

El Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) es un centro regional dedicado a la investigación y la enseñanza de posgrado en agricultura, manejo, conservación y uso sostenible de los recursos naturales. Sus miembros regulares son: el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), Belice, Bolivia, Colombia, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, República Dominicana y Venezuela. El presupuesto básico del CATIE se nutre de generosas aportaciones anuales de estos miembros.

Este libro es uno de los resultados del proyecto “Operación y mantenimiento de 12 plantas de tratamiento de aguas residuales ubicadas en Guatemala, El Salvador y Honduras” ejecutado por *Project Concern Internacional*, El Salvador y financiado por el Programa de Pequeñas Donaciones de Manejo Ambiental PROARCA/PRODOMA.

# Evaluación de la operación, mantenimiento y mejoramiento de 12 plantas de tratamiento de aguas residuales en Guatemala, El Salvador y Honduras



Ronald Campos

**CATIE** Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza

Sede Central 7170 CATIE, Turrialba, Costa Rica  
Unidad de Comunicación  
Tel. (506) 558 2000 • Fax: (506) 558 2040

[www.catie.ac.cr](http://www.catie.ac.cr)



PROARCA/PRODOMA  
Componente Programa de Pequeñas  
Donaciones para el Manejo Ambiental



PROARCA/PRODOMA  
Componente Programa de Pequeñas  
Donaciones para el Manejo Ambiental



Serie Técnica  
Informe Técnico no.442

# Evaluación de la operación, mantenimiento y mejoramiento de 12 plantas de tratamiento de aguas residuales en Guatemala, El Salvador y Honduras



**Ronald Campos**

El Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) es un centro regional dedicado a la investigación y la enseñanza de posgrado en agricultura, manejo, conservación y uso sostenible de los recursos naturales. Sus miembros regulares son: el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), Belice, Bolivia, Colombia, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, República Dominicana y Venezuela. El presupuesto básico del CATIE se nutre de generosas aportaciones anuales de estos miembros.

Project Concern International, PCI, es una organización no gubernamental de servicio con programas comunitarios en la región centroamericana, respondiendo a las necesidades de la población salvadoreña, guatemalteca, hondureña y nicaragüense más vulnerable. En El Salvador es a partir del año 1994, cuando se otorgó una concesión de USAID para el Proyecto Agua y Saneamiento en las áreas rurales del país para tres años. Desde entonces, hemos trabajado con fondos del USAID, PROARCA/PRODOMA/SIGMA, Plan Internacional, Fundación Inter Americana, Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, RCS, PRRACSASS y ECHO de Unión Europea, FAO, FISDL, Unicef, ANDA, HIBASA y muchas municipalidades, entre otros. Los programas comunitarios cubren agua potable y saneamiento (aguas residuales y desechos sólidos), seguridad alimentaria (agricultura sostenible), materno infantil y salud.

Copyright (c) 2005,  
PRODOMA – CATIE

628.3

C198 Campos Garay, R.

Evaluación de la operación, mantenimiento y mejoramiento de 12 plantas de tratamiento de aguas residuales en Guatemala, El Salvador y Honduras / Ricardo Campos Garay. -- Convenio de Cooperación CATIE-PROARCA/PRODOMA. -- Turrialba, C.R.: CATIE, 2005.

35 p. ; 26 cm. -- (Serie técnica. Informe técnico / CATIE; no. 442).

ISBN 9977-57-111-1

1. Tratamiento de aguas residuales I. CATIE II. Título III. Serie

Esta publicación fue posible a través del apoyo de la Oficina Regional para el Desarrollo Sostenible, División para América y el Caribe de la Agencia para el Desarrollo Internacional de los Estados Unidos y el CATIE.

La opinión expresada en este libro es la de sus autores y no necesariamente refleja el punto de vista de la Agencia para el Desarrollo Internacional de los Estados Unidos (USAID).

#### **Créditos:**

**Autor:** Ronald Campos

**Colaboradores:** Nadia Ramos, Gloria Cerros, Juan Carlos Rosales y Rafael Callejas

**Edición:** Alexandra Cortés

**Diseño y diagramación:** Esteban Montero

Unidad de Comunicación, CATIE



**PROARCA/PRODOMA**  
Componente Programa de Pequeñas  
Donaciones para el Manejo Ambiental



## Proyecto

Evaluación de la operación, mantenimiento y mejoramiento de 12 plantas de tratamiento de aguas residuales en Guatemala, El Salvador y Honduras.

Documento elaborado por *Project Concern International* a través del Convenio de Cooperación CATIE-PROARCA/PRODOMA.

## Patrocinadores:

El presente proyecto fue financiado por el Programa de Pequeñas Donaciones de Manejo Ambiental (PRODOMA), un proyecto USAID-CCAD y administrado por el CATIE.

## Reconocimientos a:

1. - Municipalidades de Guatemala: Guastatoya, Sanarate, San Juan Comalapa y Casillas  
- Municipalidad Autónoma de El Salvador: Nejapa y Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA)  
- Municipalidades de Honduras: Nacaome, Taulabé, Marale y Juticalpa
2. PROARCA/SIGMA (Sistemas de Gestión para el Medio Ambiente) por la coordinación y el interés en mejorar el funcionamiento de las plantas de tratamiento de aguas residuales en Centroamérica
3. PRODOMA por la asistencia administrativa y técnica en el desarrollo del proyecto
4. Región 4 de la *United States Environmental Protection Agency* (US-EPA) por la asistencia técnica en la evaluación de siete sistemas de tratamiento de aguas residuales

## Sobre el documento:

**E**l presente documento contiene los resultados del estudio de 12 plantas de tratamiento de aguas residuales ubicadas en Guatemala, El Salvador y Honduras, que son consideradas como una muestra para identificar las causas principales por las cuales las plantas de tratamiento funcionan de manera deficiente o se encuentran abandonadas. Los resultados obtenidos han sido de gran impacto para los funcionarios de los entes administradores, ya que son el instrumento para orientarlos hacia un proceso de información, capacitación y concientización. Este proceso ha permitido mejorar el funcionamiento de varias plantas a través de los cambios de actitud, inversión para reparar y construir nuevas unidades que logren alcanzar los estándares de calidad de las aguas residuales al ser descargadas en los cuerpos receptores.

La Parte A de este documento se refiere a la elaboración de los diagnósticos de cada planta de tratamiento con las recomendaciones técnicas, operativas y económicas respectivas para mejorar su funcionamiento. Así, estaremos contribuyendo en la región centroamericana a garantizar que las aguas residuales tratadas cumplan los parámetros de calidad según las normativas vigentes de cada país, aumentar la cobertura de las aguas residuales tratadas, recomendar los posibles reusos de las aguas residuales tratadas, responsabilizar la continuidad del funcionamiento de las plantas de tratamiento a los entes administradores respectivos y contribuir con las metas trazadas por el Programa Ambiental Regional para Centroamérica (PROARCA) y la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID).

En la Parte B se seleccionaron seis entes que administran las plantas de tratamiento; se les impartió capacitaciones sobre el manejo de aguas residuales y se elaboraron manuales de operación y mantenimiento, ordenanzas municipales y los diagramas de flujo de las aguas residuales.

