraciones de afluente, sustancias tóxicas.

<sup>b</sup> Con sus implicaciones de distancia apropiada a habitaciones.

### 3.4.8 Operación y mantenimiento de plantas de tratamiento

La buena operación y mantenimiento de las plantas de tratamiento es sumamente importante y es un punto donde se ha fallado increíblemente en Latinoamérica y el Caribe, en general y en Centroamérica en particular.

<sup>20</sup>

Cada planta de tratamiento debe traer su propio manual de operación y mantenimiento, el cual debe de ser elaborado por un profesional experto en la materia (ingeniero sanitario o ingeniero civil con experiencia en proyectos de este tipo).

*En la Colonia Monte María de Guatemala, fallas en la operación y mantenimiento redujeron la eficiencia de una planta de lodos activados del 90% al 50%<sup>15</sup>.*

<sup>20</sup> Haydee Osorio, Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la Colonia Prados de Monte María - Lodos activados, Guatemala

### 3.4.8.1 Canal de rejillas<sup>21</sup>

<b>REJILLAS</b>	Dos veces por día	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Extraerse todo el material sólido retenido en las rejillas, con atención particular después de caudales pico.</li> <li>● El material debe ser depositado en un relleno sanitario o pozo diseñado para este fin.</li> </ul>
	Semanalmente	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Limpiar rejillas con agua a presión</li> </ul>
	Una vez al año	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Revisar, y si se encuentran puntos de corrosión, lijar, y pintar con pintura anticorrosiva</li> </ul>

### 3.4.8.2 Desarenador

<b>DESARENADOR</b>	Cada 1 a 7 días (más frecuente en invierno)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Limpiar canal: cortar el flujo de agua en un canal, por medio de compuertas y dejar que los residuos (arena y otras partículas) depositados en el fondo drenen. Ya seco el material, se extrae y se deposita en un pozo construido para este fin. Se puede utilizar la misma fosa en donde se entierra la materia extraída del canal de rejillas.</li> <li>● Revisar que compuertas sellan correctamente</li> </ul>
	Una vez al año	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Revisar compuertas, y si se encuentran puntos de corrosión, lijar, y pintar con pintura anticorrosiva</li> </ul>

### 3.4.8.3 Medición de caudal

Para asegurar la fiabilidad del funcionamiento de los aparatos de medición, es esencial que la limpieza, mantenimiento y calibrado de los mismos sea correcta, así como la elaboración de los registros de datos. Los medidores de caudal electrónicos se deben calibrar “in situ” para verificar que se cumplen las especificaciones técnicas y para disponer de datos base que permitan el seguimiento a través del tiempo.

### 3.4.8.4 Trampas de Grasas

El propósito de estas unidades es quitar las partículas de menor densidad, las que se colocan arriba, flotando, formando “natas”. Estas unidades, según el proyecto que se atienda, definen diferentes períodos para realizar su mantenimiento. Es necesario inspeccionarlas frecuentemente, con el propósito de controlar el espesor de esa capa de natas. Ese espesor siempre debe ser menor que la distancia que se tiene entre la superficie y la “boca” de salida de líquidos. El fondo de las natas debe estar sobre la abertura de salida de

<sup>21</sup> Ref: “Manual de operación y mantenimiento de filtros percoladores, Julián A. Monge, ANDA, Julio 2003

esta unidad de tratamiento, de esa manera se impide que esas partículas fluyan hacia la siguiente etapa. Se quitan las natas y a ellas se les da tratamiento previo a su vertido o utilización. Es apropiado revisar simultáneamente y sacar los materiales gruesos que también se sedimentaron.

#### 3.4.8.5 Tanques sépticos

La operación de la tanque séptico consiste en revisar en forma periódica el nivel de lodos y grasas acumuladas dentro del sistema. Se recomienda que se mida el nivel una vez al mes. Para verificar la altura de los lodos se debe introducir una varilla forrada de una tela blanca (o un palo de madera pintado de color blanco) dentro de la fosa séptica. Esta nos permite revisar la altura de los lodos sedimentados.

Cuando la altura de los lodos alcanza el nivel máximo de acumulación (las grasas de arriba o lodos de abajo se están aproximando al nivel de la apertura de salida), estos deben de ser extraídos y depositados en un sistema de digestión de lodos y luego, pasarlos a un patio de secado. La extracción de los lodos se puede hacer de dos formas; manual o mecánica, para ambos casos la tanque séptico debe ventilarse, como mínimo 24 horas, antes de iniciar los trabajos. **Importante: se debe extraer solo el 80% del contenido, con ello el sistema mantendrá material biológico “activo” para continuar con su función.**

Otra actividad importante que se debe realizar en un sistema con fosas sépticas, es la revisión constante de las estructuras de concreto ya que se puede dañar debido a los gases y cambios en el pH generados por el proceso séptico.

#### 3.4.8.6 Tanques Imhoff

La operación del Tanque Imhoff es sumamente sencilla debido a que no contiene elementos mecánicos para su funcionamiento, pero debe realizarse continuamente para garantizar su buen funcionamiento.

Después del proceso de arranque se formará una cubierta flotante compuesta de natas, sólidos flotantes y grasa. Esta deberá eliminarse diariamente, por medio de un colector manual. Estos materiales deben de ser dispuestos de igual manera que los sólidos extraídos del canal de rejillas.

Los lodos se deben purgar cada 2 meses (máximo 70 días) abriendo las válvulas deslizantes. El compartimiento del lodo se vacía automáticamente con la presión del agua de arriba. Se deberá chequear la altura de lodos cada semana, por medio de una vara de 3,50 metros de altura y forrada con un manta, en uno de sus extremos. Esta vara se ingresa por el lado de los muros, en la parte de sedimentación, colocada perfectamente vertical y apoyada en el fondo de digestión de la unidad. Luego se extrae y se procede a medir la parte de la vara impregnada de lodo (negro). Cuando el nivel del lodo acumulado marque 80% de la altura de la parte de digestión, antes de

los 2 meses, se deberán purgar los lodos. **Importante: se debe dejar aproximadamente el 15 % de los lodos dentro del tanque para que así no se detenga el proceso de digestión.**

#### 3.4.8.7 Reactor anaerobio de flujo ascendente (RAFA)

El agua tratada es recolectada a través de vertederos o bocas de tubo colocados en la periferia superior del tanque. El operador debe revisar que estos vertederos o bocas de tubo se mantengan libres de cualquier tipo de taponamiento. La purga de lodo excedente debe removerse cada 5 o 6 meses para evitar que este escape con el agua tratada; esta actividad debe realizarse en períodos de bajo caudal. Cuando se realiza la purga de lodos se debe dejar una porción dentro del tanque para que continúe la actividad de las bacterias anaerobias.

En caso de que exista producción de malos olores (no característicos) se debe realizar los siguientes pasos:

- A. Disminuir el caudal de entrada.
- B. Agregar agua con cal.
- C. Adicionar lodo digerido de otras unidades o bien excremento de bovino.
- D. Agrerar mezcla de cloruro férrico con agua de cal para formar sulfato de hierro.
- E. Eliminar todos los atascamientos de agua tratada.

#### 3.4.8.8 Filtros percoladores

Mantenimiento y monitoreo regular:

- chequear los niveles de agua que van entrando al filtro; dichos niveles tienen que ser iguales en cada tubería;
- medir el nivel del agua en cada agujero del segundo canal; debe ser igual en todos; si no están nivelados eso significa que hay taponamientos en las tuberías;
- observar el nivel del agua sobre la superficie del lecho filtrante; si está encima de la superficie puede indicar taponamiento;
- limpiar la superficie del filtro para mantenerla limpia de toda basura o hierba que crezca;
- revisar el canal recolector principal que se localiza a la salida del filtro y quitar el lodo para mantenerlo limpio;
- inspeccionar las válvulas, engrasarlas una vez por mes, y reemplazar las deterioradas;
- revisar si las tuberías se encuentran en buen estado; de lo contrario sustituir las piezas deterioradas.

Acciones de mantenimiento útiles para resolver problemas comunes, se resumen en el siguiente cuadro.

**Cuadro 11: Problemas con la operación de filtros y algunas soluciones<sup>22</sup>**

<i>Problema</i>	<i>Descripción</i>	<i>Soluciones</i>
Moscas en el filtro	Viven y se multiplican en un ambiente que alterna entre mojado y seco. Por lo tanto, son más comunes en los filtros de capacidad baja. Interferir con el ciclo de vida puede controlar el problema.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aumentar recirculación por períodos cortos.</li> <li>▪ Conservar las paredes mojadas.</li> <li>▪ Inundar el filtro durante 24 horas. Soltar las aguas residuales lentamente.</li> <li>▪ Dosificar el filtro con cerca de 1 mg/lt de cloro durante unas pocas horas cada semana.</li> <li>▪ Asegurar que el sistema de distribución mantiene un remojo uniforme del medio.</li> </ul>
Olores	Resultan cuando el proceso de tratamiento se vuelve anaerobio. Como el proceso del filtro es aerobio, tome medidas correctivas inmediatamente.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Si el afluente tiene cargas altas orgánicas o de H<sub>2</sub>S: aumente la recirculación, agregue ventilación forzada, o cloro previamente</li> <li>▪ Revise los tubos de ventilación del filtro y el desagüe para determinar si hay obstrucciones en la circulación.</li> <li>▪ Revise si hay exceso de cultivos biológicos. Aumente la capacidad de recirculación para proporcionar más oxígeno y aumentar el desprendimiento.</li> <li>▪ Revise el filtro y sus alrededores para determinar si hay cultivos o escombros.</li> </ul>
Inundación	Estancamientos o charcos resultan de la obstrucción de los vacíos en el filtro, los cuales pueden ser causados por excesivos cultivos biológicos. La carga orgánica alta, escombros, insectos, caracoles, medio inapropiado, u operación inapropiada del estanque primario son causas de excesivos cultivos biológicos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Remueva los escombros de la superficie del medio.</li> <li>▪ Agite la superficie con un rastrillo o una corriente de agua a alta presión.</li> <li>▪ Aumente la capacidad de recirculación para lavar el filtro con inundación.</li> <li>▪ Deje que el filtro o porciones de él se sequen durante varias horas o días para causar el desprendimiento del exceso de cultivos cuando se vuelve a mojar.</li> <li>▪ Dosifique el filtro con cerca de 5 mg/lt de cloro durante varias horas.</li> <li>▪ Revise las unidades de tratamiento primario y corrija los defectos de operación.</li> </ul>
Boquillas tapadas	Las boquillas tapadas son por lo general resultado de la operación deficiente del tanque sedimentador.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ajustar o instalar desviadores sobre los tanques sedimentadores</li> <li>▪ Remover la espuma del agua superficial de los tanques sedimentadores regularmente.</li> <li>▪ Instalar una criba de un centímetro sobre el afluente del filtro.</li> <li>▪ Retirar el tapón hembra del extremo del tubo y aplicar con una manguera agua a presión.</li> <li>▪ Limpiar las boquillas diariamente con un cepillo, gancho de alambre o un hierro liso de 1/4".</li> </ul>
Desagües obstruidos	Los desprendimientos (mudas) pueden causar desagües obstruidos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Lave los desagües completamente</li> <li>▪ Cambie el medio desintegrado</li> <li>▪ Aumente la recirculación.</li> </ul>
Caracoles	Probablemente causado por el clima.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Clorar para producir un residual de 0,5 a 1 mg/lt</li> <li>▪ Lavar el filtro con una tasa alta de recirculación</li> </ul>

<sup>22</sup> Operaciones básicas con las aguas residuales, Water and Wastewater Training Division, Texas Engineering Extension Service, Texas A&M University System, 2000

#### 3.4.8.9 Lagunas de estabilización

Las actividades rutinarias del operador de una planta de tratamiento con lagunas de estabilización son:

- principalmente, mantener libre de maleza el área de talud;
- verificar que el oleaje provocado por las lagunas no deteriore el talud;
- verificar que no haya una tendencia de las lagunas a secarse o rebalsarse;
- para las lagunas facultativas, se debe evitar que floten espumas o natas en el espejo de agua; de aparecer estas, se debe eliminar con un rastrillo o con un chorro de agua a presión;
- para el caso de las lagunas anaerobias se debe dejar la nata flotando, ya que esto ayuda al proceso dentro de la laguna;
- en caso de crecimiento de zancudos o mosquitos en las lagunas, debe variarse la altura de la laguna aproximadamente 15 centímetros;
- verificar que no existan taponamientos en las tuberías o canales de acceso de las lagunas;
- verificar si no hay cortos circuitos; corregir con el uso de tabiques desviadores o remover maleza de los estanques;
- realizar la remoción periódica de los sedimentos acumulados, de conformidad con lo previsto en el diseño.