Esperamos que este documento sea de gran utilidad para otras municipalidades que administran plantas de tratamiento y para las autoridades de la región que velan por la salud y el medio ambiente.



# Contenido

---

<b>I.</b>	<b>Información general del Proyecto .....</b>	<b>1</b>
<b>II.</b>	<b>Introducción.....</b>	<b>3</b>
<b>III.</b>	<b>Descripción del Proyecto .....</b>	<b>5</b>
	Objetivos .....	5
	Problemática a resolver.....	5
	Ubicación del Proyecto .....	7
<b>IV.</b>	<b>Desarrollo de la Parte A.....</b>	<b>9</b>
	Descripción .....	9
<b>V.</b>	<b>Resultados de la Parte A .....</b>	<b>13</b>
	¿Qué encontramos?.....	13
	Causas identificadas por el deficiente funcionamiento.....	15
	Productos tangibles e impactos.....	15
	Resultados.....	16
<b>VI.</b>	<b>Fotografías de la parte A .....</b>	<b>19</b>
<b>VII.</b>	<b>Desarrollo de la Parte B.....</b>	<b>25</b>
	Descripción .....	25

<b>VIII.</b>	<b>Resultados de la Parte B .....</b>	<b>29</b>
	¿Qué encontramos?.....	29
	Resultados obtenidos.....	29
	Productos tangibles e impactos.....	30
<b>IX.</b>	<b>Fotografías de la Parte B.....</b>	<b>31</b>
<b>X.</b>	<b>Conclusiones y recomendaciones .....</b>	<b>33</b>
<b>XI.</b>	<b>Equipo de trabajo.....</b>	<b>35</b>



# Información General del Proyecto

---

## Título del Proyecto

Evaluación de la Operación, Mantenimiento y Mejoramiento de 12 Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales en Guatemala, El Salvador y Honduras.

## Duración

La duración total del proyecto fue de 12 meses, distribuidos en seis para cada una de las Partes A y B. La fecha inicial de ejecución fue el 16 de julio de 2004.

## Ejecutado

*Project Concern International* El Salvador.

## Personal clave

Nicolás Coto, Director Nacional  
*ncoto@projectconcern.org*

John McPhail, Director Regional  
*jmcphail@projectconcern.org*

Ronald Campos, Coordinador del Proyecto  
*rhcampos@projectconcern.org*

Avenida Las Buganvilias No. 7 y  
Calle Los Duraznos, Col. San Francisco,  
San Salvador, El Salvador  
Tel. (503) 2224 6005  
Fax (503) 2298 1082

## Costo total

Asciende a US\$114.862. El monto asignado por PROARCA/PRODOMA fue de US\$79.282 y la contrapartida correspondiente de US\$35.580.

Fue financiado por el Programa de Pequeñas Donaciones de Manejo Ambiental (**PRODOMA**), un proyecto **USAID-CCAD** y administrado por el **CATIE**.

## Línea de inversión

Este Proyecto se enmarca en la línea de inversión: mayor uso de tecnologías y prácticas menos contaminantes.



## Resultados esperados

- ◆ **Parte A:** Formular 12 estudios con el diagnóstico de las plantas de tratamiento de aguas residuales ubicadas en Guatemala, El Salvador y Honduras para mejorar el funcionamiento según las recomendaciones técnicas y de sostenibilidad propuestas.
- ◆ **Parte B:** Asistir técnicamente a los entes administradores de seis plantas de tratamiento seleccionadas para asegurar la ejecución de las mejoras propuestas en la Parte A, incluyendo capacitaciones sobre el manejo de las aguas residuales, manuales de operación y mantenimiento, elaboración de ordenanzas municipales con el análisis de reglamentos vigentes y diagramas de flujo de las aguas.

*Ente administrador:* es la entidad municipal o autónoma responsable del funcionamiento de las plantas de tratamiento de aguas residuales.

## Impacto de los resultados

Al mejorar las plantas de tratamiento de aguas residuales provenientes de los alcantarillados sanitarios de las comunidades seleccionadas, ya sea desde el punto de vista operativo, mantenimiento y mejoras físicas ejecutadas, estaremos contribuyendo con lo siguiente:

- ◆ Asegurar que las aguas residuales tratadas en una planta y que luego son descargadas a ríos, quebradas, lagos, bahías y otros cuerpos receptores, cumplan con los parámetros de calidad según las normativas vigentes de cada país.
- ◆ Mejorar la calidad de vida de los pobladores y frenar la contaminación de la flora, fauna, suelo y agua de las zonas de influencia.
- ◆ Aumentar la cobertura de las aguas residuales tratadas, ya que encontramos que las aguas superficiales y subterráneas localizadas en aguas debajo de las plantas tienen usos diversos, entre ellos para el consumo humano, lavado de alimentos y ropa, riego de hortalizas y hasta recreativo.
- ◆ Identificar las causas por las cuales las plantas de tratamiento de aguas residuales se encuentran operando de forma deficiente, abandonadas o parcialmente.
- ◆ Recomendar los posibles reusos de las aguas residuales tratadas.
- ◆ Responsabilizar la continuidad del funcionamiento de las plantas de tratamiento a los entes administradores respectivos, con el seguimiento y cumplimiento de los parámetros de calidad de las aguas tratadas mediante las instituciones correspondientes, como son los ministerios de salud pública, de medio ambiente y otras instituciones que se relacionan con el manejo de las aguas residuales las cuales deberán aplicar las respectivas leyes nacionales correspondientes.
- ◆ Contribuir a las metas trazadas por PROARCA y USAID en las acciones para mejorar el manejo ambiental, sobre todo en el Corredor Biológico Mesoamericano (CBM).



## Introducción

**E**n el área centroamericana es común encontrar obras de tratamiento de aguas residuales operando de manera deficiente y otras en completo abandono. Uno de los objetivos propuestos para el estudio es identificar las causas específicas de cada una de ellas para lograr su mejoramiento en términos de eficiencia y restablecer su adecuada operación y mantenimiento con un mínimo de inversión. Lo anterior se coordinó con los entes administradores respectivos para asegurar el éxito de la evaluación.

La problemática generalizada nos lleva a ser conscientes de la importancia por reactivar los procesos de tratamiento; es decir, cumplir con la normativa de calidad de las aguas tratadas en Guatemala, El Salvador y Honduras, en especial las ubicadas en el Corredor Biológico Mesoamericano (CBM). Los resultados obtenidos pueden ser aplicados en el resto de países centroamericanos.

Las inversiones realizadas en estas plantas de tratamiento que se encuentran operando deficientemente han sido millonarias; además, calidad de sus efluentes no cumplen con los parámetros legislados en cada país. Estamos seguros de que una buena cantidad de dichas plantas se puedan reactivar con pequeñas inversiones, tanto en obras adicionales como labores de operación y mantenimiento.

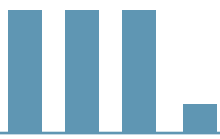
Cada uno de estos países son regidos por normas sobre la calidad de las aguas residuales que se relacionan a la fuerte degradación de los ríos, lagos y bahías, sitios que se han convertido en lugares con un bajo nivel para la vida humana, la flora y la fauna.

La Parte A del estudio contiene un diagnóstico del funcionamiento de cada una de las 12 plantas de tratamiento de aguas residuales en los tres países centroamericanos, su objetivo principal es contribuir a mejorar las condiciones de operación y mantenimiento de los sistemas que depuran las aguas residuales ya que es común encontrar plantas depuradoras operando en forma deficiente y en otros casos en abandono parcial o completo. Un objetivo específico es identificar en las municipalidades estudiadas aquellas causas que han predominado para que dichos sistemas no funcionen en la actualidad; esto ayudará a orientar un proceso de capacitación e información dirigido a los entes administradores que permita mejorar, mediante cambios de actitud, la inversión para reparar y construir nuevas unidades que logren alcanzar los estándares de calidad de las aguas residuales al descargarlas hacia los cuerpos receptores y para capacitaciones de operación y mantenimiento.

Es vital mencionar los procesos de monitoreo y seguimiento del cumplimiento de normativas vigentes en cada país los cuales regulan y establecen los límites de control de calidad para las aguas residuales descargadas hacia un cuerpo receptor; éstos son herramientas muy importantes para las instituciones rectoras de la salud y el medio ambiente en los tres países, principalmente en el CBM.

Así también, se describen las recomendaciones operativas y técnicas para mejorar cada planta de tratamiento, cumplir con los requisitos de seguridad e higiene de los sistemas y contribuir a preservar la salud del personal de operación, mantenimiento, visitantes y la población en general.

La importancia de la Parte B fue impactante para las autoridades que administran las plantas de tratamiento, ya que las capacitaciones sobre el manejo de las aguas residuales, la elaboración de ordenanzas municipales y los manuales de operación y mantenimiento fueron considerados básicos y necesarios para manejar de forma adecuada las plantas de tratamiento. La mayoría de ellos desconocía los temas tratados y hoy ya son conscientes y están capacitados en el tema de las aguas residuales. Esta parte solo se consideró para seis plantas de tratamiento.



# Descripción del Proyecto

## Objetivos

### Objetivo general:

Identificar las causas por las cuales las plantas de tratamiento de aguas residuales no cumplen satisfactoriamente sus objetivos y proponer las soluciones desde el punto de vista técnico, operativo y administrativo, además de asistir a los entes administradores con la supervisión de las obras, capacitaciones y documentos legales y técnicos para asegurar el cumplimiento de las recomendaciones propuestas para la rehabilitación y mejoras de las plantas de tratamiento seleccionadas.

### Objetivos específicos:

- ◆ Generar condiciones ambientales óptimas en núcleos poblacionales que tratan las aguas residuales.
- ◆ Reactivar las plantas de tratamiento que se encuentran en abandono o que estén operando deficientemente con el mínimo costo de inversión.
- ◆ Demostrar a los entes administradores que debe existir una voluntad política para priorizar el manejo de las aguas residuales y mejorar la calidad de vida de los pobladores y el ambiente. Asimismo, que los funcionarios estén conscientes en la sostenibilidad de los sistemas de tratamiento, mantener actualizado el catastro de usuarios y aplicar el cobro por el servicio respectivo.

## Problemática a resolver

El problema identificado en las plantas de tratamiento de aguas residuales en su mayoría es el abandono, en otros casos es la deficiencia de los procesos de tratamiento. Casi siempre, por el nulo o poco control que se tiene por parte de los entes administradores, se generan bajas eficiencias y como consecuencia se obtienen resultados negativos en el medio ambiente.

Las descargas de aguas residuales crudas provenientes de los alcantarillados sanitarios a cuerpos de agua como ríos, lagos, bahías y quebradas, alteran la salud, la flora y la fauna



Descarga de aguas residuales crudas en Jiquilisco, El Salvador.

de las zonas de influencia; además, contaminan las aguas superficiales y subterráneas que aguas abajo son utilizadas para el consumo humano, lavado de alimentos, ropa, riego de hortalizas y hasta de recreación.

Es evidente que cada día hay una fuerte degradación de ríos, lagos y bahías que se han transformado de lugares con ecosistemas vibrantes a lugares con olores desagradables y con un ambiente no recomendable para la vida humana. Por esto, las plantas de tratamiento son esenciales para no seguir contaminando los recursos hídricos, suelo, fauna, flora, etc., y si son deficientes o están abandonadas tampoco están cumpliendo su misión. Además, estas obras representan un medio beneficioso para la salud de las poblaciones, ya que las comunidades que viven en lugares insalubres gastan cinco veces más en servicios médicos y su rendimiento en términos de productividad es afectado sensiblemente o disminuido.

La situación en Centroamérica es alarmante, el manejo de las aguas residuales en cuanto a cobertura de tratamiento es de un 3% en promedio, el resto es evacuado a cuerpos de agua sin ningún tratamiento.

Una de las metas de PRODOMA es incrementar el uso de prácticas y tecnologías menos contaminantes, buscando reducir los efectos negativos directos e indirectos en la región centroamericana.



Descarga de aguas residuales crudas en La Unión, El Salvador, directamente al Golfo de Fonseca.

## Ubicación del proyecto

La población directa beneficiada fue de 105.462 habitantes (Cuadro1).

**Cuadro No. 1**

Plantas de tratamiento y población beneficiada

No.	Lugar	Departamento	País	Población beneficiada	Tipo de planta	Observaciones
1	Sanarate	El Progreso	Guatemala	4.300	Desarenadores/Tanque Imhoff/ Pacios de secado	Admin. Munic.*
2	Guastatoya	El Progreso	Guatemala	10.000	Lagunas de oxidación	Admin. Munic.
3	Casillas	Santa Rosa	Guatemala	7.900	Tanque Imhoff y Laguna	Admin. Munic.
4	San Juan Comalapa	Chimaltenango	Guatemala	11.000	Sedimentadores/Filtros percoladores/ Digestor/Pacios de secado	Admin. Munic.
5	Distrito Italia	San Salvador	El Salvador	9.922	Desarenadores/RAFAS/ Filtros/ Sedimentadores/Pacios de secado/ 3 bombas electromecánicas	Admin. ANDA**
6	Brisas del Norte	San Salvador	El Salvador	5.400	Desarenadores/ Sedimentadores/Filtro/ Pacios de secado/ Humedales	Admin. ANDA*
7	Ciudad Futura	San Salvador	El Salvador	13.500	Desarenadores/Filtro/ Sedimentadores/ Digestor/Pacios de secado	Admin. ANDA*
8	Nejapa	San Salvador	El Salvador	7.000	Desarenador/Tanque Imhoff/Humedal	Admin. Munic.
9	Nacaome	Valle	Honduras	7.150	Lagunas de oxidación	Admin. Munic.
10	Juticalpa	Olancho	Honduras	25.440	Lagunas de oxidación	Admin. Munic.
11	Marale	San Francisco Morazán	Honduras	825	Lagunas de oxidación	Admin. Munic.
12	Taulabé	Comayagua	Honduras	3.025	Lagunas de oxidación	Admin. Munic.
				<b>105.462</b>		