Durante los primeros años de funcionamiento de una laguna, los lodos se acumularán en el fondo, donde se estarán llevando a cabo los procesos biológicos de biodegradación. Sin embargo, es necesario verificar el nivel de los lodos debe, ya que es muy posible que esa acumulación empiece a interferir con el correcto funcionamiento de la laguna, sucediendo entre otros un posible bloqueo de la tubería de entrada.

En relación a los lodos, tomar en cuenta los siguientes pasos:

- a. Verificación de la profundidad de los lodos. Una vez al año debe medirse la profundidad acumulada de los lodos a la entrada de la laguna. Esto se hace con la utilización de un bote y con una pieza de madera a la que se le amarra un pedazo de tela. Se baja ese dispositivo al fondo de la laguna y luego de un minuto se levanta lentamente. Las partículas de lodo se pegarán a la tela y de esa manera es posible medir la profundidad acumulada. verificarse por lo menos una vez al año. Si el nivel de lodos es mayor a un tercio de la profundidad total de diseño es necesario dar mantenimiento.
- b. Drenar la laguna y secar los lodos. Se recomienda desviar el curso de agua por lo menos durante un mes. Para drenar la laguna es conveniente bajar poco a poco el nivel del agua hasta dejar los lodos al descubierto. Permitir que los lodos se sequen al sol por un periodo de varias semanas, dependiendo por supuesto de las condiciones climatológicas de cada comunidad.
- c. Remoción de los lodos. Para las lagunas primarias se deben extraer los lodos cada 3 a 5 años y para las lagunas secundarias de cada 10

años a 20 años. Cuando los lodos están “más o menos” secos, es posible introducir una carreta al lecho de la laguna o por medio de palas u otros dispositivos de excavado se inicia el cargado de lodos. Es conveniente dejar una ligera capa de lodos en el fondo para garantizar que al volverse a llenar la laguna se cuente con material biológico activo para que el proceso de tratamiento continúe.

- d. Vertido o utilización de los lodos. Es posible llevar los lodos hasta un relleno sanitario para que sirvan como material de cobertura o simplemente sean enterrados. Otra posibilidad es llevar estos lodos a campos agrícolas para aprovechar los nutrientes que los componen.

#### 3.4.8.10 Bombeo

Mantener lubricado el equipo de bombeo. Todas las piezas de metal deben pintarse por lo menos una vez al año, con pintura anticorrosiva para evitar su deterioro. Se debe mantener libre de obstrucciones la tubería de acceso como la de egreso y la estación de bombeo debe permanecer siempre limpia, ventilada y perfectamente identificada.

#### 3.4.8.11 Tratamiento de Lodos

El digestor de lodos no necesita mayor mantenimiento. La capa superior que se forma (sobrenadante), sirve para reducir malos olores. Al iniciar su operación es recomendable esperar que el digestor este lleno (aproximadamente 4-6 meses de almacenamiento) antes de abrir la válvula por primera vez para extraer los lodos al patio de secado. Da ahí en adelante se extrae los lodos aproximadamente cada quince días, dependiendo de la producción de lodos. Si los lodos del patio de secado se ven exageradamente líquidos, puede ser que el operador este vaciando demasiado los lodos del digestor.

Los patios de secado de lodos normalmente se diseñan para tratar una capa de 25 centímetros máximo. Los lodos deben permanecer en los lechos de secado por 3 semanas durante la época seca, y mas durante la época lluviosa. Los lodos secados deben ser de color negro no gris.

### **3.5 Re-uso de remanentes o sub-productos**

En los procesos de tratamiento para las aguas residuales, los remanentes o subproductos son aguas tratadas y lodos, por lo que esos materiales o productos pueden ser utilizados nuevamente, siempre y cuando, se realice el control sanitario respectivo para protección de la salud de las personas.

#### **3.5.1 Re-uso de agua tratada**

Las aguas residuales domésticos son aprovechadas en muchas partes del planeta, para:

- riego agrícola (a veces en forma directa y a veces al extraerla de los ríos donde esas aguas se habían descargado)
- riego de árboles y plantas en “corredores de transporte” o corredores biológicos

- riego de césped por ejemplo, en campos de golf, en jardines de hoteles, escuelas, etc.
- procesos industriales (enfriamiento de equipos)
- cría de peces
- el funcionamiento de inodoros
- recarga de acuíferos
- mitigación de impactos ambientales (creación de humedales artificiales)
- usos estéticos / paisajísticos

El re-uso de aguas residuales o de aguas grises para la agricultura brinda las ventajas de ser un recurso de agua estable y constante, que adicionalmente contiene nutrientes para las plantas. El re-uso de agua también puede ser una forma de prevenir la contaminación de aguas superficiales con nutrientes y presenta la oportunidad de reservar agua de más alta calidad para el consumo humano, de otros seres vivos y la producción de otros alimentos. Sin embargo, las aguas residuales contienen agentes infecciosos o contaminantes peligrosos para la salud, por lo que su re-uso debe ser manejado con precaución, relacionando el nivel de tratamiento que se le de o vaya a dar con el tipo de re-uso, respetando normas establecidas con esos propósitos.



*Re-uso de agua tratada en Masaya,  
Nicaragua  
Foto cortesía de Ivette Morazan*

En el año de 1989 se publicaron guías de la Organización Mundial de la Salud (OMS), sobre el uso de aguas residuales en agricultura y acuicultura (refiérase al cuadro 12). Es importante notar que esas guías se basan en solo dos parámetros de calidad, los cuales son indicadores de presencia de patógenos en el agua: parásitos intestinales y coliformes fecales.

Sin embargo, en general, el aprovechamiento de las aguas residuales en Latinoamérica no ha sido promovido por los gobiernos. Por lo contrario, se le ha prohibido su uso por considerárseles como aguas responsables de muchos de los problemas sanitarios existentes. A pesar de la falta de promoción del re-uso de aguas residuales en Latinoamérica, han sido los propios campesinos y agricultores quienes las han utilizado, por supuesto sin monitoreo o control.

Ejemplos del aprovechamiento de las aguas residuales para minimizar riesgos a la salud son el riego, en los siguientes cultivos (categorías B y C):

- Selvicultura (plantaciones forestales)
- Forrajes, hierbas, alfalfa, etc.
- Maíz, trigo, cebada
- Menta, algodón, tabaco

Para el riego de cultivos como frutas y legumbres (categoría A) se debe contar con un sistema de tratamiento con un mayor grado de remoción de elementos patógenos y un programa de monitoreo regular, para controlar la presencia de patógenos (parásitos y coliformes fecales).

**Cuadro 12: Guías de la OMS, 1989. Para el re-uso de aguas residuales<sup>23</sup>**

<i>Categoría</i>	<i>Condiciones de reutilización</i>	<i>Grupo expuesto</i>	<i>Parásito intestinal<sup>a</sup> (número de huevos, media aritmética, por litro)</i>	<i>Coliformes fecales (media geométrica, por cada 100 ml)</i>	<i>Tratamiento de aguas residuales, supuesto para alcanzar la pauta microbiológica requerida</i>
A	Irrigación de cultivos que probablemente serán consumidos crudos, campos deportivos, parques públicos.	Trabajadores, consumidores, público	1	1 000	Una serie de lagunas o tratamiento para lograr calidad microbiológica indicada.
B	Irrigación de cultivos industriales, forraje pasto y árboles. <sup>b</sup>	Trabajadores	1	Ningún estándar recomendado	Retención de 8 a 10 días en lagunas o eliminación equivalente de helmintos y coliformes fecales.
C	Irrigación localizada de cultivos en categoría B si no hay exposición a trabajadores ni al público.	Ninguno	No aplicable	No aplicable	Mínimo de sedimentación primaria

<sup>a</sup> Especies: Áscaris, Trichuris y Anquilostomas

<sup>b</sup> En el caso de árboles frutales, la irrigación debería cesar dos semanas antes de la recolección de la fruta, y ninguna fruta debería ser recolectada del suelo.

### 3.5.2 Re-uso de lodos

El lodo es un subproducto que se genera en todos los procesos de tratamiento de aguas residuales. El lodo producido en las operaciones y procesos de tratamiento de las aguas residuales suele ser líquido o líquido semisólido (pastoso). La digestión (degradación de la materia a sus componentes básicos) y secado de los lodos se realiza dentro de la planta de tratamiento.

El lodo “estabilizado”, generado del tratamiento de las aguas residuales es valioso como fuente de nutrientes y como acondicionador del suelo, puede emplearse en agricultura o como fertilizante de estanques empleados en acuicultura. El uso de los lodos debe fomentarse en donde sea posible, siempre y cuando se provea de la debida protección para la salud.

La materia incorporada mejora el suelo porque:

- Permite una mayor retención de la humedad.
- Adiciona al suelo los nutrientes necesarios para las plantas y facilita su retención en el suelo.
- Incrementa la actividad biológica del suelo.
- Evita o al menos disminuye, la necesidad de fertilizantes químicos.

<sup>23</sup> WHO Health Guidelines for the use of wastewater in agriculture and aquaculture. Report of a WHO Scientific Group, Geneva. World Health Organization, 1989 (WHO Technical Report Series No. 778)

La utilización del estiércol animal como abono en los campos es tan antigua como la ganadería misma. Sin llegar a descubrir la importancia del nitrógeno, fósforo y potasio, en el crecimiento de las plantas y de su metabolismo, el hombre ha sabido de la importancia que representa la reutilización de las heces animales. Las heces humanas también se pueden utilizar.

Sin embargo, existen condicionantes a esta aplicación, como:

- Contenido de metales (elementos químicos de este campo, como hierro, plomo, etc.) que puedan superar valores límite de toxicidad, desconociéndose en muchos casos los efectos reales de concentración de metales depositados en los suelos, sobre las plantas.
- Presencia de patógenos y semillas de plantas indeseables que puedan hacer inutilizable el lodo, en ciertos casos.

Para determinar si el lodo contiene sustancias químicas industriales, como metales pesados, que puedan causar toxicidad a las plantas y al hombre, es recomendable realizar una serie de análisis de laboratorio, en forma periódica. Sin embargo, estos análisis son complicados y costosos. Es más fácil determinar el potencial tóxico de los lodos con un inventario de las industrias que estén descargando a la red de alcantarillado sanitario y de esa manera se valora sobre aquellas descargas que pueden tener un impacto negativo en la calidad de los lodos.

### ***3.6 Monitoreo de sistemas de tratamiento de aguas residuales***

Es importante periódicamente monitorear:

- El comportamiento del vecindario, en el sentido de detectar conexiones ilícitas al sistema de alcantarillado y para verificar que usen los sistemas adecuadamente.
- El caudal de agua tratado
- El nivel de lodos en fosas sépticas (si forma parte del sistema)
- Las cajas de registro del sistema de recolección o alcantarillado.
- La calidad y cantidad del agua a la entrada y salida de la planta de tratamiento.
- La calidad del agua en el cuerpo receptor (antes y después del desagüe de la planta de tratamiento).

El monitoreo de la calidad del agua que sale de la planta de tratamiento es importante para determinar el cumplimiento con las normas y reglamentos vigentes, para determinar la eficiencia de los procesos de tratamiento, para identificar problemas en el tratamiento y poder tomar acciones correctivas. La frecuencia recomendada para este monitoreo se resume en el Cuadro 13.

**Cuadro 13: Monitoreo de sistemas de manejo de aguas residuales**

<i>Elemento</i>	<i>Parámetro</i>	<i>Cobertura</i>	<i>Frecuencia</i>
Tanques sépticos	Inspección de natas y lodos y constatar el flujo de entrada y salida	5% del total de fosas, elegidas aleatoriamente	Dos veces al año
Dispositivos de limpieza en alcantarillado	Inspeccionar para verificar su estado de limpieza	5% del total elegidos aleatoriamente	Una vez al mes
Planta de tratamiento	Caudal	Entrada de la planta	De 3 veces por semana a 3 veces por día
Planta de tratamiento	DBO <sub>5</sub> y SST nitritos, nitratos y fosfatos, parásitos, coliformes fecales	Entrada y salida de la planta	De cada mes a tres meses, dependiendo del tamaño de la planta
Agua del cuerpo receptor (río o lago)	DBO <sub>5</sub> y SST nitritos, nitratos y fosfatos	Cuenca arriba y cuenca abajo de la salida de la planta	De cada tres a seis meses, dependiendo del tamaño de la planta y los usos del río

Las pruebas de laboratorio que se realizan para determinar la calidad del efluente de plantas de tratamiento incluyen: sólidos en suspensión total (SST), demanda bioquímica de oxígeno a los 5 días (DBO<sub>5</sub>), demanda química de oxígeno (DQO), coliformes, parásitos y nitrógeno.