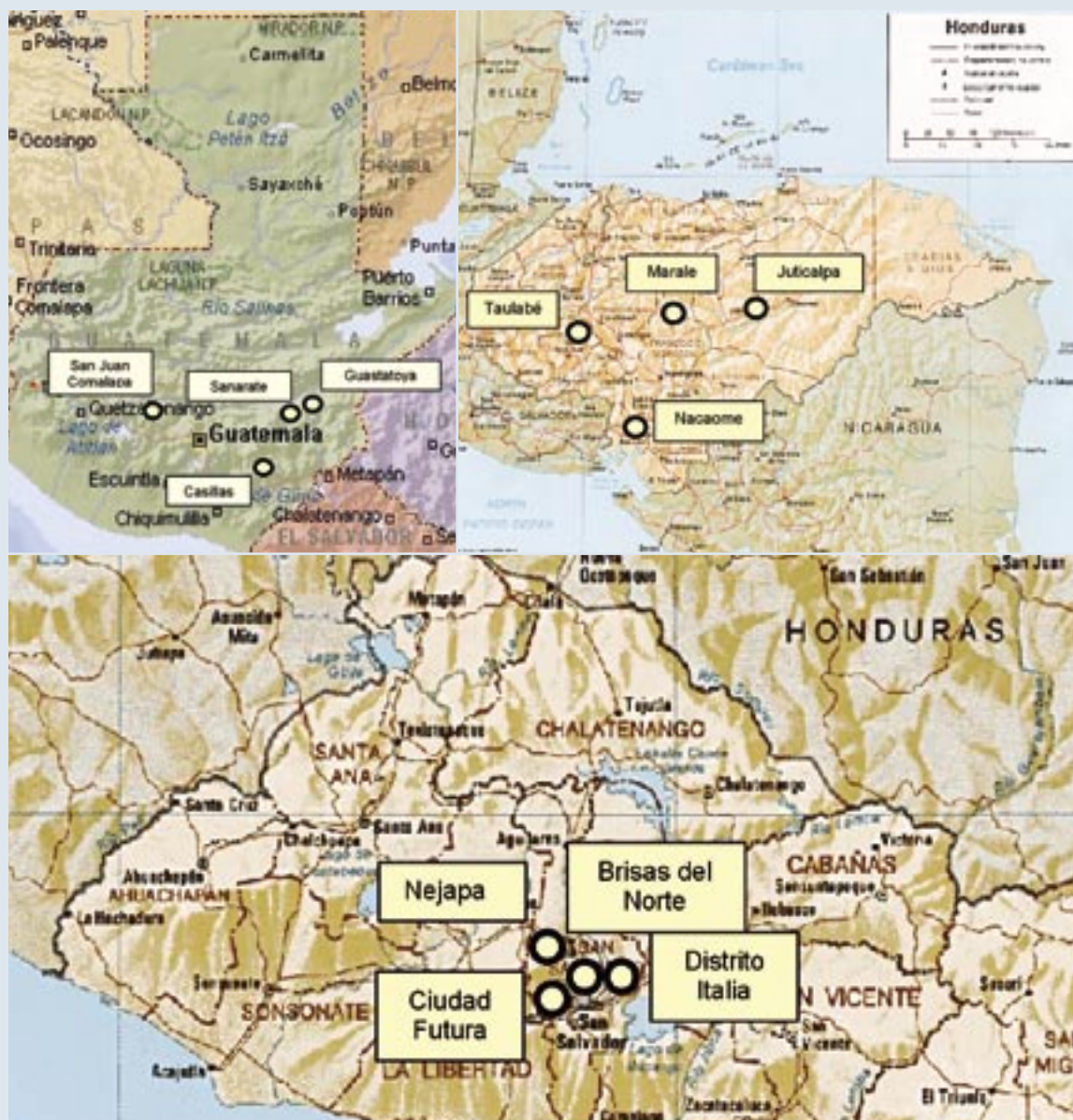
\* Admin. Munic.: Administración Municipal

\*\* ANDA: Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados

La selección de las 12 plantas de tratamiento (Figura 1) se basó en lo siguiente:

- ◆ Ubicadas en el Corredor Biológico Mesoamericano, áreas definidas por PROARCA.
- ◆ Interés del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador.
- ◆ Sitios que hayan tenido problemas de funcionamiento o de abandono.

Figura 1. Ubicación de las áreas de trabajo.



# IV. Desarrollo de la Parte A

## Descripción:

- ◆ **Recopilar datos e información existente** con visitas a cada planta de tratamiento, entrevistas con personal operador y funcionarios de la municipalidad respectiva para determinar el nivel de conocimiento en aspectos de aguas residuales y sostenibilidad del sistema. Se diseron 2 formularios. Lo recopilado es básico para elaborar los diagnósticos respectivos.



Con operadores y funcionarios de Juticalpa, Honduras y Alcalde de Guastatoya, Guatemala.

- ◆ **Identificar la participación de las municipalidades** y de **ANDA** en el proyecto de acuerdo al interés mostrado y su compromiso de considerar cambios en los procesos de operación y mantenimiento. De igual manera, se preguntó aleatoriamente si la población beneficiada tiene conocimiento de la existencia de la planta de tratamiento y sus beneficios.
- ◆ **Evaluar las condiciones** en cada planta de tratamiento, recorrido en el área de la planta, donde se conoce la localización específica asociada a las zonas habitacionales, se identifican las unidades de tratamiento y la verificación física, niveles del terreno, cercas, sitios de descarga y otras características generales.



Reunión con las autoridades municipales de Sanarate, Guatemala.





Plantas de tratamiento de Taulabé y Casillas.



Plantas de tratamiento de Distrito Italia y Nejapa.

- ◆ **Muestrear las aguas residuales** en la entrada y salida de cada planta para verificar las eficiencias respectivas y determinar la calidad de las aguas vertidas en diferentes cuerpos de agua.



En Nacaome y Marale.



En Casillas y San Juan Comalapa.

- ◆ **Realizar la topografía de los terrenos** con equipos modernos en cada planta de tratamiento y sus dibujos respectivos.
- ◆ **Promover la participación y sensibilización** en los funcionarios municipales y de ANDA para participar en la segunda parte del proyecto. Además, se busca financiamiento con el fin de implementar las mejoras propuestas en los diagnósticos elaborados.
- ◆ **Realizar los diagnósticos** con la información básica resultante, donde se analizan las diversas opciones para mejorar las plantas de tratamiento. Cada diagnóstico contiene la descripción de la planta con sus unidades respectivas, operación y mantenimiento, caracterización de las aguas residuales, revisión hidráulica, aspectos de sostenibilidad, propuestas de mejoramiento (técnicas y sostenibilidad), levantamiento topográfico con dibujos de planos, presupuesto de la infraestructura, conclusiones y recomendaciones para mejorar el funcionamiento de las plantas de tratamiento.
- ◆ **Los resultados esperados en la Parte A** son los 12 diagnósticos cuyo contenido se describió antes. A cada ente administrador se le entregó un documento impreso y en archivos electrónicos en un CD.