Para la toma de muestras y análisis de laboratorio, lo más práctico y confiable es contratar los servicios de un laboratorio especializado que esté autorizado por el Ministerio de Salud o Ministerio de Ambiente para la realización de este trabajo y donde sea posible, es importante trabajar con un laboratorio “acreditado”, el cual tendrá certificadas las pruebas a realizar, respaldado por organismos nacionales o internacionales. Es importante que la muestra se tome de forma que evite su contaminación, en un recipiente limpio, esterilizado y bajo las recomendaciones del laboratorio, que se etiquete la muestra adecuadamente y que la muestra llegue al laboratorio dentro del tiempo requerido para que el análisis sea válido.

Una prueba para determinar la calidad del agua que se puede hacer en forma muy sencilla, en sitio, es la prueba de los conos Imhoff, con la que se cuantifica y se conoce de remoción de sólidos por sedimentación de esa agua.



*Conos Imhoff para determinar cantidad de sólidos sedimentables (SS)  
Fotos cortesía de Víctor Arriaza*

Si como resultado del monitoreo se reporta que existen parámetros que no cumplen las normas es importante identificar los problemas técnicos y administrativos que causaron el problema y proceder de inmediato a resolverlos.

### **3.7 Seguridad para el personal de trabajo<sup>24</sup>**

Hay muchos peligros a considerar, alrededor de una planta de tratamiento para aguas residuales y su sistema de recolección o alcantarillado:

- heridas corporales, resbalones o caídas
- enfermedades contagiosas
- deficiencia de oxígeno, pérdida de conciencia
- gases o vapores tóxicos o explosivos
- manejo de productos químicos tóxicos y peligrosos
- incendios
- choques eléctricos

Las *enfermedades contagiosas* son posibles debido a la naturaleza del trabajo y el material asociado. Para reducir el riesgo es importante:

- contar con vacunas, estar inmunizado al menos contra tifoidea y tétano
- lavarse las manos completamente con jabón antes de comer o fumar, después de tomar muestras de las aguas residuales o al estar en contacto directo, de cualquier forma, con las aguas residuales
- comer y tomar cualquier alimento o bebida en áreas separadas del lugar de trabajo
- utilizar guantes protectores, si se tienen cortaduras o piel agrietada en sus manos
- bañarse y cambiarse de ropa antes de ir a la casa y ponerse un cambio de ropa limpio todos los días de trabajo

Se forman *condiciones explosivas* cuando el gas de sulfuro de hidrógeno o el gas metano que se generan en el proceso de descomposición de la materia

---

<sup>24</sup> Operaciones Básicas con las Aguas Residuales, Water and Wastewater Training Division, Texas Engineering Extension Service, Texas A&M University System, 2000

orgánica se mezclan con el aire y esa combinación adicionalmente se tiene en un espacio cerrado. Vapores de gasolina o solventes volátiles, infiltrados en el sistema de alcantarillado y llegando a la planta de tratamiento también pueden causar condiciones explosivas. Evitar explosiones manteniendo los quemadores que se requieran lejos de las áreas potencialmente explosivas y proporcionando ventiladores o sopladores. Los pozos de acceso o de registro, digestores anaeróbicos y estructuras debajo de la tierra son áreas potencialmente explosivas.

Para evitar accidentes con vehículos circulando por las calles, al realizar trabajos en el sistema de recolección o alcantarillado, se debe:

- colocar señales de advertencia para los conductores que vienen
- evitar realizar ese trabajo durante las horas de mayor tráfico o tránsito vehicular
- usar guardavías o luces de advertencia si es necesario
- colocar el vehículo de trabajo entre el trabajador y el tráfico que viene
- usar chalecos de seguridad con colores llamativos (usualmente, naranja y amarillo fosforescente)

El trabajo en los pozos de acceso o de registro requiere muchas medidas de seguridad:

- probar la calidad del aire o ambiente del pozo antes de entrar, para asegurarse que no haya gas explosivo y si hay oxígeno suficiente
- ventilar el pozo antes de entrar y durante el trabajo
- colocar barreras o vehículos alrededor del pozo de acceso
- usar un pico o gancho para remover las tapas de los pozos
- colocar la tapa sobre el suelo, no recostarla sobre una barrera u otro objeto
- no colocar herramientas cerca del borde del pozo donde alguien las pueda patear y caer dentro del pozo
- usar, o tenga disponible, equipo de oxígeno, cuerdas salvavidas, y cascos
- usar una escalera de mano; los peldaños instaladas en el lado del pozo pueden ser inseguros
- no entrar solo; al menos dos personas deben estar esperando en la superficie; salir del pozo rápido si empieza a sentirse mal
- usar botas de goma (de hule) y guantes cuando trabaje en condiciones mojadas
- usar guantes de cuero (no goma) cuando se usan piezas de madera o metálicas para limpiar las alcantarillas
- después de salir del pozo, colocar correctamente la tapa en su sitio (aunque no este terminado el trabajo)
- bañarse y cambiarse de ropa al terminar cualquiera de estos trabajos.

### 3.8 Planificación y respuesta ante desastres

Las amenazas naturales pueden impactar la función de los sistemas de saneamiento y sus beneficios al ambiente y a la salud. Lo siguiente es una combinación de situaciones y factores, proveniente de un documento OPS/OMS/AIDIS de 2001, elaborado con el fin de reducir el tiempo de respuesta en América Latina y el Caribe para restaurar servicios de agua potable y saneamiento después de desastres naturales.

**Cuadro 14: Matriz de efectos provocados por eventos adversos<sup>25</sup>**

<i>Efecto sobre los sistemas de aguas residuales</i>	<i>Terremoto</i>	<i>Erupción volcánica</i>	<i>Deslizamiento</i>	<i>Huracán</i>	<i>Inundación</i>	<i>Sequía</i>
Fallos estructurales en la infraestructura de los sistemas	++	O	++	++	++	O
Ruptura de tuberías	++	O	++	+	++	O
Obstrucciones en plantas y tuberías	O	++	+	+	++	O
Interrupción del servicio eléctrico, comunicación y vías de acceso	++	O	+	++	+	+
Escasez de personal	++	+	+	+	+	O
Escasez de equipos, repuestos y materiales	++	O	+	++	++	O

++ afectación alta    + afectación moderada    O afectación mínima

El proceso de planificación para situaciones de emergencias y desastres básicamente comprende tres etapas:

- prevención
- mitigación
- preparación

La respuesta al desastre comprende tres etapas:

- respuesta inmediata
- rehabilitación
- reconstrucción

### 3.9 Costos de planificación, construcción y operación

El costo de la construcción de obras para el manejo de excretas y aguas residuales depende del costo por mano de obra local, de disponibilidad de materiales locales, topografía (necesidad de bombeo), costo de acarreo, densidad de casas, tamaño de la construcción (el costo/familia de plantas de tratamiento es más alto para plantas de pequeña escala) y por el tipo de sistema o tecnología de tratamiento a utilizar. Dadas todas estas consideraciones, es difícil encontrar y sistematizar información única sobre los costos estimados para los diferentes sistemas. Sin embargo, el siguiente cuadro resume información disponible que puede guiar o dar una idea general de los rangos de costos para diferentes soluciones. Estos costos se pueden minimizar utili-

<sup>25</sup> Emergencias y desastres en sistemas de agua potable y saneamiento: Guía para una respuesta eficaz, OPS, OMS, AIDIS, OPS 2001

zando maquinaria y labor de la municipalidad, si fuera disponible. Es de notar que es importante presupuestar costos por administración del proceso y para programas de educación comunitaria al inicio y periódicamente.

**Cuadro 15: Costos involucrados en el manejo de excretas y aguas residuales, dólares (\$) US**

<i>Tipo de sistema</i>	<i>Costo de construcción por familia</i>	<i>Costo mensual de construcción por familia<sup>a</sup></i> (1)	<i>Costo mensual de operación por familia</i> (2)	<i>Costo total mensual por familia</i> (1)+(2)
<b>Sistemas individuales<sup>26</sup></b>				
Letrinas	125-400	1,2 - 3,8	1	2,2 - 4,8
Inodoro con tanque séptico y fosa o campo de absorción	350-500	3,3 - 4,8	1	4,3 - 5,8
Sumidero o zanja de absorción para aguas grises	50-150	0,48 - 1,4	0,4	0,88 - 1,8
Sistemas de tratamiento “paquete” de lodos activados	600-1500	5,7 - 14	4,0 - 8,0	9,7 - 22
<b>Alcantarillado</b>				
Alcantarillado pluvial	250-750 <sup>27</sup>	2,4 - 7,2	3,0 - 5,0	5,4 - 12
Alcantarillado sanitario sin arrastre de sólidos	100-200 <sup>21</sup>	0,96 - 1,9	1,0 - 1,5	2,0 - 3,4
Alcantarillado simplificado	110-200 <sup>28</sup>	1,1 - 1,9	1,4 - 3,0	2,5 - 4,9
Alcantarillado sanitario convencional	150-450 <sup>29</sup>	1,4 - 4,3	1,0 - 2,5	2,4 - 6,8
Alcantarillado combinado	250-850 <sup>20</sup>	2,4 - 8,1	3,0 - 5,0	5,4 - 13
Estación de bombeo	15-30 <sup>30</sup>	0,14 - 0,29	2,0 - 4,0	2,1 - 4,3
<b>Plantas de tratamiento</b>				
Tanque séptico comunal	35-50 <sup>20</sup>	0,33 - 0,48	1,3 - 3,0	1,5 - 3,5
Tratamiento primario, Filtros percoladores	175-350 <sup>20</sup>	1,7 - 3,3	3,0 - 5,0	4,7 - 8,3
Lagunas	125-250 <sup>20</sup>	1,2 - 2,4	2,0 - 3,0	2,2 - 5,4
Lodos activados	500-2500 <sup>31</sup>	4,8 - 24	5,0 - 10	9,8 - 34

<sup>a</sup> Asumiendo un préstamo, 100% del costo de construcción a 15 años, con una tasa de interés del 8% anual.

<sup>26</sup> Ana Luisa Dueñas, Experiencia CARE, El Salvador.

<sup>27</sup> Costos promedio de proyectos diseñados por la empresa CAISA en diferentes regiones de Guatemala.

<sup>28</sup> “Introduction to Low Cost Sanitation”, Leeds University, <http://www.sanicon.net/titles>, asumiendo, promedio de 5 hab/casa.

<sup>29</sup> Tecnologías innovadoras y de bajo costo utilizadas en los sistemas de alcantarillado. José M. Azavedo Netto. Programa de salud ambiental, OPS/OMS. Julio 1992.

<sup>30</sup> Manual de diseño de estaciones depuradoras de aguas residuales. Aurelio Hernández Lehmann. Colegio de ingenieros de caminos, canales y puertos. Madrid, España 1997.

<sup>31</sup> Derivación de costos de Uruguay y Brasil, Pablo Guido Medeiros et al, “Función para evaluación preliminar de costos de construcción de plantas de tratamiento de efluentes”, XXVII Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 2001

## CAPÍTULO 4: Aspectos institucionales y legales

La falta de interés como de compromiso verdadero con la protección del ambiente, se evidencia por la falta de planes relacionados a la construcción de plantas para el tratamiento de aguas residuales, la debilidad funcional de las instituciones que operan los pocos sistemas que existen, y la falta de monitoreo y seguimiento de las instalaciones existentes en Centroamérica. Todo ello no solo refleja una falta de fondos para la ejecución de todas esas acciones operativas o estas funciones, sino que también la debilidad preva- leciente para ejecutar cambios o arreglos institucionales y legales, del sector.

### 4.1 Arreglos institucionales

Los arreglos o coordinaciones institucionales para el manejo de aguas residuales, deberían incluir la participación de entes a nivel nacional, a nivel local y a nivel de cuenca o regionales. La experiencia mundial sobre el reparto de responsabilidades o arreglos institucionales para atender de manera apropiada diferentes funciones relacionadas al control de calidad en sistemas de agua se presenta en el Cuadro 16.

*La Asociación municipal para la protección del lago de Yojoa (ASOMUPROLAGO) esta trabajando para la protección del lago Yohoa en Honduras. Es un esfuerzo conjunto entre quince alcaldías de Cortés, Comayagua y Santa Bárbara, junto a la Empresa Nacional de Energía Eléctrica, ENEE<sup>27</sup>.*

**Cuadro 16: Roles institucionales- Control de la contaminación del agua<sup>32</sup>**

<i>Función</i>	<i>Responsabilidad</i>
Establecer políticas	Entes nacionales Entes regionales
Regulación	Entes nacionales Entes de cuenca o regionales
Monitoreo	Entes nacionales
Manejo de sistemas públicos	Municipalidades y asociaciones inter- municipales o entes de cuenca
Capacitación y certificación de operadores	Entes departamentales (provinciales) y nacionales
Manejo de calidad de aguas	Entes de cuenca o regionales Entes departamentales

33

<sup>32</sup> UNEP Working Document: *Recommendations for Decision-Making on Municipal Wastewater, October, 2001*

<sup>33</sup> <http://www.laprensahn.com/natarc/0008/n27005.htm>

La formación de entes regionales para la protección de cuencas es recomendable, especialmente para la protección de ríos, lagos, y áreas sensitivas o altamente contaminadas.