- ◆ **Seleccionar las seis plantas de tratamiento** de aguas residuales para la Parte B del proyecto, donde se considera lo siguiente: el grado de interés mostrado por los funcionarios para continuar participando, la disponibilidad de financiamiento o la búsqueda para invertirlos en las mejoras propuestas, estar conscientes de la falta de una ordenanza municipal sobre el manejo de las aguas residuales, necesidad de recibir capacitaciones de operación y mantenimiento y elaboración de un manual operativo (Cuadro 2).

**Cuadro 2.**

Lugares seleccionados

No.	Lugar	Departamento	País	Observaciones
1	Guastatoya	El Progreso	Guatemala	Administración Municipal
2	Casillas	Santa Rosa	Guatemala	Administración Municipal
3	Urb. Ciudad Futura	San Salvador	El Salvador	Administración de ANDA
4	Nejapa	San Salvador	El Salvador	Administración Municipal
5	Nacaome	Valle	Honduras	Administración Municipal
6	Taulabé	Comayagua	Honduras	Administración Municipal

# V. Resultados de la Parte A

## ¿Qué encontramos?

1. Funcionamiento: 92% funciona y el 8% se encuentra fuera de servicio
2. Personal operador: 75% es permanente, 17% tiempo parcial y 8% eventual (limpieza de maleza cada 6 meses).
3. Calidad de aguas tratadas (según normativa de cada país): 67% cumple.
4. Cobro por el servicio de tratamiento: 33% lo aplica.
5. Problema administrativo más común: cobrar el servicio de tratamiento.
6. Problemas operativos más comunes: acumulación de lodos en las lagunas de oxidación, obstrucción de válvulas y tuberías e ingreso a la planta de personas no autorizadas.
7. Apoyo a la planta por el ente administrador: 92% existe algún apoyo.
8. El 100% carece de una ordenanza municipal sobre aguas residuales y que relacione la planta de tratamiento.
9. Tipo de sistema: 83% por gravedad y 17% por bombeo electromecánico.
10. Tipos de tratamiento: 42% son lagunas de oxidación. 25% con desarenación/sedimentación/filtración/digestión/secado de lodos. 25% con tanque Imhoff con laguna/secado de lodos, con desarenación/humedal/secado de lodos y con desarenación/filtración/sedimentación/secado de lodos. 8% con tanque Imhoff/secado de lodos.
11. Falta supervisión y seguimiento a los operadores de las actividades de operación y mantenimiento.
12. Cuentan con las herramientas básicas y mínimas para operar las plantas. Los equipos de seguridad o protección personal se suministran regularmente; la mayoría los utiliza. Son pocos operadores que se vacunan para realizar este tipo de trabajo.
13. No es confiable el catastro de usuarios.

14. No cuentan con planes de emergencia, seguridad laboral, capacitaciones, monitoreo de calidad del agua, gestión financiera para el mejoramiento físico, participación ciudadana e institucional y divulgación. Solo una municipalidad de El Salvador empezó un plan de divulgación con material educativo.
15. En ningún lugar se cuenta con manuales de operación y mantenimiento. En una municipalidad de El Salvador y otra de Honduras tienen registros de calidad de las aguas tratadas, planos de la planta y algunos registros de caudales.
16. El conocimiento de los operadores es deficiente en aspectos básicos de aguas residuales. La mayoría conoce los aspectos prácticos-empíricos sobre operación y mantenimiento; sin embargo, las unidades de tratamiento se mantienen sucias.
17. Interés de las autoridades municipales y de ANDA en recibir capacitaciones sobre el manejo de aguas residuales, la elaboración de manuales de operación y mantenimiento y disponer de las ordenanzas municipales.
18. Tiempo promedio de funcionamiento: 12,5 años en Guatemala, 8,75 años en El Salvador y 15 años en Honduras. Hay tres plantas que tienen 20 años de funcionar.
19. Condiciones físicas: 25% con daños severos por fenómenos naturales.
20. Capacidades del sistema: 33% con sobrecarga de caudal, 17% saturado y 50% sin sobrecarga.
21. Ninguna cuenta con unidades de trampa de grasas, sistema de cloración y tratamiento a las aguas proveniente de los lodos.
22. El 25% tiene unidades de medición como Canal Parshall y vertederos, pero se encuentran incompletos y otros con daños, por lo que no se miden los caudales.
23. El 58% tiene caseta-bodega, la mayoría son de lámina y madera.
24. Del reuso de las aguas tratadas y lodos: 17% reusa las aguas crudas y tratadas en riego de pastizales.
25. Del mantenimiento: unidades sin limpieza, maleza en taludes de lagunas y en el contorno.

### **Causas identificadas por el deficiente funcionamiento**

1. Desconocimiento, falta de conciencia, mínimo interés y de participación de la mayoría de funcionarios del ente que administra el sistema por mantener en buenas condiciones de funcionamiento la planta de tratamiento, a pesar de que algunos conocen la existencia de reglamentos y normas sobre descargas de aguas residuales, protección del medio ambiente y salud de los pobladores.
2. Debilidad de las legislaciones existentes en aplicar las sanciones correspondientes.
3. Personal operador desmotivado cuyo resultado es un deficiente funcionamiento, descuido de las unidades y del entorno natural.
4. El costo de mantenimiento es mayor al ingreso (o nulo) proveniente del cobro del sistema de tratamiento, originando menor apoyo financiero en el suministro oportuno de herramientas y equipos de protección personal a los operadores.

### **Productos tangibles e impactos**

1. Los diagnósticos elaborados son herramientas básicas relacionadas con los aspectos de sostenibilidad para ser aplicados por cada ente administrador en la gestión administrativa, financiera y operativa, apoyándose en reglamentos y leyes vigentes, con miras a contribuir con mejorar la calidad de vida de los pobladores y el saneamiento ambiental.
2. Cada estudio debe ser de interés de USAID, PROARCA/PRODOMA, CATIE, Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD) y el Sistema de Integración Centroamericana (SICA) para difundirlo en toda el área centroamericana y así contribuir a entender la problemática actual y que de su vez motive las inversiones de cooperantes en el tema de tratamiento de las aguas residuales.
3. Incrementar el uso de prácticas y tecnologías menos contaminantes, buscando reducir los efectos directos e indirectos, ya que las plantas son esenciales para frenar el alto grado de contaminación en el ambiente y proteger la salud humana.
4. Sensibilizar y concienciar a los entes administradores sobre la importancia de los tratamientos, identificando las causas por las cuales el sistema no cumple sus objetivos y aplicar las correcciones correspondientes.
5. Promover el aumento de la cobertura de aguas residuales tratadas en la región centroamericana.

## Resultados

**Cuadro 3.** Resumen de las plantas de tratamiento de aguas residuales de Guatemala.

Lugar	Funcionando	Personal operador	Operadores con conocimiento sobre aguas residuales	Calidad de las aguas residuales	Eficiencias del sistema de tratamiento	Cuerpos receptores	Condiciones físicas	Sostenibilidad y apoyo del ente administrador	Capacidad del sistema y caudal demandado	Presupuesto para el mejoramiento	Disponibilidad de fondos
Sanarate/G.	Sí	Permanente	Deficiente	No cumplen. El sistema es tratamiento primario	Desde 3,33 a 87,27%	Quebarada El Yajal	La mayoría se encuentran bien	Existe apoyo. No se cobra el servicio	4,05 l/s 7,00 l/s 4.300 hab. (60%)	\$12.897	Gestiones
Guastatoya/G.	Sí	Permanente	Deficiente	Sí cumplen	Desde 34,72 a 99%	Quebrada y pozos de absorción	Bien	Existe apoyo. No se cobra el servicio	21,18 l/s 15,00 l/s 10.000 hab.	\$37.090	Propios y gestiones
Casillas/G.	Sí	Permanente	Deficiente	Sí cumplen	Desde 28,05 a 90%	Quebrada Los Pilonos	La mayoría se encuentran bien	Existe apoyo. No se cobra el servicio	4,40 l/s 11,40 l/s 7.900 hab.	\$87.607	Gestiones
San Juan Comalapa/G.	No	Permanente	Deficiente. Aceptable empíricamente	Sí cumplen	Fuera de servicio	Quebrada afluente del Río Pixcayá	Sedimentadores, filtros y patios de secado dañados	Existe apoyo. No se cobra el servicio	11,50 l/s 17,57 l/s 11.000 hab.	\$93.027	Gestiones
										<b>\$230.621</b>	

**Cuadro 4.**  
Resumen de las plantas de tratamiento de aguas residuales de El Salvador.

Lugar	Funcionando	Personal operador	Operadores con conocimiento sobre aguas r.	Calidad de las aguas residuales	Eficiencias del sistema de tratamiento	Cuerpos receptores	Condiciones físicas	Sostenibilidad y apoyo del ente administrador	Capacidad del sistema y caudal demandado	Presupuesto para el mejoramiento	Disponibilidad de fondos
Distrito Italia/ES	Sí	Permanente	Deficiente. Aceptable empíricamente	No cumplen DBO, DQO y SS	Desde 12,50 a 50%	Río Guaycume	La mayoría se encuentran bien	Por el Depto. Saneamiento. Se cobra el servicio	15,21 l/s 15,85 l/s 9,922 hab.	\$27.145	Gestiones
Brisas del Norte/ES	Sí	Permanente	Deficiente. Aceptable empíricamente	No cumplen DQO y SS. El valor DBO muy cerca del límite	Desde 14,74 a 62,50%	Quebrada La Leona, afluente del Río Las Cañas	Se encuentran bien	Por el Depto. Saneamiento. Se cobra el servicio	11,68 l/s 11,71 l/s 5.500 hab.	\$32.536	Gestiones
Ciudad Futura/ES	Sí	Permanente	Deficiente. Aceptable empíricamente	Sí cumplen	Mayores de 90%	Quebrada El Tempisque	Filtro, digestor y patios de secado con daños	Por el Depto. Saneamiento. Se cobra el servicio	16,43 l/s 19,53 l/s 13.500 hab.	\$48.589	Propios y gestiones
Nejapa/ES	Sí	Permanente	Deficiente. Aceptable empíricamente	Sí cumplen	De 89,44 a 100%	Río San Antonio	Daños en el Humedal	Existe apoyo. No se cobra el servicio	20,00 l/s 11,57 l/s 7.000 hab.	\$18.384	Gestiones
										<b>\$126.654</b>	



**Cuadro 5.**  
Resumen de las plantas de tratamiento de aguas residuales de Honduras.

Lugar	Funcionando	Personal operador	Operadores con conocimiento sobre aguas r.	Calidad de las aguas residuales	Eficiencias del sistema de tratamiento	Cuerpos receptores	Condiciones físicas	Sostenibilidad y apoyo del ente administrador	Capacidad del sistema y caudal demandado	Presupuesto para el mejoramiento	Disponibilidad de fondos
Nacaome/H.	Sí	Permanente	Deficiente	Sí cumplen	De 75 a 100%	Río Nacaome	La mayoría bien	Existe apoyo. No cobran el servicio	39,28 l/s 11,42 l/s 7.150 hab.	\$48.300	Gestiones
Juticalpa/H.	Sí	3 veces a la semana	Deficiente	Sí cumplen	De 66 a 99%	Río Juticalpa	La mayoría bien	Existe apoyo. Cobran el servicio	74,07 l/s 40,63 l/s 25.440 hab.	\$119.549	Gestiones
Marale/H.	Sí	Cada 6 meses	Deficiente	Los SS no cumplen	88.70% la mayor. En SS no hay eficiencia	Río Maralito	Bien	No existe apoyo.	5,16 l/s 1,20 l/s 825 hab.	\$42.364	Gestiones
Taulabé/H.	Sí	3 veces a la semana	Deficiente	Sí cumplen. Los SS están al límite	De 73 a 96%	Río Taulabé o Jattique	Taludes con daños	Existe apoyo. No cobran el servicio	10,20 l/s 5,00 l/s 3.025 hab.	\$141.492	Gestiones
										<b>\$351.705</b>	

# VI. Fotografías Representativas de la Parte A

## Sistemas de tratamiento con daños:



Taludes en lagunas.



Pared en digestor.



Pared fracturada en filtro.



Pasarela en sedimentador.



Tubo de descarga a planta.



Tubos distribuidores en filtro.



Casetas-bodegas.



Equipos de bombeo y cajas de conexión.

## Deficiente operación y mantenimiento:



Patios de secado de lodos con vegetación.



Acumulación de desechos.



Acumulación de lodos y vegetación en laguna.



Acumulación de desechos en salida de filtro.



Acumulación de desechos en rejillas.



Acumulación de desechos en entrada de canal Parshall.



Acumulación de desechos en rejillas.

### Cuerpos receptores:





## Entrega y divulgación de diagnósticos a entes administradores:



## Reuso de las aguas residuales tratadas



Reuso de las aguas residuales tratadas para regar pastizales. El agua es bombeada desde una laguna de oxidación hasta el depósito de almacenamiento.

# VII. Desarrollo de la Parte B

## Descripción:

- ◆ **Revisar los resultados obtenidos** en los seis diagnósticos de las plantas seleccionadas que relaciona a las ordenanzas municipales y manuales de operación y mantenimiento para planificar los talleres de capacitación y el contenido de los documentos.
- ◆ **Elaborar un modelo legal denominado Ordenanza Municipal para el manejo adecuado de las aguas residuales y una planta de tratamiento** que fue presentado y discutido con las autoridades municipales respectivas. Durante la presentación se incluyeron los aspectos legales y reglamentos vigentes de cada país básicos para la ordenanza. Luego, fue validado por las municipalidades respectivas para comenzar los procesos de aprobación y convertirlo en ley municipal.
- ◆ **Elaborar los manuales de operación y mantenimiento** según el tipo de sistema de tratamiento que pretende ser una guía práctica y objetiva en la cual se describen en lenguaje sencillo las acciones y recomendaciones que deberán cumplirse por parte del personal operador para lograr que el sistema funcione adecuadamente y cumpla las normas vigentes sobre la calidad de los procesos de depuración de los vertidos a tratar y su descarga en los cuerpos receptores. Se describe el sistema de tratamiento con sus unidades respectivas, las actividades rutinarias y sus frecuencias, medición de caudales, seguridad laboral, herramientas básicas y registro diario de las actividades e inspección de la planta.