#### 4.2 La normativa ambiental

Cada país, a nivel nacional, debe establecer normas y reglamentos para descarga a alcantarillado sanitario, descarga a cuerpos receptores y para el re-uso de aguas residuales. Sin embargo, solo tres países centroamericanos tienen normas y reglamentos que cubren estos tres rubros, en algunos casos a las normas para la descarga a cuerpos receptores les falta su aprobación formal final o están en proceso de actualización.

Otro aspecto, muy importante, es la autoridad competente y responsable de vigilar por las descargas de aguas residuales; los Ministerios del Ambiente y Salud son los encargados de otorgar permisos para la construcción y funcionamiento de sistemas para el manejo de aguas residuales.

Las actuales normativas vigentes, exceptuando los reglamentos de Honduras y Panamá, establecen los límites permisibles, diferenciados según la fuente contaminante. El cuadro 17 presenta un resumen de la normativa vigente junto con la autoridad competente respectiva y con fines comparativos se anotan dos parámetros clave de calidad del agua de descarga a alcantarillados y a cuerpos receptores presentes.

**Cuadro 17: Resumen de normas y reglamentos de aguas residuales en Centroamérica<sup>34</sup>**

<i>País</i>	<i>Reglamento o norma (fecha de publicación)</i>	<i>Descarga a alcantarillado sanitario</i>	<i>Descarga municipal a cuerpo receptor</i>	<i>Re-uso del agua</i>	<i>Autoridad competente</i>
Belice	Effluent Limitations Statutory Instrument No. 94 of 1995 (26/agosto/1995)	NeN	DBO: 50 mg/l SS: 50 mg/l	NeN	Ministerio de turismo y ambiente
Costa Rica	Reglamento de reuso y vertido de aguas residuales. Decreto ejecutivo 26042-S-MINAE, (19/Junio/1997)	DBO: 300 mg/l SS: 500 mg/l	DBO: 50 mg/l SS: 50 mg/l	Se clasifica en 6 tipos de reuso	Ministerio de salud y Ministerio de ambiente y energía
El Salvador	Reglamento especial de aguas residuales (31/mayo/2000) Norma salvadoreña NSR	NeN	NeN	Se clasifica en 8 tipos de reuso, pero no establece	Ministerio de medio ambiente y recursos

<sup>34</sup> Reglamentos y normas sobre límites de descarga para aguas residuales en Centroamérica. Memoria del seminario-taller “Armonización de los estándares de calidad ambiental en los países Centroamericanos”, 11 y 12 de Abril de 2002.

<i>País</i>	<i>Reglamento o norma (fecha de publicación)</i>	<i>Descarga a alcantarillado sanitario</i>	<i>Descarga municipal a cuerpo receptor</i>	<i>Re-uso del agua</i>	<i>Autoridad competente</i>
	13.07.03:00 (sin aprobación)			límites permisibles	naturales
Guatemala	Reglamento de requisitos y sus límites máximos permisibles de contaminación para la descarga de aguas servidas. Acuerdo gubernativo Número 60-89. (7/febrero/1989)	DBO: 200 mg/l	DBO: 200 mg/l	NeN	Ministerio de ambiente y recursos naturales
Honduras	Normas técnicas de las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores y alcantarillado sanitario. Acuerdo No. 058. (9/abril/1996)	DBO: 50 mg/l SS: 100 mg/l	DBO: 50 mg/l SS: 100 mg/l	NeN	Secretaría de recursos naturales, Secretaría de salud y Secretaría de gobernación
Nicaragua	Disposiciones para el control de la contaminación proveniente de las descargas de aguas residuales domésticas, industriales y agropecuarias. Decreto No. 33-95. (14/junio/1995)	DBO: 400 mg/l SS: 400 mg/l	DBO: 90 mg/l SS: 80 mg/l	Reuso para riego agrícola únicamente	Ministerio de recursos naturales y ambiente y el Instituto nacional de acueductos y alcantarillados
Panamá	Normas para aguas residuales, 2000	SS: 300 mg/l	DBO: 35 mg/l SS: 35 mg/l	Se clasifica en 7 tipos de reuso	Autoridad nacional del ambiente

*NeN: No está Normado*

Tanto el municipio como todos los entes generadores de aguas residuales están sujetos a cumplir con el marco legal de cada república, ejercido por las instituciones del Gobierno central.

Las municipalidades, por medio de ordenanzas e incentivos económicos, pueden requerir ciertas actividades por parte de la comunidad, por ejemplo, por medio de ordenanzas pueden regular:

- tarifas y el concepto de que el contaminador paga
- vertidos ilegales
- pre-tratamiento de aguas residuales por industrias que generan sustancias potencialmente tóxicas o de alta carga biológica (si no existen normas a nivel nacional)
- descargas prohibidas al alcantarillado (por ejemplo, combustibles) que pueden causar daños al sistema de tratamiento
- ordenamiento territorial

### 4.3 Opciones de prestación de los servicios

La responsabilidad por las aguas residuales está dividida en varios niveles:

- Sistemas individuales - para casas individuales, industrias, hoteles, rastros, etc., son responsabilidad de los individuos o gerentes a cargo, con la aprobación del ente rector correspondiente.
- Sistemas colectivos pequeños - para pequeñas poblaciones, urbanizaciones, parques industriales, parques de diversión, etc., tienen una variedad de entes responsables, variando de juntas directivas a municipalidades, a entes nacionales responsables del agua y el saneamiento.
- Sistemas colectivos medianos y grandes - pueden ser responsabilidad de municipios individuales, de un ente multi-municipal o de entes nacionales responsables del agua y el saneamiento. También, una ciudad grande puede prestar el servicio a una ciudad pequeña.

Para cualquier tipo de arreglo, es necesario que estos tengan especificaciones claras de los trabajos y resultados que se esperan sobre la duración, el monitoreo y control que se realizará. Se compara en el cuadro 18 algunas ventajas y desventajas de diferentes opciones básicas utilizadas para la prestación del servicio.

**Cuadro 18: Comparación de opciones relativas a la prestación del servicio para el tratamiento de aguas residuales**

<i>Opción de ente encargado</i>	<i>Ventajas</i>	<i>Desventajas</i>	<i>Ejemplos centroamericanos</i>
Junta comunitaria	Al alcance de la comunidad	La capacidad técnica tiende a ser baja.	Marcovia, Honduras
Municipal, directo	Flexibilidad municipal.	Normalmente resulta en subsidios de servicios y baja capacidad de endeudamiento.	San Juan Talpa, El Salvador Estanzuela, Guatemala
Corporación o empresa auxiliar municipal	Separación clara de cuentas; tiende a ser más eficiente y responsable que una unidad interna municipal.	Puede faltar capacidad técnica y eficiencia administrativa.	Choluteca, Honduras Suchitoto, El Salvador
Instituto nacional, a cargo de agua y saneamiento	Alta capacidad técnica.	La distancia puede impedir buen servicio.	Bocas del Toro, Panamá Estelí, Nicaragua
Sector privado - Servicio privado - Contrato de servicio - Contrato de manejo - BOT - Concesión	Alta capacidad técnica y alta eficiencia.	El costo incluye ganancias. Menores posibilidades para los sectores más pobres.	Villa Nueva, Guatemala (contrato de manejo)

#### 4.4 Opciones y consideraciones para involucrar al sector privado

Se puede involucrar el sector privado, para uno o varios aspectos y niveles del manejo de las aguas residuales municipales. Los cuatro niveles que se han aplicado más comúnmente en países en vías de desarrollo son:

- *Contratos de servicio*: en este caso, el sector público contrata solo ciertos servicios al sector privado, por ejemplo operación de una planta de tratamiento o el servicio de cobro.
- *Contrato de manejo*: en este caso, la autoridad pública transfiere la responsabilidad de manejo y operación a un ente privado, pero el contratista no tiene ninguna relación legal directa con el usuario.
- *BOT (build, own, transfer)*: en este tipo de contrato, la firma o empresa privada construye, es dueña, opera y luego de algunos años transfiere la infraestructura a manos del gobierno. El tiempo para transferir esto, se especificará claramente, antes de firmar el acuerdo.
- *Concesión*: las concesiones son acuerdos por los cuales la empresa privada financia y por un período de tiempo, es propietaria de las instalaciones (infraestructura y equipo) durante la duración del contrato que normalmente es por más de 25 años.

**Cuadro 19: Opciones de arreglo con el sector privado**<sup>35</sup>

<i>Opción de coordinación con el sector privado</i>	<i>Responsabilidades</i>				
	<i>Dueño de infraestructura</i>	<i>Operación y mantenimiento</i>	<i>Inversión de capital</i>	<i>Riesgo comercial</i>	<i>Duración típica</i>
Contrato de servicio	Público	Público	Público	Público	1-2 años
Contrato de manejo	Público	Privado	Público	Público	3-5 años
BOT	Público y privado	Privado	Privado	Privado	20-30 años
Concesión	Público y privado	Privado	Privado	Privado	25-30 años

Para responder a la pregunta ¿Cuándo se debe involucrar al sector privado?, es importante analizar: eficiencia, responsabilidad y proyección social, administración, recursos económicos y costos del servicio.

Cuando ya se ha tomado la decisión de involucrar al sector privado, es importante que los procesos de contratación y supervisión sean bien concebidos para asegurar el logro de las metas previstas. Es necesario, para cualquier tipo de contratación que se establezca y se describa adecuadamente los resul-

<sup>35</sup> Banco Mundial, 1997, *Toolkits for Private Sector Participation in Water and Sanitation*, Washington DC  
<http://www.worldbank.org/html/fdp/wstoolkits/Kit1/frame.html>

tados que se esperan. También es importante que existan leyes que regulando la participación del sector privado.

#### ***4.5 Fortalecimiento de la unidad encargada***

La unidad encargada del sistema para el manejo y tratamiento de las aguas residuales, necesita apoyo institucional para cumplir con sus obligaciones en forma planificada, organizada y profesional. A veces, el fortalecer una situación existente es suficiente. En otros casos, es mejor reformar las condiciones existentes, sean administrativas, legales o institucionales.

Es importante que se ejecuten acciones de capacitación a todos los niveles del personal. Los trabajadores, necesitan recibir entrenamiento y capacitación técnica, prepararse para atender al público y sobre salud ocupacional.

## CAPÍTULO 5: Educación comunitaria y participación pública

La mayoría de las personas no visualizan al manejo y tratamiento de las aguas residuales como un problema que requiere de medidas y de soluciones inmediatas. Esto principalmente se debe al desconocimiento sobre las repercusiones de la contaminación ambiental en la salud humana, en la conservación de los recursos naturales y por ende, en la economía de cada familia.

Para lograr un cambio de conocimientos, actitudes, y comportamiento, es necesaria una campaña de educación comunitaria. Para lograr apoyo público a soluciones propuestas, incluyendo la voluntad de pago, la participación pública en las decisiones también es crítica. El rol de participación pública y educación comunitaria en lograr estas metas se resume abajo.

**Cuadro 20: El rol de la participación pública y la educación comunitaria**

<i>Resultado meta</i>	<i>Cambios necesarios</i>	<i>Tipo de relación con el público</i>
<b>Apoyo público</b> El público apoya las decisiones y soluciones al problema promocionados por el Municipio	<ul style="list-style-type: none"> <li>● El público entiende el problema y entiende las soluciones alternativas.</li> <li>● El público es involucrado desde el inicio en el proceso para la toma de decisiones.</li> </ul>	Educación comunitaria y participación pública
<b>Cultura de pago</b> El público y el comercio local pagan responsablemente tarifas adecuadas para un buen servicio.	<ul style="list-style-type: none"> <li>● El público entiende la importancia de las soluciones y su costo.</li> <li>● El público es involucrado en el proceso para la toma de decisiones.</li> </ul>	Participación pública, educación comunitaria y transparencia financiera.
<b>Cambio de comportamiento</b> Cambio en hábitos de higiene y en actitudes referentes a la protección del agua y su calidad. Buen manejo de sistemas individuales.	<ul style="list-style-type: none"> <li>● El público entiende el problema y el cambio de comportamiento necesario, a nivel práctico.</li> </ul>	Educación comunitaria

### 5.1 Educación comunitaria

Es necesario que se lleve a cabo una intensa labor informativa y de concienciación en los usuarios para que todas las personas comprendan que un buen manejo sanitario y una buena gestión del recurso hídrico, incluye no solamente el aprovechamiento del agua limpia, sino que también el manejo adecuado y responsable después de su uso, asegurando su disponibilidad para los que viven cuenca abajo y para las futuras generaciones.

El factor económico juega un papel importante al momento de definir que tipo de estrategia se deberá utilizar en una campaña de educación. La identi-

ficación de miembros clave de la comunidad es importante, ya que educando a estos, ellos pueden convertirse en agentes diseminadores, colaborando también en los procesos para la entrega de información y materiales educativos al resto de la comunidad.

Para que una campaña educativa cumpla con sus objetivos es importante:

- Identificar **los grupos a los que se quiere educar**.
- **Identificar y definir** junto con la comunidad **las metas** que se quiere lograr. Se deben utilizar grupos de enfoque y reuniones informativas para poder encontrar no solo el nivel de conocimiento de la comunidad con relación al manejo de excretas y aguas residuales, sino también para definir objetivos reales, tiempo de duración, mecanismos y herramientas a ser utilizadas en la campaña educativa.
- Identificar y seleccionar el **material educativo** más idóneo para el grupo de personas a quien se va a educar. Considerar diferencias de métodos efectivos para diferentes grupos (e.g. de género, nivel económico, etc.).

Las metas del programa pueden incluir:

- Crear una visión de una comunidad limpia
- Educar sobre conceptos básicos de aguas residuales y su impacto en la salud y el ambiente
- Cambiar el comportamiento básico de higiene
- Eliminar el vertido de contaminantes en cuerpos de agua
- Comunicar el plan de acción municipal sobre el manejo de aguas residuales
- Promover una cultura para el pago de tarifas

Para que esta educación sea efectiva, es necesario desarrollar un programa de educación planificado. Se pueden utilizar diferentes estrategias de acuerdo al tipo de audiencia (dueños de casas, dueños de negocios, jóvenes, niños, etc.); de acuerdo al nivel de educación de la audiencia (grupo meta), se define el tipo de información que se requiere dar, etc. El aspecto cultural, costumbres y credos del grupo al que se quiere educar, deberá ser tomado muy en cuenta al momento de emprender campañas de educación.

Entre las actividades sugeridas como parte del programa de educación comunitaria están:

- Capacitar a los encargados del municipio, en manejar el programa de educación comunitaria.
- Capacitar a los maestros, en temas sobre el manejo de aguas residuales para que ellos sean agentes multiplicadores en sus escuelas.

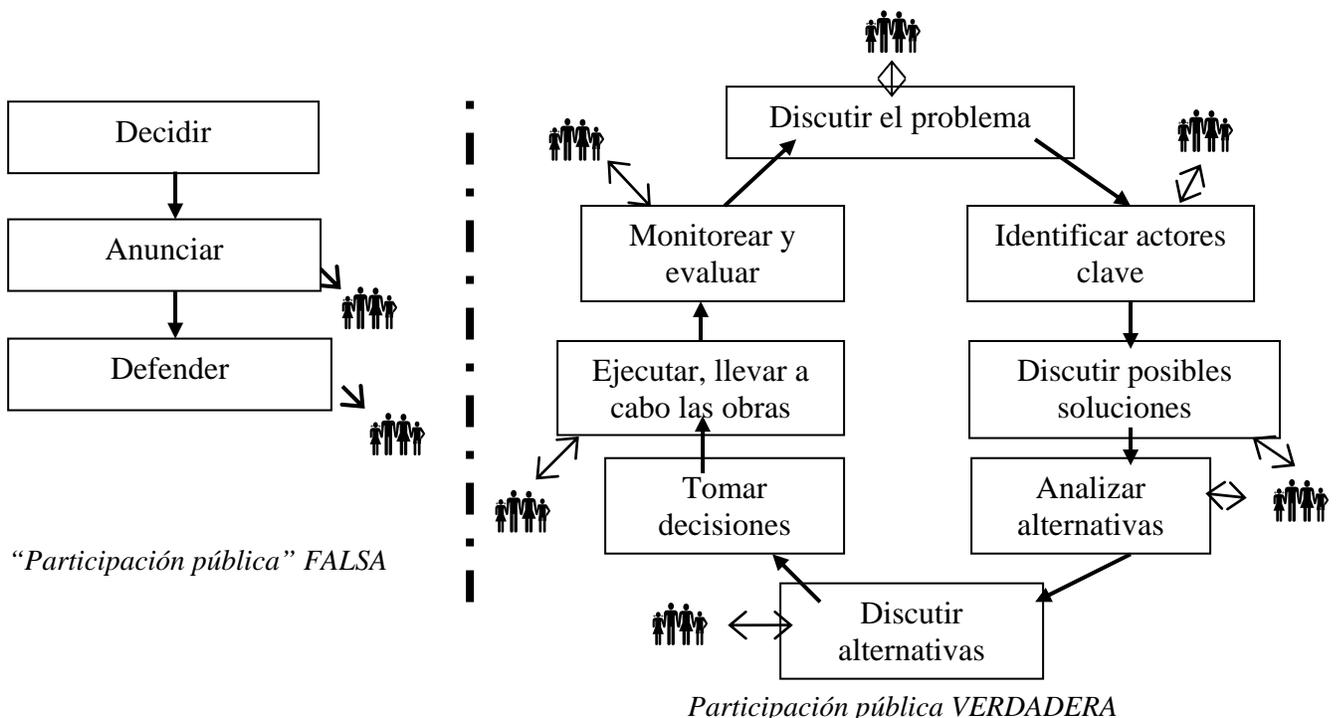
*El reto de cambiar actitudes y prácticas de la población, es un proceso que debe enfrentarse con educación formal e informal, a través de programas educativos y la movilización de las fuerzas vivas del municipio.*

Organizar charlas dirigidas a las amas de casa, quienes son las promotoras del cómo hacer las cosas en sus casas.  
 Realizar y difundir material educativo (panfletos, videos, boletines, mensajes por radio, informativos, etc.).

Un programa educativo efectivo hará que los miembros de la comunidad vayan de una falta de conocimiento a un estado de interés, para luego de eso adoptar actitudes de cambio, hasta llegar a un cambio de actitud y comportamiento total.

### 5.2 Participación pública verdadera

Muchas veces, por falta de entendimiento del concepto “participación pública verdadera” o por querer tomar decisiones rápidas, lo que es llamado “participación pública” resulta ser falso; modelo que se llama “decidir-anunciar-defender”<sup>36</sup>. El problema con utilizar este modelo es que el público no está involucrado en el análisis y toma de decisiones; por eso, las soluciones tienden a ser menos valiosas y se incrementa la posibilidad de oposición a las soluciones.



**Figura 9 - Participación pública FALSA en comparación con la participación VERDADERA**

Un programa de participación pública verdadera involucra al público desde el inicio, dando espacio al público para discutir el problema, identifica

<sup>36</sup> *Decision-Maker's Guide to Solid Waste Management, Second Edition, US-EPA 530-R-95-023, Agosto 1995*

actores clave, discute posibles soluciones, discute y da a entender las posibilidades técnicas propuestas, lleva a cabo las obras que son parte de las soluciones seleccionadas y participa en el monitoreo y evaluación de las soluciones. Refiérase a la figura 9 y al cuadro 21.

Es importante invitar e involucrar a todos los grupos clave afectados por el manejo de excretas y aguas residuales en el proceso de participación pública, incluyendo:

- los medios de comunicación
- el sector educacional
- el sector turístico
- instituciones a cargo de agua y salud
- grupos étnicos y religiosos
- los agricultores
- los pescadores
- los niños
- las mujeres; es importante reconocer que las mujeres y hombres pueden tener prioridades y puntos de vista muy diferentes.

*En Trujillo, Honduras, planes para la construcción de una planta de tratamiento para aguas residuales se pararon por discordia de la comunidad con el sitio escogido.*

**Cuadro 21: Pasos en la participación pública verdadera**

<i>Paso</i>	<i>Relación del municipio con el público</i>
Discutir el problema	Ayudar al público a entender de mejor manera el problema, sus impactos y las posibles soluciones. Estimular la discusión sobre metas e intereses del público.
Identificar actores clave	Por medio de discusión, se identifican líderes, actores clave y grupos afectados. Considerar en esto el rol de género.
Discutir posibles soluciones	Estimular la discusión sobre alternativas, incluyendo el “hacer nada”. Discutir consecuencias potenciales para los diferentes grupos.
Analizar alternativas	Después de la discusión pública, se hace un análisis técnico de los costos e implicaciones de las alternativas.
Discutir alternativas	Presentar y dar oportunidad de discusión, sobre los resultados del análisis de opciones técnicas, administrativas, educativas, etc.
Tomar decisiones	Explicar donde, cuando, y quienes tomarán la decisiones. Explicar criterios y consideraciones para la toma de decisiones.
Ejecutar, llevar a cabo las obras	Coordinar la participación del sector público en la ejecución de soluciones.
Monitorear y evaluar	Establecer procesos formales de evaluación, con oportunidades para la participación de actores clave y el público.

Adaptación de modelo “Issue-Evolution-Educational Intervention (IEEI)”<sup>37</sup>

<sup>37</sup> *Decision-Maker’s Guide to Solid Waste Management, Second Edition, US-EPA 530-R-95-023, Agosto 1995*

## CAPÍTULO 6: Aspectos financieros

La prestación de un buen servicio y la habilidad de poder extender el servicio para lograr una cobertura general, depende del buen manejo financiero y específicamente de tres puntos importantes:

- **establecer un buen manejo financiero** con una contabilidad aparte para el sistema de manejo de aguas residuales. Se deben incluir los costos totales (directos e indirectos) que la municipalidad esta incurriendo al ofrecer el servicio de aguas residuales.
- **establecer tasas y tarifas que cubran los costos** de operación, mantenimiento y, preferiblemente el capital invertido en la construcción del sistema; la realidad es que la mayoría de los fondos para construcción son en calidad de préstamo y no se puede conseguir un préstamo, sin recuperar los costos aplicando tasas y tarifas.
- **instaurar una planificación eficiente del diseño, construcción, funcionamiento y financiamiento de los servicios** que se prestan.

*En Escuintla, Guatemala, un alcalde quitó la tarifa del agua y por eso no hubo fondos para la cloración del agua. A este alcalde y varios más, se les siguió juicio por enfermedades y muertes causadas como resultado del agua contaminada. Similarmente, comunidades cuenca abajo podrían seguir juicio a los que están cuenca arriba por contaminar el recurso agua. Se debe considerar que tarifas inadecuadas tienen un alto costo para la salud y el ambiente.*

### 6.1 Instrumentos para el manejo financiero

Las municipalidades cuentan con una serie de instrumentos legales que varían dependiendo de ellas mismas y que les sirven de base para el manejo financiero y operacional de los servicios públicos:

**Ordenanzas municipales.** La mayoría de municipalidades cuentan con ordenanzas reguladoras que sirven para determinar el cobro de los servicios que prestan. Estas pueden ser modificadas por decisión del Consejo Municipal de acuerdo a la necesidad.

**Presupuesto municipal.** Se compone de las diferentes partidas presupuestarias en las cuales se detallan todos los ingresos y egresos que la municipalidad tendrá en el siguiente año. Este, se aprueba al inicio del año y se modifica solo por decisión del Consejo o Corporación Municipal. Se debe liquidar al final de cada año fiscal.

**Partidas presupuestarias.** En ellas se determinan todos los costos del sistema, y ningún gasto puede efectuarse si no está previamente contemplado en una partida presupuestaria. El presupuesto, debe estar totalmente equilibrado en cuanto a los ingresos y egresos para que el sistema disponga de fondos suficientes para cubrir sus necesidades.

**Sistema administrativo.** Toda administración eficaz y eficiente debe tener un sistema administrativo establecido. Este debe contar con sus respectivos manuales de funciones y responsabilidades, perfiles de personal, organi-

grama, definición de responsabilidades, etc. Cada municipalidad debe contar con su propio sistema administrativo, de acuerdo a las características propias de la misma municipalidad.

**Sistema de cobro.** Basándose en los servicios que presta y a los impuestos aprobados, cada municipalidad debe contar con su propio sistema de cobros: recibos propios, cobradores, un servicio básico para efectuar el cobro, etc..

El cobro de los servicios prestados a través del recibo de agua, en conjunto con mecanismos legales para el corte de servicios si no se pagan, se ha empleado con éxito para reducir la morosidad.

**Catastro actualizado.** Tener el catastro actualizado es de suma importancia pues es la base para un control eficiente de los cobros por servicios e impuestos municipales.

**Sistema contable.** El objetivo primordial de este sistema es llevar el control de todos los gastos de todas las operaciones que se realizan en el municipio en un determinado año fiscal y que han sido previamente aprobadas e incorporadas en el presupuesto municipal.

**Planificación de los servicios.** Los servicios públicos deben ser planificados adecuadamente, es decir, debe existir una planificación desde el diseño de ellos, construcción, forma y costos de operación, cobertura, mantenimiento, etc. La falta de una planificación adecuada de los servicios produce, casi siempre que se desconozca el costo real del sistema. Una planificación adecuada requiere de metas concisas sin omitir ningún detalle, pues es necesario demostrar a los usuarios de estos servicios, el costo y su relación con las tarifas de cobro por esos mismos servicios.