En Taulabé, Honduras.





Durante el taller de capacitación, se explica el contenido de los manuales que estuvieron acorde con cada sistema y fueron aprobados sujetos con modificaciones si surgieran en la aplicación de las recomendaciones de infraestructura, ya que durante el funcionamiento, la experiencia y la observación de las condiciones propias de operación y mantenimiento de cada planta, se definirá la propia lista de actividades y las frecuencias respectivas en cada unidad de tratamiento.

- ◆ **Realizar los talleres de capacitación** sobre el manejo de las aguas residuales a un grupo de ocho personas promedio, donde se incluía a los operadores, alcaldes y otros funcionarios de los entes administradores. Se utilizó una metodología de trabajo donde se integraron los conocimientos teóricos y prácticos para proporcionar los conocimientos y las herramientas que sirven para un mejor desempeño en el lugar de trabajo, lograr mejores eficiencias en los procesos de tratamiento y sentar las bases que garanticen la sostenibilidad de cada sistema, apoyándose en concienciar al personal administrativo para apoyar el trabajo de campo. Este taller generó un



espacio importante para los operadores y todos los asistentes expresaron sus inquietudes respecto a ciertos aspectos teóricos sobre el funcionamiento de la planta de tratamiento. Asimismo, se explicó la importancia del agua para los seres vivos, la contaminación del medio ambiente por aguas residuales y sus consecuencias como las enfermedades de origen hídrico, con el objetivo de que los participantes conocieran lo necesaria que es la planta de tratamiento de aguas residuales para la población y el papel fundamental que desempeñan al darle un adecuado mantenimiento. También, se desarrolló la temática de sostenibilidad en los aspectos técnicos, administrativos, legales y social-educativo, dando la oportunidad a los participantes de expresar sus opiniones en relación con estos aspectos que se discutieron en grupo, y se identificó la necesidad de divulgar el sistema en la comunidad por medio de diferentes medios y estrategias.

Mediante dinámicas de preguntas y respuestas, se hizo una retroalimentación y evaluación de los contenidos desarrollados en ambas jornadas. Algunos comentarios de los participantes sobre el taller fueron los siguientes:

*“Excelente, la experiencia servirá mucho”*

*“Estuvo muy bueno porque aprendimos muchas cosas”*

*“Me sentí bien, me agradó la experiencia de los nuevos conocimientos, no fue aburrido”*

*“Muy bien, buenos presentadores, buen lenguaje, buenas dinámicas”*

*“Interesante experiencia, buena interrelación, buen intercambio de experiencias”*

*“Muy completo, los conocimientos expuestos me servirán mucho para desempeñarme en el área”*

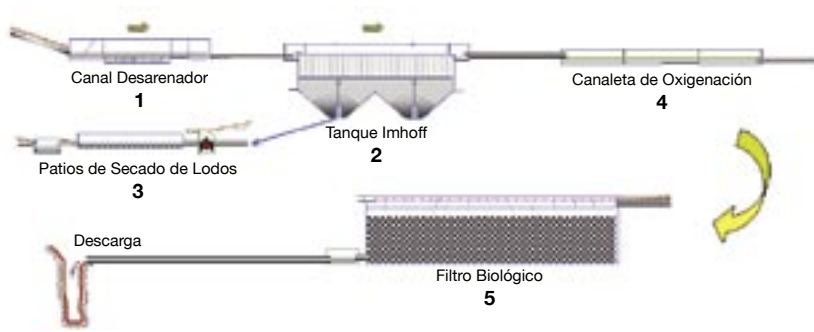
Los operadores compartieron su experiencia con el personal administrativo y hubo buena comunicación en el desarrollo de la actividad.

Esta iniciativa se llevó a cabo en locales de las cinco municipalidades y de ANDA en El Salvador. Durante el taller se realizaron dinámicas de participación e integración para que los asistentes se sintieran más involucrados y animados. Al final se entregó material educativo de apoyo los temas desarrollados en la presentación y el ejemplar del manual de operación y mantenimiento a las autoridades municipales. El total de personas capacitadas fue de 49 (7 mujeres y 42 hombres).

- ◆ **Asistencia técnica** en la implementación de las mejoras de las plantas, así como de las recomendaciones en la gestión de financiamiento para ejecutarlas.
- ◆ **Elaborar diagramas de flujo** de las 6 plantas, donde se esquematizan las unidades de tratamiento, la dirección de las aguas residuales y de lodos desde que ingresa y sale de la planta y también describe la función que se efectúa en cada unidad. El tamaño de los diagramas fue de 90 x 80 centímetros, apoyado sobre madera tipo plywood.

Estos diagramas tienen la finalidad de explicar fácilmente el proceso de tratamiento, los cuales deben estar ubicados en cada planta o en las oficinas de las alcaldías para su divulgación y conocimiento a los beneficiarios y a las autoridades locales en general (Figura 2).

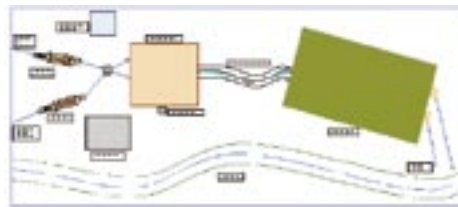
**Figura 2.** Diagrama de Flujo de Aguas Residuales  
Planta de Tratamiento de las Aguas Residuales de Nejapa, d/ San Salvador, El Salvador



**Perfil Hidráulico**



Componentes del Sistema		Función de las Unidades de Tratamiento
No. 1	Canal de Rejas y Desarenadores	Retener los sólidos gruesos y flotantes, como plásticos y pequeños artículos contenidos en el agua residual. Separar las arenas y pequeñas partículas, que se encuentran en el agua residual.
No. 2	Tanque Imhoff	Su función principal es la retención por medio de sedimentación y digestión de lodos en cámaras inferiores.
No. 3	Patios de secado en lodos	Reposar los lodos provenientes del Tanque Imhoff, mientras se drena y se evapora el líquido contenido en éstos, hasta que tenga una apariencia seca y agrietada. Puede utilizarse en la agricultura como mejorador de suelos.
No. 4	Canal de oxigenación	Oxigenar el agua proveniente del Tanque Imhoff, de la misma forma que se oxigena el agua de un río.
No. 5	Filtro Biológico o Humedal	Descomponer la materia orgánica a través de un medio filtrante, por la acción biológica y por medio de plantas que se encuentran en el material filtrante.



**Ubicación de la Planta**

En general, a cada ente administrador se le entregó los documentos impresos mencionados y también en archivos electrónicos en un CD.

# VIII. Resultados de la Parte B

## ¿Qué encontramos?

1. Los operadores no habían recibido capacitaciones formales para operar y mantener la planta (solo algunas indicaciones generales), desconocían las medidas de seguridad para protegerse durante las labores en la planta, poca motivación para realizar las labores rutinarias y en varios casos no cumplen con el horario establecido
2. Los funcionarios y personal administrativo, desconocían las labores de operación y mantenimiento, tenían falta de comunicación con los operadores, poco interés en conocer el funcionamiento de la planta, suministro tardío de herramientas y de protección personal
3. Poca interés en aplicar un cobro a los usuarios por el servicio de tratamiento, principalmente por razones políticas.