## 6.2 Opciones de financiamiento para construcción

Existen varios mecanismos para el financiamiento de la construcción de la infraestructura necesaria para prestar servicios municipales que se pueden utilizar en forma combinada:

**Financiamiento directo por los usuarios.** Es una política recomendable, exigir el pago de una porción del costo de construcción directamente a los usuarios. Un ejemplo, para áreas urbanas es exigir que nuevas urbanizaciones o construyen una red de alcantarillado, con tratamiento para las aguas residuales o pagan una cantidad equivalente a un fondo para la provisión de

*“Ahora hay evidencias significativas que... las familias pobres y de bajos ingresos están dispuestos a pagar por recibir servicios de saneamiento a nivel domiciliario, aún ante las opciones más costosas, siempre y cuando los servicios respondan a sus necesidades específicas.”<sup>32</sup>*

<sup>38</sup> EHP - Environmental Health Project. Mejoramiento del saneamiento en las ciudades pequeñas de América Latina y el Caribe. Metodología práctica para diseñar un plan de saneamiento sostenible, USAID, Washington DC, 2002.

este servicio por la municipalidad. Un ejemplo, en áreas rurales, es exigir que cada familia contribuya con la construcción de una fosa de absorción como condición para acceder a su conexión al sistema de suministro de agua. Una carta de compromiso para la construcción de una fosa de absorción ha sido utilizada con éxito en áreas rurales de El Salvador, se incluye copia en los anexos. Es importante tener mecanismos que permitan el pago de cuotas por un tiempo, hasta alcanzar el pago total de la deuda.

**Financiamiento con la aplicación de micro-créditos para hogares.** En Honduras, India, Bangladesh y Pakistán, se ha utilizado el micro-crédito como fuente para el financiamiento de sistemas de saneamiento individual. El uso de intermediarios micro-financieros especializados para proveer el crédito requerido para contar con los servicios de agua y saneamiento, es una estrategia que se debe considerar para mejorar la cobertura de servicios en áreas de bajos ingresos, sean urbanas, peri-urbanas, o rurales.<sup>39</sup>

**Financiamiento directo por la municipalidad.** Esto sucede cuando las municipalidades utilizan recursos propios para estas inversiones y planean su recuperación a través del cobro de dichos servicios. Para ello, es necesario tener claro el costo real por la prestación de los servicios, a los cuales se le adiciona una cuota por recuperación de la inversión realizada. Para lograr esta recuperación, es necesario calcular la recuperación de la inversión en un plazo no mayor a la vida útil de las obras ejecutadas.

**Financiamiento por medio de transferencias.** Generalmente las transferencias directas provenientes del gobierno central tienen carácter de “no reembolsables” y son de dos tipos:

aportes provenientes del gobierno central a la municipalidad para un fin específico; estas transferencias son para una inversión específica y necesaria y cuyo resultado final es la prestación de un servicio. Tales como, la construcción de un mercado, el arreglo o pavimentación de una carretera, el alumbrado público de una calle, etc.. Aunque sean de carácter “no reembolsable”, es necesario buscar la recuperación total o parcial de esa inversión, porque más adelante, después de la vida útil de las obras, es posible que no sea tan fácil volver a ubicar otros fondos del gobierno central.

transferencias dadas a las municipalidades en cumplimiento a una ley, y provienen del presupuesto general de la Nación en forma de un porcentaje de los ingresos corrientes del Estado. El uso de estos

*El banco SEWA (asociación de mujeres auto-contratadas, por sus siglas en inglés) en Ahmadabad, India, tiene como una buena práctica el financiamiento de letrinas y alcantarillado, por medio de pagos a cuotas adelantadas por las beneficiarias. El banco pone el dinero de las cuotas en una cuenta; los usuarios tienen la garantía de que si no se construye el proyecto, el banco les devolverá la plata.*

<sup>39</sup> EHP - Environmental Health Project. Mejoramiento del saneamiento en las ciudades pequeñas de América Latina y el Caribe. Metodología práctica para diseñar un plan de saneamiento sostenible, USAID, Washington DC, 2002.

fondos es a discreción de las municipalidades, de acuerdo a la priorización de sus inversiones. También es necesario aclarar que la ley específica el porcentaje de esos fondos que deben utilizarse para inversiones y lo correspondiente para cubrir gastos corrientes de la municipalidad.

**Financiamiento por medio de préstamos.** Algunas municipalidades cumplen con las características requeridas por los bancos locales para la obtención de financiamiento y pueden hacer uso de ello para llevar adelante la construcción de las obras de infraestructuras necesarias para los servicios públicos.

En este caso, la recuperación de la inversión debe planificarse de acuerdo al plazo estipulado por la institución financiera para el pago de la deuda, más los intereses o costos financieros inherentes a dicho préstamo.

Es recomendable involucrar al sector público desde el inicio, para que se identifiquen con el proceso y comprendan que la inversión se hace para aliviar sus necesidades, de una manera eficaz y eficiente y que están pagando el precio justo por dicho servicio.

**Financiamiento externo.** Existen instituciones de cooperación externa que apoyan el desarrollo en nuestros países y financian, por medio de fondos “no reembolsables” o financiamientos blandos o de bajo costo. Los cuales son, por lo general, a largo plazo para la construcción de obras destinadas al servicio público.

Para efectuar alguna gestión financiera, con cualquiera de estas instituciones, es necesario preparar un proyecto. Normalmente esa institución exigirá, entre otros requisitos, la sustentabilidad, el mantenimiento y la recuperación de la inversión, para lo cual la municipalidad debe demostrar que cumplirá con esas condiciones.

Para el caso donde la institución financiera solicite “garantía soberana” por parte del estado, es necesario que dicho financiamiento sea aprobado por la Asamblea Legislativa y el mismo sea garantizado por las finanzas del Estado.

**Financiamiento por medio de concesiones o “terciarización”.** Algunas veces, el municipio puede “concesionar” o “terciarizar” un servicio, estableciendo un contrato, por medio del cual, el concesionario hace la inversión necesaria para ese determinado servicio, con fondos propios, de acuerdo a un diseño establecido en común acuerdo con la municipalidad. El contratista opera el servicio, es decir recupera su inversión, en un período determinado y con tarifas que se han previamente establecido en el contrato de concesión.

### ***6.3 Opciones de financiamiento para la operación de los sistemas***

Los costos de operación del sistema, pueden ser cubiertos internamente por la municipalidad, por medio del sector privado o por recursos mixtos.

**Recursos de la municipalidad.** Por lo general, cuando los sistemas son operados directamente por la municipalidad, se encuentra que administrativamente se desconoce el costo real del servicio y en consecuencia los servicios están subsidiados. La formación de una corporación municipal puede mejorar la eficiencia del manejo y otra opción es contratar los servicios para la operación con el sector privado.

**Recursos del sector privado.** El sector privado está interesado en la prestación de los servicios públicos municipales, siempre y cuando, le represente un beneficio a su inversión. Financiamiento para los trabajos de operación por el sector privado, implica operación del sistema por ellos mismos; por medio de concesión o franquicia.

**Recursos mixtos.** Con la formación de una sociedad mercantil, de economía mixta, se puede financiar la operación y las inversiones de capital, de los sistemas para el tratamiento integral de las aguas residuales, con capital accionario de la municipalidad y del sector privado.

Sean recursos administrados por la municipalidad o por el sector privado, las tarifas a establecer y cobrar a los usuarios deben cubrir los gastos de operación del sistema.

### ***6.4 Tarifas***

Para establecer las tarifas por los servicios públicos prestados, es necesario conocer cuanto se debe cobrar a cada domicilio, comercio o industria por la prestación de los servicios. La tarifa debe cubrir todos los costos que se involucran en la prestación de un servicio y por supuesto no debe generar pérdida.

La tarifa debería cubrir, por lo mínimo, los costos de los siguientes rubros:

- Sueldos y salarios del personal
- Costos de transporte (gasolina, reparación, depreciación de equipos, compra de nuevos equipos, etc.)
- Costo de operación y monitoreo del sistema de recolección y disposición (incluyendo los análisis para el control de calidad)
- Participación pública y educación comunitaria
- Planificación, diseño y búsqueda de financiamiento para infraestructura
- Mantenimiento de infraestructura (edificios, caminos, etc.)
- Otros gastos administrativos (cobro de tarifas)

- Morosidad (nunca el 100% de los usuarios paga; los que pagan tienen que cubrir todos los costos)

Idealmente, la tarifa también cubriría costos para:

- Financiamiento de la infraestructura (capital e intereses)
- Imprevistos
- Ganancias (si es el sector privado el que provee el financiamiento)

El costo de los servicios no debe ser una tasa encontrada por prueba y error, si no por cálculo de los costos reales a cubrir, y determinando tarifas relacionados al volumen y carga contaminante de aguas residuales producidos. Refiérase al documento “Guía Metodológica para Determinar Resultados Financieros y Tasas por la Prestación de Servicios Municipales” de PROARCA / SIGMA”. Un buen sistema de tarifas toma en cuenta las siguientes consideraciones:

- Buena contabilidad: se debe mantener una contabilidad separada para el servicio de manejo de aguas residuales, incluyendo los gastos antes mencionados.
- Información actualizada sobre usuarios: como mínimo, se debe actualizar el catastro cada cinco años e idealmente cada dos años.
- Cobro al sector privado, de acuerdo a la generación de aguas residuales: la manera más sencilla de estimar la generación de aguas residuales es cobrar según sea el uso de agua, estimando que las aguas residuales se generan en proporción al suministro de agua.
- Subsidios al sector de baja condición socio-económica: la realidad de los municipios Centroamericanos es que algunas familias no tienen los ingresos necesarios para pagar los servicios básicos municipales. Encuestas dirigidas a los usuarios, pueden determinar el monto promedio que todos pueden pagar. Se establecen entonces políticas de reducir las tarifas para el sector del nivel socio-económico bajo. Se calcula la tarifa de los otros residentes tomando en cuenta estos subsidios. Es importante limitar la determinación de altas tasas de subsidio, para no crear un sistema no-sostenible, considerando también incentivos económicos implícitos al servir a los sectores de alto nivel socio-económico y no a los de bajo nivel socio-económico.

## ANEXOS

### 1 - Recursos técnicos

#### *Guías sencillas, en español:*

Estas guías sencillas se recomiendan para educación comunitaria y re-uso de aguas:

- Manejo de los desechos sólidos y líquidos. Volumen 2, Proyecto Agua, USAID, Consorcio CARE - SalvaNATURA - FUNDAMUNI, SACDEL, San Salvador, 2001.
- Entonces ... ahora usted tiene un sistema séptico. National Small Flow Clearinghouse, Agencia de protección de medio ambiente, EEUU (US-EPA), [www.nsfcwvu.edu](http://www.nsfcwvu.edu)
- Guía informativa sobre tratamiento de aguas negras, USAID, San Salvador, Oct. 2000.
- Guía informativa sobre sistemas pequeños de tratamiento de aguas negras. USAID, San Salvador, Octubre 2000.
- Sistemas integrados de tratamiento y uso de aguas residuales en América Latina: Realidad y Potencial; Guía para la formulación de proyectos. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, OPS y CEPIS, Lima, 2002.

#### *Información técnica:*

Se recomienda consultar el sitio Web o “portal electrónico” del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente: <http://www.cepis.ops-oms.org/>. Esta biblioteca electrónica es un excelente recurso para información general, estudios, y guías técnicas. En adición, el siguiente limitado listado representa recursos claves que los autores recomiendan para una biblioteca técnica sobre los temas analizados en este manual:

- Alcantarillado de flujo decantado. Ministerio de Desarrollo Económico, República de Colombia, Octubre 1995.
- Depuración de aguas residuales. Prof. Dr. Ing. Aurelio Hernández Muñoz. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos Madrid, España, 4ta. Edición, Abril 1998.
- Emergencias y desastres en sistemas de agua potable y saneamiento: Guía para una respuesta eficaz. Organización Panamericana de la Salud (OPS), Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (AIDIS), OPS, 2001.
- Ingeniería de aguas residuales; tratamiento, vertido y reutilización. Metcalf & Eddy, Editorial McGraw Hill México, 1996.
- Lagunas de estabilización para tratamiento de aguas negras: Las experiencias de Honduras, Nicaragua, El Salvador y Guatemala. S. Oakley, Universidad Estatal de Chico, CA, 1998.
- Lagunas de estabilización, teoría, diseño, evaluación y mantenimiento. Fabián Yáñez Cossío Ph. D. Empresa Pública Municipal de Teléfono, Agua Potable y Alcantarillado de Cuenca, Ecuador, 1993.
- Manual de diseño de estaciones depuradoras de agua residual. Aurelio Hernández Lehmann. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos Madrid, España, 1997.
- Sistemas de lagunas de estabilización. Sérgio R. Mendonça, McGraw Hill, Colombia, 2001.
- Manual de disposición de aguas residuales. Origen, descarga, tratamiento y análisis de las aguas residuales, OPS/ CEPIS, Coop. Técnica Rep. Fed. de Alemania GTZ, Lima, 2002.

## 2 - Ejemplos relacionados a proyectos centroamericanos

No hay comparación, con lo que se puede aprender de la experiencia de otros. La lista de proyectos a tomar como ejemplos incluidos aquí, representa una variedad de experiencias en ciudades de diferentes tamaños y con soluciones variadas. Es difícil encontrar proyectos que sirvan a toda la ciudad, con modelos institucionales buenos, tecnologías apropiadas y que estén funcionando en forma continua, con financiamiento sustentable y buena participación comunitaria, así que la mayoría de los proyectos que se presentan adelante carecen de una o más de estas características, pero todos tienen algún aspecto ejemplar o reproducible, descrito en el cuadro.

<i>Municipalidad</i>	<i>País</i>	<i>Población servida</i>	<i>Resumen de aspectos clave reproducibles para el tratamiento de aguas residuales</i>
Choloma	Honduras	8 402 viviendas	Lagunas
Choluteca	Honduras	3 848 viviendas	Lagunas. Operado por una corporación municipal: Aguas de Choluteca.
Estelí	Nicaragua	40 000 habitantes (aproximadamente 6 600 viviendas)	Tres módulos paralelos de lagunas facultativas (primaria y secundaria). El sistema es administrado y operado por la Empresa nicaragüense de acueductos y alcantarillados (ENACAL).
Jocotillo	El Salvador	600 viviendas	Alcantarillado tradicional. Laguna facultativa con re-uso de aguas. Centro de visitas. Inaugurado en Febrero 2003.
La Unión	El Salvador	75 viviendas	Filtros de arena con recirculación del tratamiento secundario con re-uso de agua en una cancha de fútbol.
Masaya	Nicaragua	1000 habitantes (aproximadamente 160 viviendas).	Consiste en un Tanque Imhoff y 4 biofiltros (humedales) en paralelo (“Subsurface flow wetland SFW”), sembrados con diferentes plantas de pantano. El efluente tiene una excelente calidad (< 10 mg/L de DBO y entre 25 – 35 mg/L de DQO). El sistema esta administrado por el Proyecto BIOMASA–UNI, con fondos de la Cooperación Técnica Austriaca, con ENACAL como contraparte.
Ocotal	Nicaragua	4 200 habitantes (aproximadamente 700 viviendas)	Nueve (9) módulos de fosas sépticas de doble cámara, seguidas de filtro anaeróbico de flujo ascendente. Sólo se encuentran en operación de módulos. El sistema es administrado y operado por la ENACAL.
Puerto Barrios	Guatemala	35 viviendas	Alcantarillado sin arrastre de sólidos con dos plantas piloto dentro de una área urbana. Filtros de arena con recirculación del tratamiento secundario.
San Juan Talpa	El Salvador	600 viviendas	Filtros biológicos con flujo por gravedad. Operado por la municipalidad.
San Rafael	El Salvador	80 viviendas	Alcantarillado descentralizado. Dos procesos: 1) filtro biológico y 2) humedales con re-uso de aguas y lodos. Centro de visitas.
Suchitoto	El Salvador	10 000 habitantes (~ 2000 viviendas)	Filtros biológicos con flujo por gravedad. Operado por EMASA: Empresa municipal administrador Suchitoto de acueductos y alcantarillados. El alumbrado para la caseta es por paneles solares.

### 3 - Modelo de la carta para el compromiso de los beneficiarios del servicio de agua, para la construcción de una fosa de absorción

Yo; \_\_\_\_\_ con cédula de identidad personal No. \_\_\_\_\_ del grupo de trabajo No. \_\_\_\_\_ del sub proyecto de Fosas de Absorción para el tratamiento domiciliario de las aguas residuales del Caserío \_\_\_\_\_, y como beneficiario(a) del mismo, **me comprometo** ante el (organización donante) \_\_\_\_\_, y comité de agua, a realizar las siguientes actividades para la construcción de mi foso resumidero:

1. Construir por mi propia cuenta el foso (hoyo) del resumidero, de acuerdo a los lineamientos proporcionados por los técnicos responsables.
2. Proporcionar un ayudante al albañil en todo el proceso que requiera la construcción del foso resumidero.
3. Realizar el acarreo de materiales desde el centro de acopio a mi hogar.
4. Proporcionar materiales locales (agua, piedra, otros) que sean necesarios y en todo caso cumplir con los materiales especificados en el Convenio de este sub proyecto.
5. Devolver los materiales sobrantes después de construido mi foso resumidero.
6. Asistir y recibir las capacitaciones sobre el uso y mantenimiento correcto del foso.
7. Darle el uso y mantenimiento correcto para que no genere malos olores o criaderos de insectos, que perjudiquen la salud de mi hogar y la de mis vecinos de la comunidad.
8. Si por motivos personales no pudiese realizar la construcción de mi fosa en el tiempo estipulado, me comprometo a devolver los materiales o pagar su equivalente.
9. Me comprometo a reponer aquellos materiales que se me asignaron y se perdieron.

Después de lo dispuesto anteriormente, doy fe con mi huella o firma, a los \_\_\_\_\_ días del mes de \_\_\_\_\_ del \_\_\_\_\_, en el Caserío \_\_\_\_\_, Cantón \_\_\_\_\_ del Municipio de \_\_\_\_\_, Departamento de \_\_\_\_\_.

---

Nombre del beneficiario

Nombre del miembro del  
Comité de AGUA

Organización donante



**Este formulario fue desarrollado bajo el proyecto:**  
AGUA, CONSORCIO CARE – *Salva*NATURA – FUNDAMUNI – SACDEL  
USAID, El Salvador

#### 4 - Formulario de auto-evaluación de manejo integral de aguas residuales

A continuar, se incluye una tabla de auto-evaluación de manejo integral de aguas residuales, lo cual pretende valorar aspectos gerenciales y técnicos y servir como herramienta para estimular una mejor auto-gestión de algunos aspectos dentro del control de la municipalidad, así como conocimiento de datos básicos e involucramiento de la sociedad civil. Para utilizar el formulario, estimar calificaciones para cada parámetro, y sumar el total. Algunos parámetros, de mayor importancia, tienen un valor total más alto que otros. Se recomienda actualizar la auto-evaluación cada 6 meses.

Condición	Valor a usar	Fecha 1: __	Fecha 2: __	Fecha 3: __	Valor máximo
<b>Conocimiento de los datos básicos</b>					
<u>- Actualización del catastro:</u> Hace menos de 5 años/hace mas de 5 años	2/0				2
<u>- Actualización de datos demográficos:</u> últimos 5 años/valores no actualizados/se desconocen	2/1/0				2
<u>- Planos cartográficos, actualización:</u> últimos 5 años/no están actualizados/no existen	2/1/0				2
<u>- Producción y características de las aguas residuales generados:</u> Se conocen datos de caudales y calidad de industrias grandes y municipalidad en total / no hay valores completos / se desconocen los datos	2/1/0				2
<u>- Calidad de aguas públicas:</u> Se conocen las características de contaminación de las aguas públicas mas importantes cuenca arriba y cuenca debajo de la población: muy bien / mas o menos / no	3/1/0				2
<u>- Salud:</u> datos básicos de parasitosis y enfermedades gastroentéricos de la municipalidad: buenos / mas o menos / no existen	4/2/0				2
<u>- Higiene:</u> datos sobre comportamiento de población en el tema: buenos / mas o menos / no existen	2/1/0				<u>2</u> 14
<b>Salud y ambiente</b>					
-¿Niveles de enfermedades parasiticos / gastro-enteritis en comparación a promedio nacional? (bajo / promedio / alto)	4 / 2 / 0				4
-¿Comportamiento de higiene?(bueno / malo)	4 / 0				4
- ¿Se encuentran aguas residuales estancados en áreas de acceso público? (si / no)	0 / 4				4
- ¿Se descargan excretas o aguas o lodos sin tratar a cuerpos de agua recreativos o de uso humano cuenca abajo? No / raramente / frecuentemente	4 / 2 / 0				<u>4</u> 16
<b>Planificación</b>					
- ¿La planificación para aguas residuales esta ligada a la planificación para agua potable? Sí/no	4/0				4

Condición	Valor a usar	Fecha 1: __	Fecha 2: __	Fecha 3: __	Valor máximo
- ¿Existe un plan maestro de manejo de excretas y aguas residuales? Sí/no	4/0				<u>4</u> 8
<b>Gerencia</b>					
-¿Las responsabilidades del personal están definidas? Sí/ no	2/0 2/0				2 2
-¿Los gerentes y operadores del sistema de alcantarillado y tratamiento han recibido capacitación? Sí/no	2/0				2
-¿Existe una contabilidad clara de los costos?	4/2/0				4
-Nivel del subsidio de operación (100% - ingresos/gastos) Menos de 10% / Entre el 10 y 40% / Más de 40%	1/0				1
-¿Tiene un sistema de inspección y evaluación? Si /no	1/0				1
¿Se monitorea la calidad del efluente? Nunca/ cada año / cada 3 meses	0/1/2				2
<u>- La reglamentación incluye:</u>					
▪ Organización y funciones del servicio	1				1
▪ Obligaciones de los generadores, prohibiciones, infracciones y sanciones, y pago de tarifas	1				1
▪ Pre-tratamiento y manejo de elementos peligrosos	1				<u>1</u>
					17
<b>Servicio de alcantarillado</b>					
-¿Qué porcentaje de la población recibe el servicio de alcantarillado o tiene un sistema individual apropiado? Entre 40% y 60% / 60% y 80% / 80% y 90% / Mas de 90%	2/4/6/8				8
- ¿Se inundan las calles con aguas residuales? Frecuentemente / de vez en cuando / nunca	0 / 2 / 3				3
- Existe un problema de conexiones ilícitas de aguas lluvias? (grave = 0, mas o menos = 2, no = 4)	0 / 2 / 4				<u>4</u> 15
<b>Tratamiento</b>					
- ¿Para que porcentaje de la población existe infraestructura para tratamiento apropiados de excretas y aguas residuales? < 20%, entre 20 y 40%, entre 40 y 60%, entre 60 y 80%, mas de 80%	0/2/4/ 6/8				8
-¿La infraestructura esta funcionando? Si / no	4 / 0				4
- ¿El tratamiento esta funcionando en cumplimiento con normas establecidas? Sí/no	4 / 0				<u>4</u> 16
<b>Participación y apoyo público</b>					
-¿Existe un programa continuo de participación pública?	0/2				2
-¿Existe un programa de educación pública?	0/2				2
- Resultado de encuesta: satisfacción > 80%	0/2				2
- <u>Morosidad: ingresos año pasado/(usuarios x tarifa mensual x 12):</u> < de 60% / Entre 60% y 80% / > 80%	0/4/8				<u>8</u> 14
<b>Total</b>					100

## 5 - Diccionario de términos relacionados a aguas residuales

<i>Término en español</i>	<i>Definición</i>	<i>Término en inglés</i>
Acuicultura	Conjunto de técnicas para el aprovechamiento de los recursos acuáticos: marinos o fluviales (fauna y flora).	Aquaculture
Afluente	Se entiende como el caudal de agua que entra a una unidad de tratamiento o al sistema de tratamiento	Influent
Aglomerante	Material capaz de unir fragmentos de una o varias sustancias, para dar cohesión al conjunto, provocando efectos exclusivamente físicos.	Coagulant
Aguas grises	Es el agua residual producida por lavaderos, duchas, pilas, etc., su característica principal es que contiene grandes cantidades de jabón.	Grey water
Aguas negras domésticas	Estas son las producidas por los inodoros y mingitorios (orinales) contienen sólidos y elementos patógenos que son expulsados por el cuerpo humano.	Domestic wastewater
Aguas residuales	Es el agua que se genera después de ser utilizada por el ser humano, a esta se le ha agregado una serie de contaminantes nocivos para la salud y el ambiente.	Wastewater
Aguas residuales domésticas	Líquidos provenientes de viviendas y edificios comerciales e institucionales que son conducidos por medio de una red de alcantarillado hacia una planta de tratamiento.	Domestic wastewater
Aguas residuales municipales	Residuos líquidos transportados por el alcantarillado de una ciudad o población y preferiblemente tratados en una planta de tratamiento municipal.	Municipal wastewater
Aguas servidas	Otra expresión que se utiliza para aguas residuales.	Wastewater
Aminoácido	Sustancia química orgánica, cuya composición molecular consta de un grupo amínico y otro carboxílico. Subunidad de las proteínas.	Amino acid
Bacteria	Organismo unicelular, microscópico que no necesita luz para sus procesos de vida.	Bacteria
Biodegradable	Sustancias susceptibles de sufrir procesos por medio de los cuales los compuestos químicos son reducidos o simplificados por la acción de organismos vivos.	Biodegradable
Biomasa	Masa del conjunto de organismos que viven en un medio determinado.	Biomass
Cajas de registro	Tienen la misma función que un pozo de visita, la diferencia es que estas cajas se utilizan para alturas menores a 1,0 metro. Generalmente, las construyen con bloque pómez, aunque también se utiliza el ladrillo “tayuyo”, son estructuras cuadradas de 1,0 metro de longitud interna.	Access hole
Cloacas	Termino con el cual se le conoce al alcantarillado para las aguas residuales o aguas servidas	Sewer
Simbiosis	Seres vivos que viven y se alimentan junto a otros sin daño para éstos.	Symbiosis
Condiciones eutróficas	Condiciones en un cuerpo de agua, caracterizada por una cantidad grande de algas, baja transparencia del agua, cero oxígeno disuelto en las capas profundas, en el verano y de grandes depósitos orgánicos de color marrón o negro.	Eutrophic conditions
Conexiones domiciliarias	Estas unidades sirven para conectar las aguas residuales de la vivienda hacia el colector principal, generalmente se debe instalar	Household connections