## Resultados obtenidos

1. Operadores protegiéndose con equipos acorde a las labores respectivas y aplicando el manual de operación y mantenimiento
2. Autoridades municipales capacitadas para administrar adecuadamente las plantas de tratamiento
3. Mejoras en el suministro oportuno de herramientas. En una planta de El Salvador han suministrado Conos Imhof para realizar pruebas en el lugar de sedimentación y un comparador de pH para llevar controles de las aguas residuales
4. La mayoría de municipalidades y de ANDA han utilizado los diagnósticos elaborados en la Parte A para gestionar el financiamiento, programar la implementación de las obras, y aplicar las actividades operativas recomendadas. También han sido muy útiles para demostrar ante las autoridades de salud y de medio ambiente, la calidad de las aguas tratadas que son descargadas a los cuerpos receptores ya cuentan con datos técnicos de la planta de tratamiento y su funcionamiento respectivo
5. Solo en cuatro plantas se realizaron mejoras: en Ciudad Futura, El Salvador, se construyó una pequeña trampa de grasas y dos reactores anaerobios de flujo ascendente (RAFA), que sustituyen a un sedimentador primario. En Nejapa, El Salvador, se instala una tubería con su cabezal para evacuar las aguas excedentes (by-pass). En Guastatoya, Guatemala, se extrae completamente los lodos de las dos lagunas de oxidación. En Nacaome, Honduras se reemplaza el sistema de Rejillas en la estación de bombeo, se repara un equipo de bombeo (solo había funcionado con un equipo por varios años) y se sustituye un accesorio en la salida de la bomba donde tenía una fuga.

6. Es aprobada una ordenanza municipal de las elaboradas, discutidas y validadas por las autoridades municipales. El resto de las ordenanzas se encuentran en proceso de legalización.

### **Productos tangibles e impactos**

1. Manual de operación y mantenimiento para las seis plantas de tratamiento.
2. Material educativo sobre el manejo de las aguas residuales.
3. Ordenanzas municipales para el manejo adecuado de las aguas residuales y planta de tratamiento.
4. Diagramas de flujo de las aguas residuales.
5. Autoridades municipales y de ANDA agradecidos con PRODOMA por los documentos y las capacitaciones recibidas.

# IX. Fotografías Representativas de la Parte B



Cambio de actitud para protegerse al realizar labores de operación y mantenimiento, Ciudad Futura, El Salvador.



Reemplazo de rejillas en Nacaome, Honduras.



Capacitación en Nejapa, El Salvador.



Dos tanques anaerobios de flujo ascendente, que sustituyen a un sedimentador primario, Ciudad Futura, El Salvador.



Extracción de lodos en Lagunas, Guastatoya, Guatemala.



Entrega de diagramas de flujo de aguas residuales a las municipalidades de Nejapa, El Salvador y Nacaome, Honduras.

# X. Conclusiones y recomendaciones

## Conclusiones:

1. El presente estudio ha sido innovador ya que el alcance cubre la investigación y, a la vez, responde con propuestas bien definidas en aspectos técnicos, operativos y administrativos para mejorar el funcionamiento de las plantas de tratamiento y lograr la sostenibilidad de los 12 sistemas estudiados. La respuesta de los entes administradores al proyecto es el mejoramiento parcial en cuatro sistemas de tratamiento, correspondiente a la Parte B.
2. Las municipalidades de Guatemala, El Salvador y Honduras y de ANDA en El Salvador mostraron mucho interés y brindaron su total apoyo durante el desarrollo del presente estudio de investigación.
3. La realización de los talleres de capacitación con las autoridades municipales y los operadores, permitió conocer los temas sobre aguas residuales. Los participantes mostraron el cambio de actitud de manera favorable en los aspectos administrativos, operativos y de seguridad laboral.
4. El presupuesto estimado para ejecutar las mejoras físicas descritas en los diagnósticos de las 12 plantas de tratamiento asciendió a US\$708.980.
5. No fue posible que los seis entes seleccionados en la Parte B que administran las plantas de tratamiento, implementaran las recomendaciones descritas en los diagnósticos respectivos, principalmente en lo referente a las obras, ya que en dos municipalidades no disponían de los fondos suficientes; sin embargo, dichos diagnósticos los utilizan como una herramienta para realizar gestiones a nacionales e internacionales en la búsqueda de financiamiento.
6. Era importante que el alcance de las metas fuera cubierto con las actividades de la Parte B a los 12 sistemas de tratamiento; es decir, 12 entes administradores capacitados en aspectos técnicos, administrativos, operativos y de seguridad laboral para sostener una planta de tratamiento, así como disponer de manuales de operación y mantenimiento, ordenanzas municipales, material educativo y diagramas de flujo de las aguas residuales.
7. Las 12 plantas de tratamiento de aguas residuales fueron una muestra representativa de cómo son manejadas o administradas a nivel de los tres países.



8. En las nueve municipalidades y en el Departamento de Saneamiento de ANDA, en El Salvador, se encuentran los diagnósticos de las plantas de tratamiento, manuales de operación y mantenimiento, ordenanzas municipales, material educativo de las capacitaciones y los diagramas de flujo de las aguas residuales. Además, dichos documentos se encuentran en las oficinas de CATIE-El Salvador, CCAD/SICA, USAID Regional y PROARCA/PRODOMA.

### **Recomendaciones:**

1. Hacer del conocimiento general los resultados obtenidos de este estudio a otras municipalidades que administran plantas de tratamiento de aguas residuales o tienen en sus planes de desarrollo la ejecución de proyectos similares para que sean considerados en el manejo integral de las aguas residuales.
2. Divulgar los documentos resultantes del proyecto a las autoridades gubernamentales correspondientes de la región centroamericana que velan por la salud y el medio ambiente; así como a la cooperación internacional (USAID, JICA, Unión Europea, COSUDE, GTZ, Cooperación Española, BID, BCIE y otros), redes de agua y saneamiento en el ambiente local y regional, universidades (UCA), US-EPA, organismos de investigación, fundaciones y asociaciones de la empresa privada, entre otros
3. Gestionar financiamiento con diferentes cooperantes para realizar estudios similares en los demás países centroamericanos, y de ser posible, que sea complementado con fondos para realizar las mejoras identificadas en cada sistema de tratamiento
4. Dar seguimiento a los 12 sistemas de tratamiento estudiados para identificar el avance de las mejoras propuestas de funcionamiento en cada uno.

# XI. Equipo de Trabajo

---

**Project Concern International:**

Nadia Beatriz Ramos, Gloria Haydeé Cerros, Juan Carlos Rosales, Rafael Francisco Callejas y Ronald Campos.

**PROARCA/PRODOMA:**

Carmen María López y Julio López Payés.

**CATIE El Salvador:**

Modesto Juárez y Héctor Portillo.

**Región 4 de la United States Environmental Protection Agency, US-EPA:**

María Labrador, Bruce Henry, Louis Salguero y Albert Korgi.

Agradecimiento especial a Doreen Salazar y Donald Petterson de PROARCA/SIGMA.