<i><b>Término en español</b></i>	<i><b>Definición</b></i>	<i><b>Término en inglés</b></i>
	una por vivienda y debe colocarse en la calle, para permitir las inspecciones de rutina.	
Contaminación	La presencia o introducción al ambiente de elementos nocivos a la vida, la flora o la fauna o que degradan la calidad de la atmósfera, del agua, del suelo o de los bienes y recursos naturales en general.	Contamination
Contaminación ambiental	Degradación del ambiente causada por el vertimiento de productos tóxicos, provocados por la actividad humana.	Environmental contamination
Control ambiental	La fiscalización, seguimiento y aplicación de medidas para la conservación del ambiente.	Environmental management
Cuerpo receptor	Accidente geográfico en el cual son vertidas las aguas residuales.	Receiving water body
DBO: demanda bioquímica de oxígeno	Una medida para la determinación de la contaminación orgánica. El método mide la cantidad de oxígeno disuelto requerido para que microorganismos oxiden materia orgánica en un período de tiempo (normalmente 5 días) a 20°C	BOD: Biochemical Oxygen Demand
DQO: demanda química de oxígeno	Una medida para la determinación de la contaminación orgánica. El método aplica una reacción química a temperatura elevada y demora aproximadamente 3 horas. Es la cantidad de oxígeno requerida para degradar materia orgánica por acción microbiológica y química.	COD: Chemical Oxygen Demand
Desarrollo sustentable	Es el mejoramiento en la calidad de vida, de las presentes generaciones, considerando impactos sociales, económicos y ambientales de nuestras acciones, sin menoscabo de lo que será la calidad de vida de las futuras generaciones.	Sustainable development
Efluente	Se entiende como el caudal de agua que sale de una unidad de tratamiento o del sistema de tratamiento	Effluent
Estudio de impacto ambiental	Es el estudio técnico, interdisciplinario, que describe las características de un proyecto o actividad que se pretenda llevar a cabo o su modificación. Esta destinado a identificar, valorar y corregir las consecuencias o efectos ambientales que la actividad puede causar sobre la calidad de vida del hombre y su entorno.	Environmental Impact Study (EIS)
Eutroficación	Un proceso de envejecimiento de un lago, a veces natural, pero a veces por el impacto negativo de la actividad humana. El agua es enriquecida con materia orgánica y nutrientes, el lago se llena de plantas acuáticas, se transforma en “swampo” y eventualmente se seca.	Eutrophication
Evaluación de impacto ambiental (EIA)	Se entiende por evaluación de impacto ambiental (EIA) el instrumento de política y gestión ambiental, formado por el conjunto de procedimientos, estudios y sistemas técnicos que permiten estimar los efectos que provocaría la ejecución de una determinada obra, actividad o proyecto puedan causar sobre el ambiente. <sup>40</sup>	Environmental Impact Assessment (EIA)
Excrementos	Excremento del tracto gastrointestinal, consistiendo en residuos de la digestión alimentaria y acción bacteriológica.	Excrement
Fango	Otra palabra utilizada igual que lodos (e.g. “fango activado”).	Sludge
Fecal	De o relacionado a excrementos.	Fecal

<sup>40</sup> <http://www.eco90antofagasta.cl/glosario.html>

<b><i>Término en español</i></b>	<b><i>Definición</i></b>	<b><i>Término en inglés</i></b>
Fermentar	Proceso químico anaerobio producido por la acción de un fermento, que aparece íntegramente al final de la serie de reacciones químicas sin haberse modificado.	Ferment
Gestión pública ambiental	Todas las actividades o mandatos legales que realiza o ejecuta el Estado o las municipalidades en relación al medio ambiente con consecuencia o impacto en el mismo.	Public Environmental Administration
Helminto	Gusano parásito del intestino del hombre y de los animales.	Helminthes
Hidráulico	Operado, movido o efectuado por medio del agua.	Hydraulic
Hidrolizar	Desdoblamiento de la molécula de ciertos compuestos orgánicos, ya por exceso de agua o por la presencia de una cantidad de fermento o de ácido.	Hydrolyze
Impacto ambiental	Cualquier alteración significativa, positiva o negativa, de uno o más de los componentes del ambiente, provocados por acción humana o fenómenos naturales, en una área de influencia definida.	Environmental impact
Infiltración	Entrada de agua subterránea al sistema de recolección a través de uniones de tubería, paredes de las alcantarillas o tubería que ha fallado.	Infiltration
Inhibidor	Proceso o elemento que disminuye la velocidad de una reacción.	Inhibitor
Lodos	Se conoce como lodos a todas las partículas sólidas (en estado pastoso) existentes en las aguas residuales y que han sido sedimentadas por medio de un proceso de tratamiento físico.	Sludge
Lodos activados	Se trata de un proceso aeróbico en el que partículas gelatinosas de lodo quedan suspendidas en un tanque de aireación y reciben oxígeno. Las partículas de lodo activado, llamadas floc, están compuestas por millones de bacterias en crecimiento activo, aglutinadas por una sustancia gelatinosa. El floc absorbe la materia orgánica y la convierte en productos aeróbicos. La reducción de la DBO <sub>5</sub> fluctúa entre el 60 y el 85 por ciento. <sup>41</sup>	Activated sludge
Manto freático	Agua subterránea que alimenta los pozos y que a su vez se alimenta con la infiltración del agua de lluvia, en las diferentes capas de suelo.	Groundwater
Material coloidal	Material formado por procesos químicos de partículas pequeñas (milimicras a decimicras) que existen en el agua residual.	Colloidal material
Medio ambiente	El sistema de elementos bióticos (organismos vivos), abióticos (minerales, suelos), socioeconómicos, culturales y estéticos que interactúan entre sí, con los individuos y con la comunidad en la que viven, determinando su relación y sobrevivencia, en el tiempo y el espacio.	Environment
Metabolizar	Conjunto de reacciones bioquímicas que se producen en todo ser vivo mediante las cuales se elaboran ciertas sustancias o se degradan, liberando energía.	Metabolize
Natas	Sustancia espesa de líquidos que sobrenada en ellos.	Floating material

<sup>41</sup> "Depuración de aguas," *Enciclopedia Microsoft® Encarta® 2000*. © 1993-1999 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.

<i><b>Término en español</b></i>	<i><b>Definición</b></i>	<i><b>Término en inglés</b></i>
Oxidación	Fijación de oxígeno por un elemento o pérdida de electrones por este elemento.	Oxidation
OD: oxígeno disuelto	Una medida de la cantidad de oxígeno disuelto en una muestra de agua. Es preferible tomar esta medida in situ.	DO: Dissolved Oxygen
Patógenos	Microorganismos que originan y desarrollan las enfermedades.	Pathogens
Parásito	Organismo animal, vegetal o microorganismo que vive sobre otro ser vivo o dentro de él y a expensas del cual se nutre	Parasite
Permiso ambiental	Acto administrativo por medio del cual el Ministerio del Ambiente, de acuerdo a la Ley del Ambiente y su reglamento, a solicitud del titular de una actividad, obra o proyecto, autoriza a que éstas se realicen, sujetas al cumplimiento de las condiciones que este acto establezca.	Environmental Permit
Pozo de absorción	Elemento estructural construido para infiltrar el agua al subsuelo.	Absorption pit
Pozos de visita	Son las estructuras de registro más conocidas y utilizadas. Son cilíndricas en la base y cónicas en la parte superior.	Manholes or Maintenance holes
Quistes	Una etapa en el ciclo de vida de los protozoos (parásitos).	Cysts
Recursos naturales	Elementos naturales que el hombre puede aprovechar para satisfacer sus necesidades económicas, sociales y culturales.	Natural resources
Registros	Los registros son estructuras construidas en el sistema de alcantarillado, tienen varias funciones: unir la tubería en boca calles, acceso para inspecciones a los drenajes y acceso para mantenimiento y limpieza de los sistemas. Estas estructuras se deben colocar a una distancia no mayor a 100 metros, de diferencia entre cada uno.	Manholes or Maintenance holes
Saneamiento	Los principios y prácticas de la higiene relacionadas con la recolección, eliminación o disposición segura de los excrementos humanos y las aguas servidas.	Sanitation
Séptico	Podrido, de mal olor, anaeróbico	Septic
Silvicultura	Cuidado de los bosques, orientado a obtener el máximo rendimiento sostenido de sus recursos y beneficios; comprende la conservación de hábitats y la protección de cuencas.	Forestry
Sostenibilidad	Es el aspecto de una actividad que se haya diseñado para considerar sus impactos sociales, económicos y ambientales; y que cumple con sus metas porque tiene forma de mantenerse económica e institucionalmente.	Sustainability
SS: sólidos sedimentables	Los sólidos (mg/L) de tamaño y peso suficiente para asentarse, cuando se dejan reposar durante un tiempo.	SS: Settleable Solids
ST: sólidos totales	La cantidad de sólidos (mg/L) que se encuentran en una muestra de agua después de su evaporación a 103-105°C.	TS: Total solids
SST: sólidos en suspensión totales	La cantidad de sólidos (mg/L) que se encuentran en un filtro por la cual se ha pasado el contenido de una muestra de agua y después se ha evaporado lo que queda en el filtro, a 103-105°C.	TSS: Total Suspended Solids
Virus	Agentes microscópicos infecciosos causantes de muchas enfermedades. De menor tamaño que las bacterias.	Virus
Zona de recarga acuífera	Lugar o área por donde las aguas de lluvia se infiltran en el suelo, las cuales pasan a formar parte de las aguas subterráneas o freáticas.	Recharge zone

**[www.proarca.org](http://www.proarca.org)**

**Este documento puede obtenerse en versión electrónica en  
el sitio web de PROARCA, sección de publicaciones,  
apartado de PROARCA/SIGMA**

## ¿Qué es PROARCA/SIGMA?

Administrado por ARD, PROARCA/SIGMA (Sistemas de Gestión para el Medio Ambiente) es uno de los cuatro componentes que integran el Programa Ambiental Regional para Centroamérica (PROARCA), programa financiado por la Agencia de Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID). Como un apoyo a la agenda de la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD), uno de los objetivos de PROARCA consiste en realizar acciones para mejorar el manejo ambiental en el Corredor Biológico Mesoamericano (CBM).

Sabemos que la deforestación, el manejo inadecuado de desechos sólidos, el uso inapropiado de agroquímicos y el desecho de aguas residuales municipales e industriales río arriba, afectan los ecosistemas, la biodiversidad y la salud humana río abajo. Ante esa realidad, la meta de PROARCA/SIGMA es que municipalidades y el sector privado de la región incrementen el uso de prácticas y tecnologías menos contaminantes. Asimismo, busca reducir los efectos negativos, directos o indirectos, sobre el Corredor Biológico Mesoamericano (CBM), específicamente en aquellos territorios cuyas cuencas finalmente desembocan en cuatro áreas transfronterizas claves para la región: Golfo de Honduras, Costa Mosquitia (Honduras y Nicaragua), Golfo de Fonseca y La Amistad-Cahuita-Río Cañas (Costa Rica y Panamá).



### PROARCA/SIGMA

Sistemas de Gestión para el Medio Ambiente (SIGMA),  
proyecto USAID-CCAD, administrado por ARD

4 Avenida 17-09 zona 14, Guatemala, Guatemala.

Tel: (502) 2337-2906. Fax: (502) 2368-3423.

E-mail: [sigma@proarca.org](mailto:sigma@proarca.org)

[www.proarca.org](http://www.proarca.org)

